

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

**ФАКУЛЬТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ
ВОЕННО - ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ**



**ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МЕРОПРИЯТИЙ И ДЕЙСТВИЙ СИЛ
ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ ШОЙГУ С.К.

**Часть 2
Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил
ликвидации чрезвычайных ситуаций**

**Книга 2
Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в
чрезвычайных ситуациях**

**МОСКВА
1998**

Г.П. Саков, М.П. Цивилев, И.С. Поляков, В.Н. Сюрсин, М.М. Дзыбов, С.С. Волоков, В.И. Семигласов, В.П. Щупачкин, В.С. Гаваза, В.А. Дьяченко, М.Ф. Касаткин, М.А. Козлов, Я.Ф. Коломиец, В.И. Ларионов, В.А. Малышев, А.П. Платонов, С.Е. Попов, В.А. Пучков, А.И. Овсяник, М.А. Шахраманьян, Е.И. Стаценко, В.Д. Ткачев, В.И. Ткаченко, М.В. Фирсов, В.В. Чалов, С.Г. Черкасов, А.Г. Чириков, В.А. Акатьев,

Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций: учебник в 3 - х частях: часть 2 . Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций: в 3 - х книгах: книга 2. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях. / Под общ. ред. С.К. Шойгу/ Г.П. Саков, М.П. Цивилев, И.С. Поляков и др. - М, : ЗАО «ПАПИРУС», 1998. - 166 с.

Рассмотрены вопросы прогнозирования и оценки инженерной обстановки в различных чрезвычайных ситуациях. В ней изложены теоретические основы прогнозирования и определения показателей инженерной обстановки при землетрясениях, наводнениях и катастрофических затоплениях, при взрывах в ограниченных объемах, при авариях на АЭС, при сходах снежных лавин и оползневых явлениях, в случаях воздействия ядерным оружием и обычными средствами поражения.

Для слушателей и курсантов Военно - инженерной академии МО РФ и Академии Гражданской защиты МЧС России

Введение

Непрерывная интенсификация и расширение масштабов хозяйственной деятельности человека, сопровождаемые неуправляемым ростом производства и нарушениями экологии, приводят ко все более частому возникновению природных и техногенных ситуаций, характеризующихся резким отклонением от норм явлений и процессов. Они приводят к возникновению стихийных бедствий, катастроф и аварий с многочисленными человеческими жертвами, огромными материальными потерями и нарушением условий жизнедеятельности. Предупреждение чрезвычайных ситуаций, вызываемых указанными явлениями, является актуальной проблемой современности. Ежегодно число жертв стихийных бедствий, катастроф и аварий составляет не менее 250 тысяч человек. Умелые действия по спасению людей, оказанию им необходимой помощи и приведению аварийно-спасательных работ в очагах поражений при чрезвычайной ситуации позволяют сократить количество погибших, сохранить здоровье пострадавшим, сократить материальные потери. В связи с этим все более возрастает значение подготовки специалистов с высшим образованием, способных грамотно и умело организовать предотвращение экстремальных ситуаций и действия по оказанию помощи населению в ликвидации опасности.

В 1990 г. в Московском государственном университете создана межфакультетская кафедра Защиты и действий населения в чрезвычайных ситуациях. Основными задачами кафедры в соответствии с требованиями Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий являются обучение студентов действиям в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени, организации и проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ и оказанию населению первой медицинской помощи при авариях и катастрофах на опасных для людей и природной среды производствах, на транспорте, в экспедициях, при проведении экспериментов с радиоактивными, сильнодействующими ядовитыми веществами и в другой экстремальной обстановке.

Настоящее учебное пособие ставит своей целью дать основные сведения о чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени, об основах проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при ликвидации аварий, катастроф и стихийных бедствий. Материал книги содержит основные положения о методологии определения мер по защите населения, методике прогнозирования и оценки обстановки в чрезвычайных ситуациях при авариях на ядерно-опасных и химически-опасных объектах.

Заключение

На учебник « Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций ».

Учебник включает три книги.

В Книге 1 рассматриваются вопросы организации инженерного обеспечения действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций. Изложены вопросы ведения инженерной разведки, подготовки и содержания путей движения и оборудования переправ, оборудования районов расположения войск ГО и организации водоснабжения, вопросы организации планирования и задачи органов управления при решении задач инженерного обеспечения.

В Книге 2 рассматриваются вопросы прогнозирования и оценки инженерной обстановки в различных чрезвычайных ситуациях. В ней изложены теоретические основы прогнозирования и определения показателей инженерной обстановки при землетрясениях, наводнениях и катастрофических затоплениях, при взрывах в ограниченных объемах, при авариях на АЭС, при селях, сходах снежных лавин и оползневых явлениях, в случаях воздействия ядерным оружием и обычными средствами поражения.

В Книге 3 рассмотрена классификация и характеристика чрезвычайных ситуаций, описываются способы выполнения отдельных задач инженерного обеспечения в условиях массового разрушения зданий и сооружений, радиоактивного заражения местности, катастрофического затопления или наводнения, селевых потоков и схода снежных лавин.

В работе широко использован практический опыт организации выполнения задач инженерного обеспечения мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций, а так же результаты теоретических исследований, выполнявшихся на протяжении ряда лет в Военно-инженерной академии.

В целом, работа выполнена на высоком научном уровне и пригодна для использования в качестве учебника при подготовке специалистов по организации выполнения АСДНР при чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.

Заместитель руководителя агентства
к.т.н., доцент, полковник

Г.Нигметов

Оглавление

Предисловие	6
Глава 1. Теоретические основы прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени.	7
1.1. Общие положения	7
1.2. Модели воздействия	8
1.3. Законы разрушения сооружений и поражения людей	10
1.4. Математическое ожидание объёмов разрушений и поражения людей	13
1.5. Связь точных методов прогнозирования с оперативными методами	19
Глава 2. Завалы, образующиеся при разрушении зданий в зонах поражения	22
2.1. Расчетные схемы завалов	22
2.2. Дальность разлета обломков	23
2.3. Высота завалов	26
2.4. Структура и объемно-массовые характеристики завалов	28
2.5. Показатели обломков	31
Глава 3. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного ха- рактера	34
3.1. Методика прогнозирования паводкового наводнения	34
3.2. Инженерная обстановка при катастрофическом затоплении от разрушений гидротехнических сооружений	49
3.3. Прогнозирование процесса движения и трансформации се- левого потока	63
3.4. Расчет основных параметров лавин	71
3.5. Прогнозирование оползней	72
3.6. Прогнозирование заторов и зажоров	75
Глава 4. Обстановка в районах разрушительных землетрясений	77
4.1. Интенсивность сейсмического воздействия при землетрясе- ниях	77
4.2. Классификация зданий и характеристика их разрушения	78
4.3. Прогнозирование обстановки в районе разрушительных землетрясений	81
Глава 5. Обстановка в районе воздействия цунами	88
5.1. Возникновение цунами и распространение волн в открытом море	88
5.2. Интенсивность гидравлического воздействия при распро- странении волн цунами на берегу	90
5.3. Прогнозирование обстановки в районе воздействия цунами	92
Глава 6. Обстановка при производственных авариях со взрывом	98
6.1. Взрыв газоздушных смесей в открытом пространстве	99
6.2. Взрывы газоздушных и пылевоздушных смесей в произ- водственных помещениях	102
6.3. Взрывы при аварийной разгерметизации магистрального газопровода	106
6.4. Взрыв конденсированных взрывчатых веществ	109
6.5. Прогнозирование обстановки при авариях со взрывом на пожаровзрывоопасных объектах	111

Глава 7. Обстановка на территории города, сложившаяся после применения по нему ядерного оружия	.....	118
7.1. Степень поражения города и этапы оценки инженерной обстановки	.....	118
7.2. Обстановка на территории города, пострадавшего от применения ядерного оружия	.....	123
Глава 8. Обстановка на территории объекта экономики, в жилых зонах после применения обычных средств поражения	.....	129
8.1. Понятие об очаге поражения и краткая характеристика поражающих факторов обычных средств	.....	129
8.2. Поражающее действие обычных средств поражения на здания, сооружения, промышленные и жилые зоны	.....	130
8.3. Прогнозирование инженерной обстановки в промышленной и жилой зонах	.....	133
Глава 9. Расчет потребных сил и средств для ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций	.....	144
9.1. Общие положения	.....	144
9.2. Расчет сил и средств деблокирования пострадавших из-под завалов	.....	144
9.3. Определение сил и средств для вскрытия убежищ и укрытий	.....	148
9.4. Расчет сил для оказания медицинской помощи, локализации и тушения пожаров и других работ	.....	149

ПРЕДИСЛОВИЕ

При планировании и реализации инженерного обеспечения ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) необходимо предвидеть вероятные сценарии развития нежелательных событий, уметь оценивать возможные поражающие факторы и результаты их воздействия на людей, здания и сооружения. Этому искусству необходимо учиться, а настоящий учебник способен читателю в этом помочь.

Вторая книга посвящена вопросам прогнозирования и оценки инженерной обстановки в различных чрезвычайных ситуациях. В ней изложены общие теоретические основы прогнозирования последствий ЧС на основе математических моделей с использованием вероятностных подходов. Указанные модели учитывают случайный характер как воздействия поражающих факторов на объекты, так и сопротивление самих объектов этим воздействиям.

В книге системно изложена универсальная научно-техническая база прогнозирования инженерной обстановки при землетрясениях, цунами, наводнениях, катастрофических затоплениях, селях, оползневых явлениях, при взрывах на промышленных объектах, при воздействии ядерного оружия и обычных средств поражения.

Материалы по отдельным разделам книги подготовлены авторским коллективом Военно-инженерной академии в составе: Засл. Деятель Науки РФ, акад. АВН, д.т.н. проф. Цивилев М.П. - гл. 3; к.т.н., проф. Акатьев В.А. – гл.6; к.т.н. доц. Ларионов В.И. - гл.1,2,4 - 7, 9; к.т.н., с.н.с. Овсяник А.И.-гл.4, 8, 9; к.т.н. доц. Саков Г.П.- гл. 3, 4; к.т.н. Попов С.Е. - гл. 5; Ткачев В.Д. - гл. 8; Мартынов С.А.- гл. 3.

Глава 1. Теоретические основы прогнозирования чрезвычайных ситуаций

1.1. Общие положения

В основу математических моделей прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени положена причинно-следственная связь двух процессов: воздействия поражающих факторов на объект и сопротивления самого объекта этому воздействию. Оба процесса носят ярко выраженный случайный характер.

Например, в силу того, что невозможно определить заранее достоверно, какая интенсивность колебания земной коры будет действовать в районе расположения здания или какая величина давления во фронте воздушной ударной волны будет действовать на сооружение. Эти поражающие факторы с разной вероятностью могут принимать различные значения.

Кроме того, даже при воздействии одинаковой нагрузки на здания, будет существовать некоторая вероятность их разрушения. На вероятность разрушения зданий влияет разброс прочности материалов, отклонение строительных элементов от проектных размеров, различие условий изготовления элементов и другие факторы.

Поражение людей будет зависеть как от перечисленных факторов, так и от ряда других случайных событий. В частности, от вероятности размещения людей в зоне риска, плотности расселения в пределах населённого пункта и вероятности поражения людей обломками при получении зданиями той или иной степени повреждения.

Итак, можно сделать вывод о том, что для оценки последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени, необходимо применять вероятностный подход.

Назовем основные факторы, влияющие на последствия чрезвычайных ситуаций:

- интенсивность воздействия поражающих факторов;
- размещение населённого пункта относительно очага воздействия;
- характеристика грунтов;
- конструктивные решения и прочностные свойства зданий и сооружений;
- плотность застройки и расселения людей в пределах населённого пункта;
- размещение людей в зданиях в течение суток и в зоне риска в течение года.

Перечисленные характеристики кратко называют пространственно-временными факторами.

В качестве поражающего фактора при расчёте последствий ЧС принимают фактор, вызывающий основные разрушения и поражения.

Поражающие факторы ЧС мирного и военного времени и их основные параметры приведены в табл.1.1.

Поражающие факторы и их основные параметры

Вид ЧС	Поражающий фактор	Параметр
Землетрясение	Обломки зданий и сооружений	Интенсивность землетрясения
Взрывы	Воздушная ударная волна	Избыточное давление на фронте воздушной ударной волны
Пожары	Тепловое излучение	Плотность теплового потока
Цунами; прорыв плотин	Волна цунами; волна прорыва	Высота волны; максимальная скорость волны; площадь и длительность затопления; давление гидравлического потока
Радиационные аварии	Радиационное заражение	Дозы облучения
Химические аварии	Токсичные нагрузки	Предельно допустимая концентрация, токсодоза

1.2. Модели воздействия

Воздействия, связанные с чрезвычайными ситуациями (ЧС) мирного и военного времени описываются в виде аналитических, табличных или графических зависимостей. Эти зависимости позволяют определить интенсивность поражающих факторов той или иной чрезвычайной ситуации в рассматриваемой точке. Зависимости, определяющие поля поражающих факторов при прогнозировании последствий ЧС, называют моделями воздействия, имея в виду то, что они характеризуют интенсивность и масштаб воздействия.

Расчётные случаи можно свести к следующим типам моделей воздействия:

1. Информации, основанной на факте свершившейся ЧС. Характерными параметрами этой модели являются координаты центра очага, интенсивность или мощность воздействия, время.

2. Функции $F(x, y, \phi)$, называемой функцией распределения случайной величины ϕ , характерной для рассматриваемой чрезвычайной ситуации (рис. 1.1, а).

3. Функции $f(x, y, \phi)$, называемой плотностью распределения или плотностью вероятности случайной величины ϕ .

4. Воздействие может характеризоваться статистическим материалом по данным натурных наблюдений в регионе. Эти модели характерны для наводнений, цунами. Обычно эти модели приводятся в виде таблицы.

5. Интенсивность воздействия может быть задана на основании наблюдений и заблаговременно проведённых расчётов (карта сейсмического районирования территории России, карта цунамирайонирования). Для сейсмоопасных регионов составлены карты детального сейсмического районирования, а для городов проведено микросейсморайонирование. При микросейсморайонировании определяется сейсмичность отдельных площадок (кварталов) в пределах города.

Обычно эти модели приводятся в графическом виде (в форме изолиний на картах) или в табличном виде.

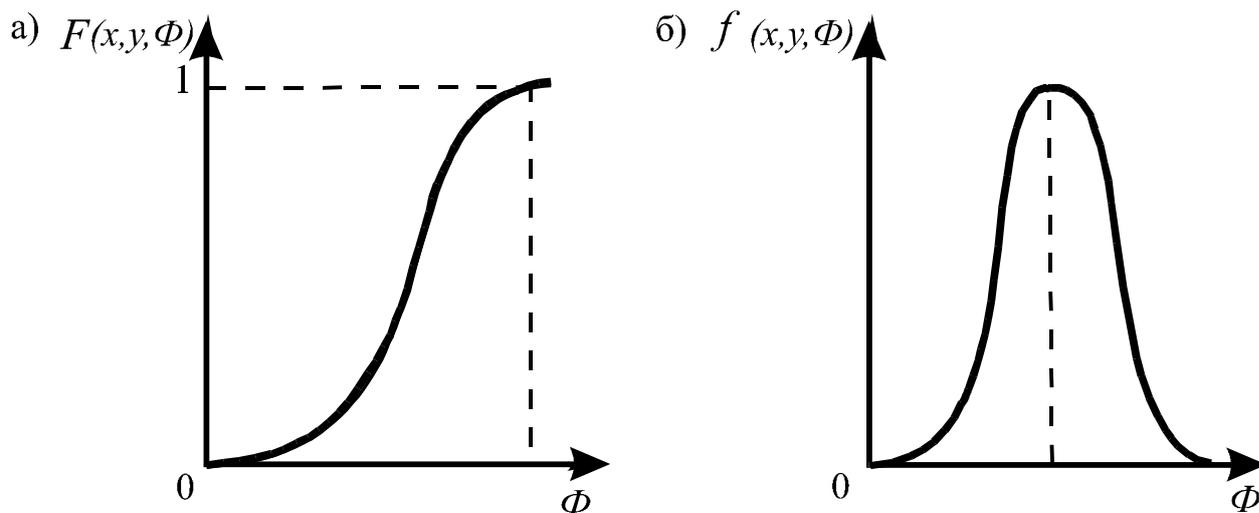


Рис. 1.1. Законы распределения поражающих факторов
 а - функция распределения $F(x, y, \phi)$;
 б - функция плотности распределения вероятностей $f(x, y, \phi)$;
 x, y - координаты рассматриваемой точки;
 ϕ - поражающий фактор (случайная величина)

Функция распределения $F(x, y, \phi)$ случайной величины, характерной для рассматриваемой ЧС, есть вероятность того, что случайная величина ϕ в точке с координатами x, y примет значение не выше заданной величины ϕ_3

$$F(x, y, \phi) = P(\phi < \phi_3).$$

В качестве случайной величины рассматривают параметры поражающих факторов (табл.1.1).

Функция распределения $F(x, y, \phi)$ обладает свойствами:

$F(x, y, \phi)$ возрастает;

$F(-\infty) = 0$;

$F(+\infty) = 1$.

Плотность вероятности $f(x, y, \phi)$ равна производной от функции распределения $F(x, y, \phi)$

$$f(x, y, \phi) = F'(x, y, \phi) \quad (1.1)$$

и обратно $F(x, y, \phi)$ выражается через плотность $f(x, y, \phi)$ интегралом вида

$$F(x, y, \Phi_\phi) = \int_{-\infty}^{\Phi} f(x, y, t) dt, \quad (1.2)$$

где t - переменная интегрирования.

Основное свойство плотности вероятности $f(x, y, \phi)$ - это равенство 1 площади, заключённой между ней и осью ϕ (рис. 1.1, б).

Функции распределения $F(x, y, \phi)$ поражающих факторов и плотность распределения $f(x, y, \phi)$ определяют на основе статистической обработки результатов наблюдений или расчётным путём.

Такие функции, например, построены для основных сейсмоопасных регионов России - Камчатки и Северного Кавказа. Эти зависимости называют региональными моделями воздействия.

В качестве случайной величины региональных моделей воздействия принята интенсивность землетрясения в баллах.

1.3. Законы разрушения сооружений и поражения людей

Законы разрушения сооружений

Процесс сопротивления воздействию описывается законами разрушения и поражения $F(\phi)$.

Законы разрушения характеризуют уязвимость сооружений, а законы поражения - уязвимость людей в зонах ЧС. Эти термины являются основными при прогнозировании последствий ЧС.

Под законами разрушения сооружения понимают зависимость между вероятностью его повреждения и расстоянием до сооружения или интенсивностью проявления поражающего фактора.

Если эта зависимость от расстояния, то закон называют координатным законом разрушения (рис. 1.2, а). В случае, когда зависимость получают от поражающего фактора, закон называют параметрическим законом разрушения (рис. 1.2, б). При оценке последствий ЧС в системе гражданской обороны наибольшее распространение получили параметрические законы разрушения. В учреждениях Министерства Обороны России наоборот, наибольшее распространение получили координатные законы разрушения (поражения).

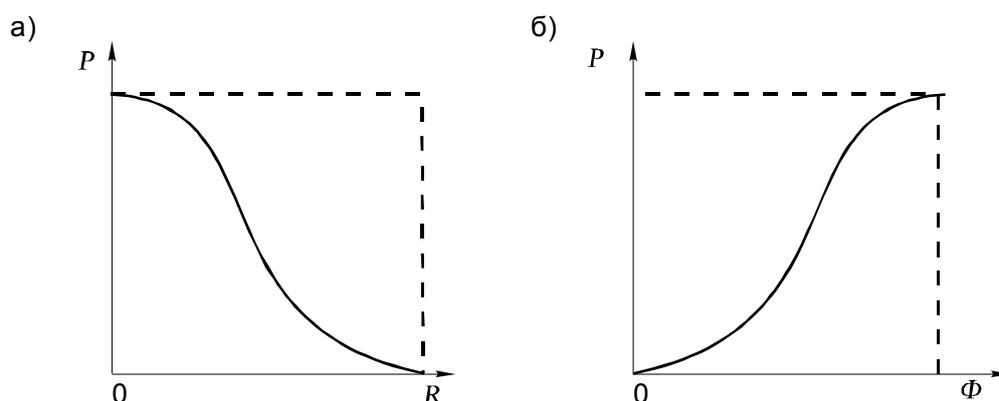


Рис. 1.2. Координатный (а) и параметрический (б) законы разрушения (поражения)

P - вероятность; R - расстояние от центра очага до объекта;
 ϕ - интенсивность поражающего фактора

Законы разрушения сооружений получают на основе анализа и обобщения статистических материалов по разрушению жилых, общественных и промышленных зданий от воздействий поражающих факторов. Если статические материалы по разрушению отдельных типов сооружений отсутствуют, то законы разрушения могут быть получены расчетными методами.

Находят применение законы разрушения двух типов: вероятности наступления не менее определённой степени разрушения (повреждения) сооружений - $P_{Ai}(\phi)$; и вероятности наступления определённой степени разрушения (повреждения) сооружений - $P_{Bi}(\phi)$. Для построения кривой, аппроксимирующей вероятности наступления не менее определённой степени разрушения (повреждения) сооружений, обычно используется нормальный закон. При этом учитывается, что для одного и того же сооружения может рассматриваться не одна, а несколько степеней разрушения.

Вычисление значений вероятностей $P_{Ai}(\phi)$ чаще всего производится по формуле нормального закона

$$P_{Ai}(\phi) = \frac{1}{\sigma_i \cdot \sqrt{2\pi}} \int_0^{\Phi} \varepsilon^{-\frac{(\Phi - M_i)^2}{2\sigma_i^2}} d\Phi \quad (1.3)$$

где Φ - переменная интегрирования случайной величины;

$\varepsilon = 3,14$;

M_i , σ_i - математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение случайной величины для i -й степени разрушения сооружений, определяемые на основании статистической обработки результатов экспериментов и натуральных данных или расчётным путём.

При определении вероятности наступления определённой степени разрушения (повреждения) сооружений учитывают теорему о полной группе событий

$$\sum_{i=0}^m P_{Bi}(\phi) = 1, \quad (1.4)$$

где m - число рассматриваемых событий.

Учитывается, что после воздействия поражающего фактора сооружение может быть отнесено к одному из m несовместимых событий:

оказаться целым (событие B_0);

получить 1, 2, . . . , i -ую степени разрушения (повреждения) (B_1, B_2, \dots, B_i).

Вероятности наступления определённой степени разрушения (повреждения) зданий могут быть определены непосредственно из следующих зависимостей:

$$\begin{aligned} P_{Bn}(\phi) &= P_{An}(\phi); \\ P_{Bi}(\phi) &= P_{Ai}(\phi) - P_{Ai+1}(\phi); \\ P_{B2}(\phi) &= P_{A2}(\phi) - P_{A3}(\phi); \\ P_{B1}(\phi) &= P_{A1}(\phi) - P_{A2}(\phi); \\ P_{B0}(\phi) &= P_{A0}(\phi) - P_{A1}(\phi), \end{aligned} \quad (1.5)$$

где $P_{A1}(\phi), P_{A2}(\phi), \dots, P_{Ai+1}(\phi)$ - вероятности наступления не менее 1, 2, ..., $i, i+1$ степени разрушения (повреждения) сооружений;
 n - число степеней разрушения (повреждения) сооружений.

В настоящее время законы разрушения получены для защитных сооружений и зданий различных типов на воздействие ядерных взрывов и воздействие взрывов техногенного характера, а также для зданий различной сейсмостойкости на воздействие землетрясения.

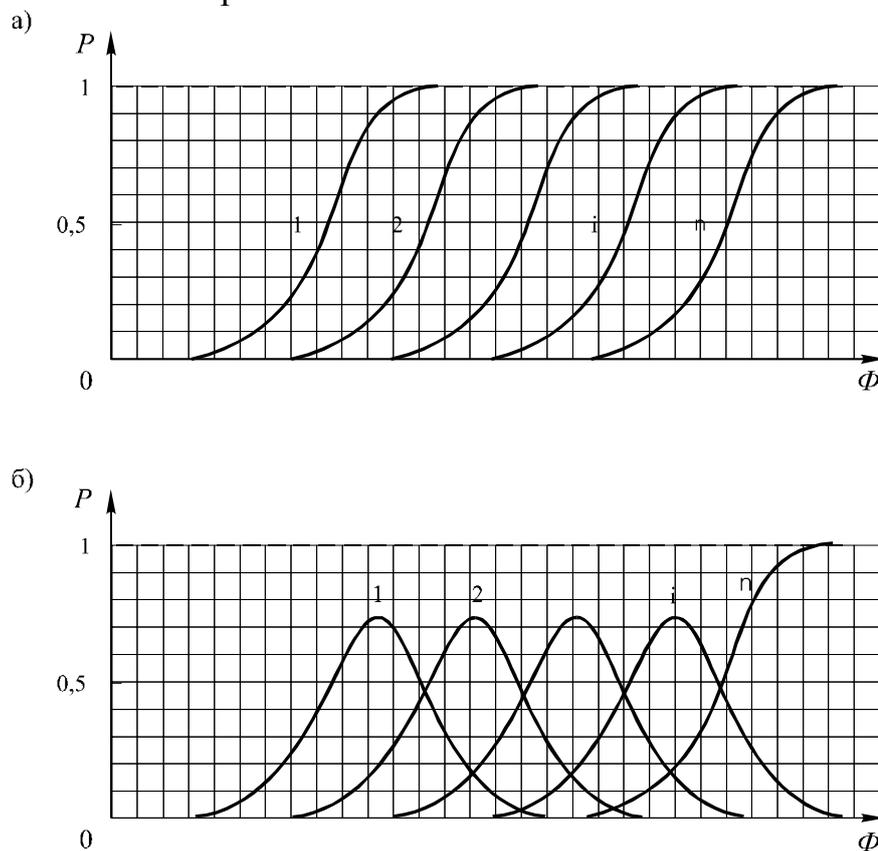


Рис. 1.3. Законы разрушения сооружений

а - вероятность возникновения не менее определённых степеней разрушения сооружений;
 б - вероятность возникновения определённых степеней разрушения сооружений;
 1, 2, ..., n -ая степени разрушения (повреждения) сооружения

Законы поражения людей

Под законом поражения людей будем понимать зависимость между вероятностью поражения людей и интенсивностью поражающего фактора.

Параметрические законы поражения людей, размещённых в зданиях, получены на основании теоремы полной вероятности. В расчётах учитывается, что событие C_i (общие, безвозвратные, санитарные потери) может произойти при получении сооружением одной из степеней повреждения (при одной из гипотез B_i), образующих полную группу несовместимых событий. Расчёты проводятся по формуле

$$P(\phi) = \sum_{i=1}^n P_{Bi}(\phi) \cdot P(C_j / B_i), \quad (1.6)$$

где $P(\phi)$ - вероятность поражения людей от воздействия поражающего фактора ϕ ;
 $P_{Bi}(\phi)$ - вероятность наступления i -ой степени повреждения сооружения при заданном значении поражающего фактора (закон разрушения);
 $P(C_j / B_i)$ - вероятность получения людьми j -ой степени поражения при условии того, что наступила i -ая степень повреждения здания;
 n - рассматриваемое число степеней повреждения здания.

Значения $P(C_j / B_i)$ получают на основе обработки материалов о последствиях аварий и стихийных бедствий.

На рисунке 1.4 в качестве примера приведены законы поражения защищённого населения на воздействие воздушной ударной волны. Аналогичные законы поражения получены для людей, размещённых при землетрясении в зданиях, а также на случай химических и радиационных аварий.

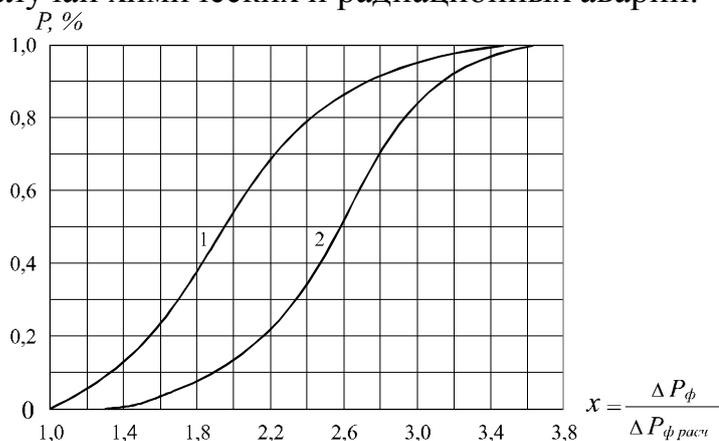


Рис. 1.4. Законы поражения защищенного населения

1 - общие потери; 2 - безвозвратные потери; ΔP_{ϕ} - давление во фронте воздушной ударной волны; $\Delta P_{\phi.расч.}$ - степень защиты укрываемых.

1.4. Математическое ожидание объёмов разрушений и поражения людей

Задача по прогнозированию последствий крупных аварий и катастроф в больших населённых пунктах решается следующим образом.

Город (населённый пункт) разбивается на элементарные площадки, а их координаты представляются точками, расположенными в центрах площадок. Шаг сетки назначается в зависимости от точки расчёта.

Точность расчёта определяется следующим образом:

Прогнозируются потери населения при первой подготовке исходных данных. Затем число элементарных площадок увеличивают и производят повторное вычисление. Если выполняется условие

$$\Delta = \left| \frac{M_1(N) - M_2(N)}{M_1(N)} \right| \leq [\delta], \quad (1.7)$$

то вычисление заканчивают.

В формуле 1.7 приняты обозначения:

Δ - погрешность расчётов;

$M_1(N)$, $M_2(N)$ - математическое ожидание потерь населения соответственно при первом и втором расчётах;

[?] - допускаемая погрешность.

Для каждой площадки подготавливаются исходные данные, включающие:
конструкцию зданий;
характеристику застройки;
численность людей.

Задача по определению последствий землетрясений в малых населённых пунктах региона решается аналогично. При этом населённый пункт в целом рассматривается в виде одной элементарной площадки, а её координаты представляются точкой в центре населённого пункта.

Начало координат расчётной схемы выбирается произвольно на плане или принимается в системе координат карты, на которой показан регион.

При прогнозировании обычно определяют математические ожидания показателей, характеризующие повреждения и поражения в очаге аварии или катастрофы. Такими показателями являются:

количество зданий, получивших ту или иную степень повреждения;

объём завалов;

численность пострадавших.

Математическое ожидание числа разрушенных зданий

При прогнозировании могут встретиться два расчётных случая:

случай 1 - если интенсивность и координаты места аварии или катастрофы заблаговременно заданы или принимаются по фактическим данным;

случай 2 - когда воздействие рассматривается в виде вероятностной модели.

При заданном значении поражающего фактора Φ_z (случай 1) эта задача решается следующим образом. Принимается, что, в пределах рассматриваемой площадки, здания размещаются с плотностью $\varphi(x, y)$ (количество зданий, приходящихся на единицу площадки с координатами (x, y)). Тогда количество зданий в пределах площадки составит

$$V(x, y) = \varphi(x, y) \cdot \Delta x \cdot \Delta y,$$

где Δx , Δy - размеры площадки.

Математическое ожидание числа зданий, получивших степень повреждения d в пределах площадки при заданной интенсивности поражающего фактора, будет равно

$$M[V_d(x, y)] = P_d(\Phi_3) \cdot \varphi(x, y) \cdot \Delta x \cdot \Delta y, \quad (1.8)$$

где $P_d(\Phi_3)$ - вероятность получения зданиями степени повреждения d при интенсивности поражающего фактора (Φ_3) . Вероятность $P_d(\Phi_3)$ определяется из законов разрушения.

Суммируя число повреждённых зданий по каждой площадке и переходя к пределу, получим математическое ожидание числа зданий со степенью повреждения d в пределах всего города

$$M(V_d) = \iint_{S_r} P_d(\Phi_3) \cdot \varphi(x, y) dx dy, \quad (1.9)$$

где S_r - площадь города.

При вероятностной модели воздействия (случай 2) весь возможный диапазон интенсивности воздействия поражающего фактора делится на интервалы $\Delta\Phi$. Затем для каждого интервала решается задача с учётом одновременного наступления двух событий: события, состоящего в том, что здания получают степень повреждения d при значении поражающего фактора из этого интервала, и события, заключающегося в том, что в пределах рассматриваемой площадки города будет действовать поражающий фактор с интенсивностью из рассматриваемого интервала. Вероятность одновременного наступления двух событий равна

$$P = P_d(\Phi_3) \cdot f(x, y, \Phi_3) \cdot \Delta\Phi, \quad (1.10)$$

где $P_d(\Phi_3)$ - вероятность получения зданиями степени повреждения d при заданной интенсивности поражающего фактора Φ_3 (из закона разрушения зданий);
 $f(x, y, \Phi_3) \cdot \Delta\Phi$ - величина, определяющая вероятность того, что интенсивность поражающего фактора будет находиться в пределах интервала $\Delta\Phi$.

Вероятность получения зданиями степени повреждения d в пределах рассматриваемой площадки, с учётом возможного воздействия поражающего фактора различной интенсивности, будет равна

$$P_d(x, y) = \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P_d(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) d\Phi, \quad (1.11)$$

где Φ_{\min}, Φ_{\max} - соответственно, минимально и максимально возможное значение поражающего фактора для рассматриваемой ЧС.

Математическое ожидание числа зданий со степенью повреждения d в пределах площадки с координатами (x, y) при вероятностной модели воздействия определяется по формуле

$$M[V_d(x, y)] = \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P_d(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) \varphi(x, y) \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot d\Phi, \quad (1.12)$$

где $\varphi(x, y)$ - плотность зданий в пределах площадки.

Суммируя математическое ожидание числа повреждённых зданий по каждой площадке и переходя к пределу, получим математическое ожидание повреждённых зданий со степенью d в целом по городу

$$M(V_d) = \iint \int_{\Phi_{mf}} P_d(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) \cdot \varphi(x, y) d\Phi \cdot dx \cdot dy, \quad (1.13)$$

Если населённый пункт небольших размеров, то его можно рассматривать как одну площадку.

Математическое ожидание объёма завалов

Объём завалов в очаге аварии, катастрофы или другой ЧС является основным показателем, влияющим на масштабность спасательных работ.

Кратко рассмотрим методику определения объёма завалов.

Пусть определённый тип застройки в пределах рассматриваемой площадки размещается с плотностью застройки в относительных единицах $S(x, y)$. Такую информацию можно взять с карты или плана. Тогда площадь, непосредственно занятая строениями (площадь застройки), для площадки с координатами x, y составит

$$\Phi(x, y) = S(x, y) \cdot \Delta x \cdot \Delta y, \quad (1.14)$$

а объём застройки можно определить из выражения

$$Q(x, y) = H(x, y) \cdot S(x, y) \cdot \Delta x \cdot \Delta y, \quad (1.15)$$

где $H(x, y)$ – средняя высота зданий рассматриваемой площадки.

Анализ натурной информации по характеру разрушения застройки в населённых пунктах показал, что при полном разрушении здания практически полностью превращаются в обломки, образуя завалы в виде обелисков. При разрушении зданий на ступень ниже полной степени разрушения в расчётах можно принять, что объёмы завалов составляют примерно 50 % от объёмов завалов в случае полного разрушения зданий. Тогда объёмы завалов в пределах элементарной площадки, при заданном значении поражающего фактора (расчётный случай 1), можно вычислить по формуле

$$M[W(x, y)] = [0,5P_{n-1}(\Phi_3) + P_n(\Phi_3)] S(x, y) \cdot H(x, y) \gamma(x, y) \cdot \Delta x \cdot \Delta y, \quad (1.16)$$

где $P_{n-1}(\Phi_3)$ и $P_n(\Phi_3)$ - вероятности получения зданиями $n-1$ и n степени разрушения при воздействии поражающего фактора интенсивностью Φ_3 , определяемые из законов разрушения;

$\gamma(x, y)$ - доля завала в 1 м^3 строительного объёма зданий, характерных для площадок (удельный объём завала).

Для ориентировочных расчётов удельный объём завала можно принять:

для промышленных зданий $\gamma = 0,2$;

для жилых зданий $\gamma = 0,4$.

Суммируя объёмы завалов по каждой площадке и, переходя к пределу, получим объём завалов в пределах всего населённого пункта при заданной интенсивности землетрясения

$$M(W) = \iint_{S_r} [0,5P_{n-1}(\Phi_3) + P_n(\Phi_3)] S(x, y) \cdot H(x, y) \cdot \gamma(x, y) dx \cdot dy, \quad (1.17)$$

Если информация по строительному объёму зданий в пределах площадки известна (например, по данным бюро технической инвентаризации), то объём завалов в пределах элементарной площадки можно вычислить по формуле

$$M[W(x, y)] = [0,5P_{n-1}(\Phi_3) + P_n(\Phi_3)] \cdot Q(x, y) \cdot \gamma(x, y), \quad (1.18)$$

где $Q(x, y)$ - строительный объём зданий в пределах площадки.

Объём завалов в пределах всего населённого пункта в этом случае определяется по формуле

$$M[W] = \sum_{j=1}^m M[W(x, y)], \quad (1.19)$$

где m - количество элементарных площадок в пределах населённого пункта.

Если воздействие поражающего фактора рассматривается в виде вероятностной модели (расчётный случай 2), то математическое ожидание объёма завала в пределах элементарной площадки определяется по формуле

$$M[W(x, y)] = \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} [0,5P_{n-1}(\Phi_3) + P_n(\Phi_3)] f(x, y, \Phi) S(x, y) H(x, y) \gamma(x, y) \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot d\Phi. \quad (1.20)$$

Объём завалов в пределах всего города в этом случае рассчитывается по формуле

$$M(W) = \iint_{S_r} \int_{I_{\min}}^{I_{\max}} [0,5P_{n-1}(\Phi_3) + P_n(\Phi_3)] f(x, y, \Phi) S(x, y) H(x, y) \gamma(x, y) \cdot d\Phi \cdot dx \cdot dy. \quad (1.21)$$

Когда строительные объёмы зданий в пределах площадок известны (1.15), объёмы завалов в пределах этих площадок при вероятностной модели воздействия вычисляются по формуле

$$M[W(x, y)] = \int_{I_{\min}}^{I_{\max}} [0,5P_{n-1}(\Phi_3) + P_n(\Phi_3)] f(x, y, \Phi) Q(x, y) \gamma(x, y) d\Phi. \quad (1.22)$$

Объём завалов в пределах всего населённого пункта в этом случае определяется суммированием (1.19).

Математическое ожидание поражения людей

Поставим перед собой задачу по определению вероятности поражения людей, находящихся в городе в пределах небольшой площадки с координатами x, y , имея в качестве исходных данных параметрический закон поражения людей $P(\Phi)$ и функцию плотности распределения $f(x, y, \Phi)$ интенсивности поражающего фактора (случай, когда воздействие рассматривается в виде вероятностной модели).

Пусть в пределах элементарной площадки, с координатами (x, y) , действует поражающий фактор с интенсивностью Φ . Тогда вероятность выполнения двух событий: события, состоящего в том, что люди будут поражены при заданной интенсивности поражающего фактора, и события, заключающегося в том, что в пределах рассматриваемой площадки будет действовать поражающий фактор с заданной интенсивностью, будет равна

$$P = P(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) \cdot \Delta \Phi, \quad (1.23)$$

где $P(\Phi)$ - вероятность поражения людей при воздействии поражающего фактора с интенсивностью Φ ;

$f(x, y, \Phi) \cdot \Delta \Phi$ - вероятность попадания значения поражающего фактора Φ на интервал $\Delta \Phi$.

Вероятность поражения населения в пределах рассматриваемой площадки с учётом возможного воздействия поражающего фактора различной интенсивности, будет равна

$$P(x, y) = \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) d\Phi, \quad (1.24)$$

где Φ_{\min}, Φ_{\max} - соответственно минимально и максимально возможное значение поражающего фактора рассматриваемой ЧС;

$P(\Phi)$ - параметрический закон поражения людей;

$f(x, y, \Phi)$ - функция плотности распределения интенсивности поражающего фактора в пределах площадки с координатами (x, y) .

Математическое ожидание потерь людей в пределах всего города определяется по формуле

$$M(N) = \iint_{S_r} \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) \cdot \Psi(x, y) d\Phi dx dy, \quad (1.25)$$

где S_r - площадь города;

$\Psi(x, y)$ - плотность населения в пределах рассматриваемой площадки (принимается в качестве исходных данных);

остальные значения те же, что в формуле 1.24.

Математическое ожидание потерь людей (общих, безвозвратных, санитарных) и структура по тяжести поражения могут быть определены с учётом вероятности размещения людей в зоне риска по формуле

$$M(N) = \iint_{S_r} \int_0^{24} \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) \cdot \Psi(x, y) \cdot f(t) \cdot d\Phi \cdot dt \cdot dx \cdot dy, \quad (1.26)$$

где $f(t)$ - функция плотности распределения вероятностей, характеризующая размещение людей в зданиях в зависимости от времени суток;
остальные обозначения те же, что и в формуле 1.25.

Функцию $f(t)$ получают на основе статистического анализа материалов по миграции населения в городе в течение суток.

1.5. Связь точных методов прогнозирования с оперативными методами

Изложенные методы прогнозирования рассчитаны на применение ЭВМ и использование заблаговременно составленных программ.

Укрупнённая блок-схема прогнозирования последствий ЧС мирного и военного времени приведена на рис.1.5.

Так называемые “точные” методы можно значительно упростить и свести их к оперативным методам, так же широко применяемым в штабах.

Сведение расчётов к приближённым методам заключается в следующем. Предполагается, что население в пределах населённого пункта размещается с равномерной плотностью. В этом случае в выражении (1.25) численность населения можно вынести за знак интеграла и уравнение примет вид

$$M(N)=N \cdot \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) \cdot d\Phi. \quad (1.27)$$

Просчитывая на ЭВМ для различных моделей воздействия и законов поражения интегральное выражение в формуле (1.27), можно заранее получить показатели, которые приближенно будут соответствовать вероятности поражения людей от расчётного поражающего фактора. Такие показатели, назовём их C , учитывают степень защиты укрываемых и условия их размещения. Подобные показатели можно получить также для различных типов зданий.

Тогда уравнения типа (1.13) и (1.25) превращаются в простые выражения вида

$$M(V) = V \cdot C_{зд}, \quad (1.28)$$

$$M(N) = N \cdot C, \quad (1.29)$$

где V - количество зданий;
 $C_{зд}$ - вероятность разрушения зданий;
 N - численность населения;
 C - вероятность поражения людей.

В заключение отметим:

1. Изложенные методы являются теоретической основой прогнозирования последствий ЧС мирного и военного времени.

2. Приведённые подходы дают возможность создать математические модели прогнозирования последствий конкретных ЧС на основе единой научно-методической базы.

3. Аналитические зависимости позволяют учитывать пространственно-временные факторы, включая особенности воздействия поражающих факторов, плотность застройки, тип застройки, условия размещения населения.

4. В основу прогнозирования последствий положен вероятностный подход, учитывающий случайный характер воздействия поражающих факторов и случайность процессов, характеризующих физическую устойчивость сооружений к опасным воздействиям.

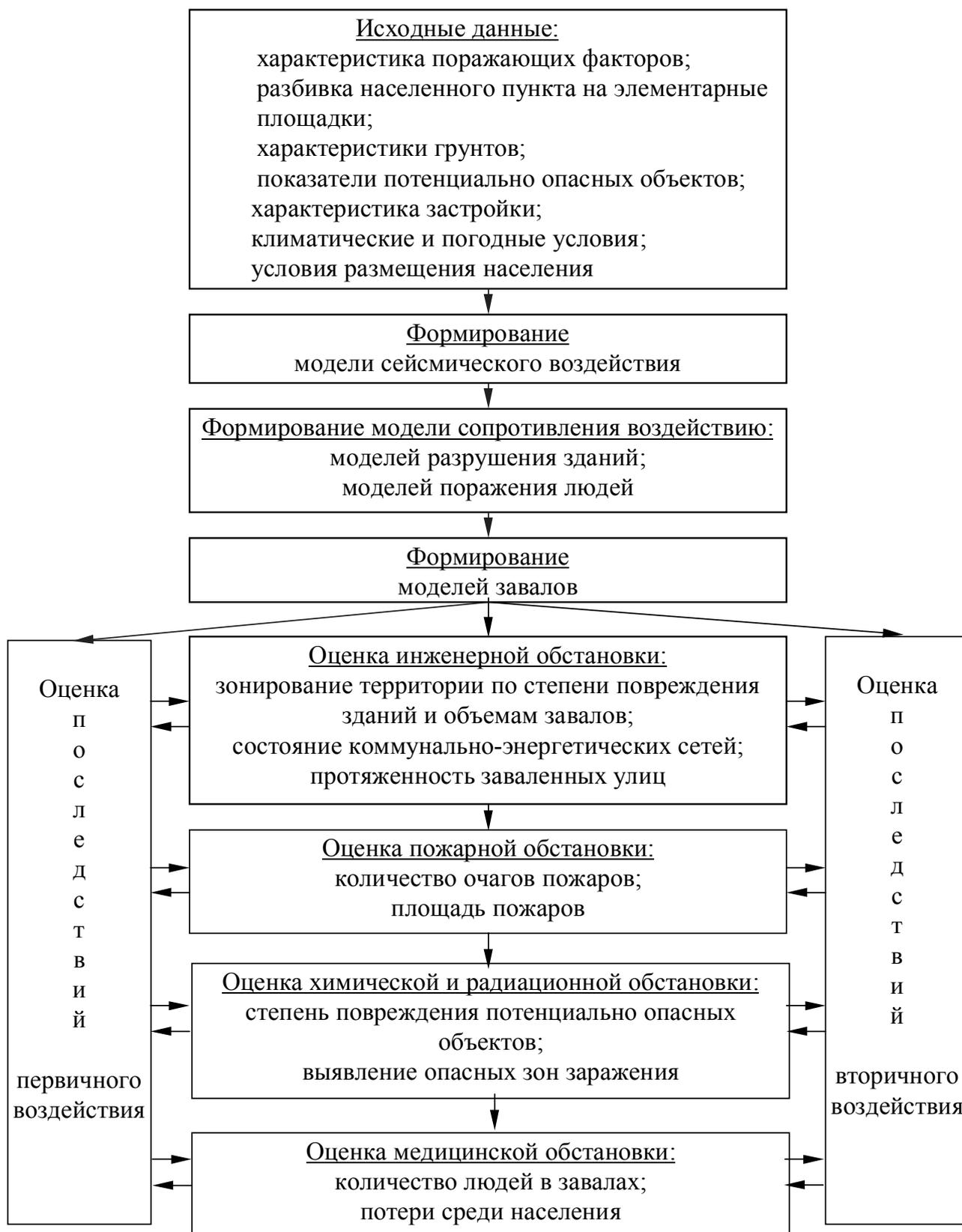


Рис.1.5. Блок-схема прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени

Контрольные вопросы:

1. Что такое модели воздействия и их основные типы?
2. Назовите основные виды законов разрушения зданий и поражения людей при воздействии поражающих факторов?
3. Назовите основные функциональные зависимости и показатели, входящие в формулу по определению объема завалов в пределах всего населенного пункта?
4. Назовите основные функциональные зависимости, входящие в формулу по определению математического ожидания потерь людей в городе?
5. Начертите укрупненную блок-схему прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени?
6. Как перейти от “точных” методов прогнозирования к “оперативным” методам?

ГЛАВА 2. ЗАВАЛЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ЗДАНИЙ В ЗОНАХ ПОРАЖЕНИЯ

Общие положения

При воздействии поражающих факторов взрывов, землетрясений, цунами и разрушения плотин здания могут получить ту или иную степень разрушения. Анализ характера разрушений зданий при чрезвычайных ситуациях показал, что здания при полном разрушении практически полностью превращаются в обломки, образуя завалы. При разрушении зданий на ступень ниже полной в расчетах можно принять, что объем завалов составляет примерно 50% от объемов завалов зданий в случае их полного разрушения.

Завалы различных типов зданий характеризуются показателями. Показатели завалов зданий являются определяющими параметрами при выборе технологии спасательных работ. Показатели можно свести к двум группам:

показатели, непосредственно характеризующие завал;

показатели, характеризующие обломки завала.

К показателям, непосредственно характеризующим завал, можно отнести:

дальность разлета обломков;

высоту завала;

объемно-массовые характеристики завалов;

структуру завалов по весу обломков, составу строительных элементов и арматуры.

К показателям, характеризующим обломки завала, относят:

вес обломков;

геометрические размеры;

структуру и содержание арматуры.

2.1. Расчетные схемы завалов

На основании анализа материалов натуральных завалов зданий установлено, что завалы зданий можно упрощенно представить как обелиски – геометрические фигуры с прямоугольными основаниями, расположенными в параллельных плоскостях (рис.2.1). Противоположные боковые грани обелиска наклонены к основанию. Основными данными для построения этой фигуры являются размеры основания здания A и B , высота завала h и дальность разлета обломков L . Характерными геометрическими показателями завала также являются длина и ширина завала.

Длина завала - геометрический размер завала в направлении наибольшего размера A здания

$$A_{\text{зав}} = 2 L + A. \quad (2.1)$$

Ширина завала – геометрический размер завала в направлении наименьшего размера В здания

$$B_{\text{зав}} = 2L + B. \quad (2.2)$$

Расчетные схемы завалов зависят от воздействия поражающего фактора. Принимается, что при аварии со взрывом внутри здания, обломки разлетаются в стороны равномерно, а при взрыве вне здания обломки смещаются по направлению действия воздушной ударной волны.

Характерный размер завала по направлению действия воздушной ударной волны в последнем случае равен

$$B_{\text{зав}} = B + L \quad \text{или} \quad A_{\text{зав}} = A + L. \quad (2.3)$$

Верхняя грань расчетного обелиска при авариях со взрывом принимается равной площади основания здания. При землетрясениях площадь верхней грани обелиска по размерам меньше площади основания здания. Длина и ширина верхней грани обелиска, для этого случая, соответственно равна

$$A_1 = A - 2L; \quad B_1 = B - 2L. \quad (2.4)$$

2.2. Дальность разлета обломков

Дальность разлета обломков при взрывах

Рассмотрим методику определения дальности разлета обломков при взрывах, приняв следующие предпосылки:

волна мгновенно обтекает обломки вследствие их небольших размеров; вращения обломков при разлете и изменения за счет этого лобовой площади $F_{\text{л}}$ (миделя) не происходит.

Дальность разлета обломков (L) - расстояние от контура здания до основной массы обломков.

Смещение обломков можно описать уравнениями движения в горизонтальном и вертикальном направлениях. Рассмотрим сначала горизонтальное движение обломков с учетом сопротивления воздуха.

Силу, создаваемую скоростным напором воздушной ударной волны действующим на обломок, вычисляют по формуле

$$F_{\text{ск}} = C_x \cdot F_{\text{л}} \cdot \frac{\rho_{\phi}(t) \cdot U_{\phi}^2(t)}{2}, \quad (2.5)$$

где C_x - коэффициент лобового сопротивления, который для обломков принимают равным 1.5;

$\rho_{\phi}(t)$ и $U_{\phi}(t)$ - плотность и скорость воздушного потока в момент времени t;

$F_{\text{л}}$ - площадь лобового сечения обломков.

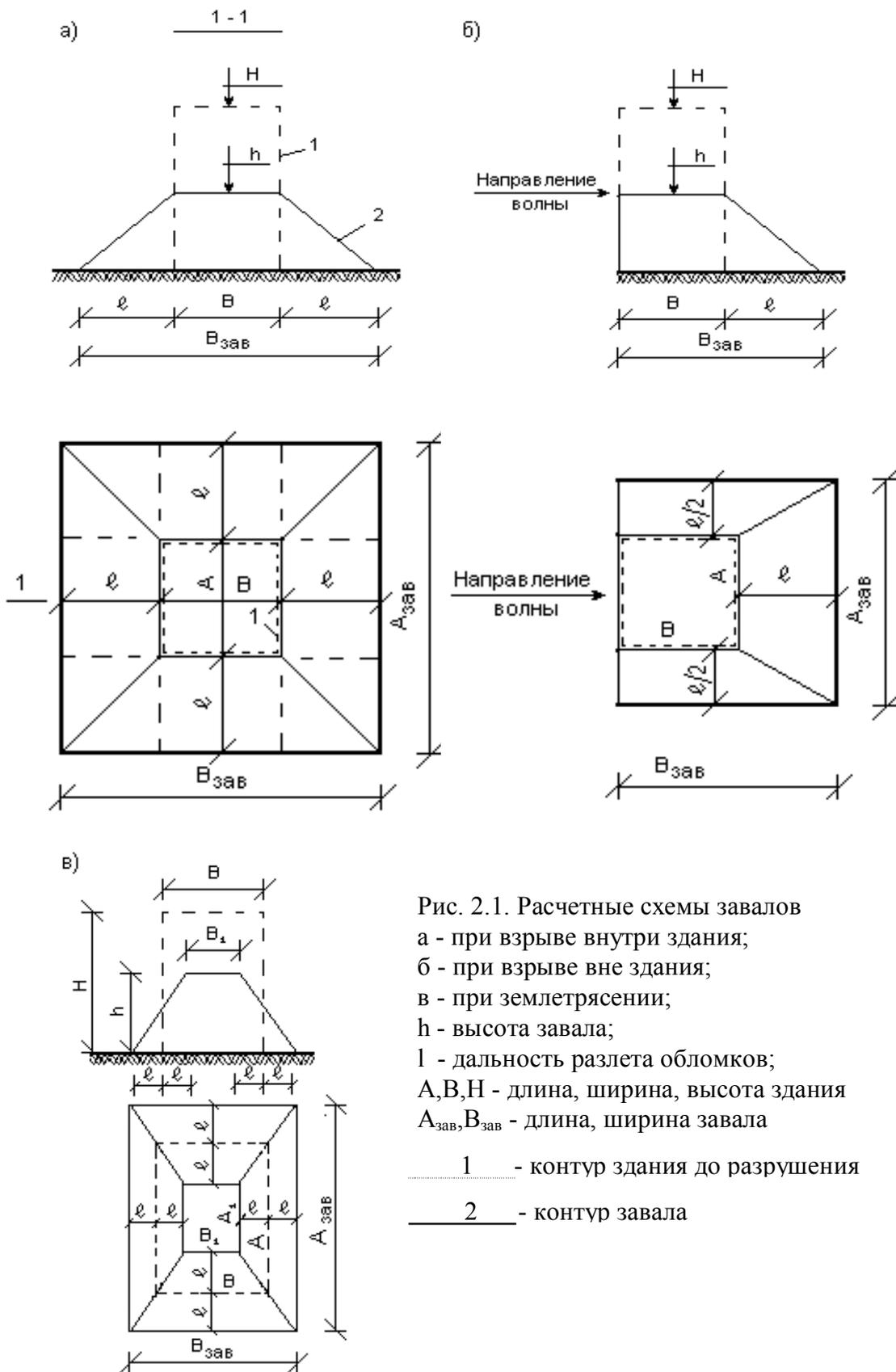


Рис. 2.1. Расчетные схемы завалов
 а - при взрыве внутри здания;
 б - при взрыве вне здания;
 в - при землетрясении;
 h - высота завала;
 l - дальность разлета обломков;
 A, B, H - длина, ширина, высота здания
 $A_{зав}, B_{зав}$ - длина, ширина завала
 1 - контур здания до разрушения
 2 - контур завала

По мере увеличения скорости обломков возрастает сопротивление воздушного потока горизонтальному движению обломка

$$F_x(t) = C_x \cdot F_n \cdot \frac{\rho_\phi(t) \cdot \dot{x}^2(t)}{2}, \quad (2.6)$$

где $\dot{x}(t)$ - горизонтальная скорость обломка в момент времени t .

Теперь рассмотрим вертикальное движение обломков с учетом сопротивления воздуха. Нагрузка, создаваемая силой тяжести, составит

$$P = F_n \cdot d \cdot \rho \cdot g, \quad (2.7)$$

где d - толщина стены здания;
 ρ - плотность материала;
 g - ускорение свободного падения.

Сопротивление воздушного потока вертикальному движению можно описать зависимостью

$$F_y(t) = C_y \cdot F_n \frac{\rho_\phi(t) \cdot \dot{y}^2(t)}{2}, \quad (2.8)$$

где C_y - коэффициент сопротивления ($C_y=C_x$);
 F_n - площадь горизонтального сечения обломка;
 $\dot{y}^2(t)$ - вертикальная скорость обломка в момент времени t .

Тогда движение обломка можно описать системой уравнений

$$\begin{cases} m\ddot{x} = C_x \cdot F_n \frac{\rho_\phi(t)}{2} \cdot [U_\phi^2(t) - \dot{x}^2(t)] \\ m\ddot{y} = F_n \cdot d \cdot \rho - C_y F_n \frac{\rho_\phi(t) \cdot \dot{y}^2(t)}{2} \end{cases}, \quad (2.9)$$

где $m = F_n \cdot d \cdot \rho$ - масса обломка.

Расчеты по формуле (2.9) и данные натуральных завалов показывают, что дальность разлета обломков при минимальном давлении, вызывающем полное разрушение стен зданий, приближенно составляет $L = \frac{H}{2} \div H$ (H - высота здания).

Дальность разлета обломков при землетрясениях

При землетрясениях дальность разлета обломков рассчитывается из условия, что угол наклона боковых сторон обелиска равен углу естественного откоса. Исходя из этого условия, дальность разлета обломков составляет

$$L = \frac{H}{3} \div \frac{H}{4}, \text{ м (H - высота зданий).}$$

Подведя итоги, можно рекомендовать, при оперативном прогнозировании заваливаемости улиц и подъездных путей, дальность разлета обломков принимать равным (м):

$$\text{при авариях со взрывом} \quad - \quad L=H; \quad (2.10)$$

$$\text{при землетрясениях} \quad - \quad L=\frac{H}{3}. \quad (2.11)$$

2.3. Высота завалов

Высота завалов при взрывах

Высота завала (h) - расстояние от уровня земли до максимального уровня обломков в пределах контура здания.

Основными факторами, определяющими высоту завала, являются этажность здания и величина действующего давления во фронте воздушной ударной волны. Чем больше давление, тем дальше разлетаются обломки, что приводит к уменьшению высоты завала (рис.2.2). Максимальной по величине высота завала будет в том случае, если на здание подействует минимальное давление, вызывающее разрушение стен здания. За минимальное давление обычно принимают $\Delta P_{\phi} = 0,05 \text{ МПа}$.

Высоту завала можно определить из условия равенства объема образовавшегося завала

$$V = \frac{\gamma \cdot A \cdot B \cdot H}{100}, \quad (2.12)$$

и объема обелиска

$$V = \frac{h}{6} [AB + (A + A_{\text{зав}}) \cdot (B + B_{\text{зав}}) + A_{\text{зав}} \cdot B_{\text{зав}}], \quad (2.13)$$

где A, B, H - длина, ширина и высота здания;

γ - объем завала на 100 м^3 объема здания;

h - высота завала;

L - дальность разлета обломков;

$A_{\text{зав}}, B_{\text{зав}}$ - длина и ширина завала

$$\begin{aligned} A_{\text{зав}} &= A+2L; \quad B_{\text{зав}}=B+2L \quad (\text{при взрыве внутри здания}) \\ A_{\text{зав}} &= A+L; \quad B_{\text{зав}}=B+L \quad (\text{при взрыве вне здания}) \end{aligned} \quad (2.14)$$

При расчете высоты завала по формуле (2.13) дальность разлета обломков для аварий со взрывом рекомендуется принимать равные половины высоты здания ($L=\frac{H}{2}$).

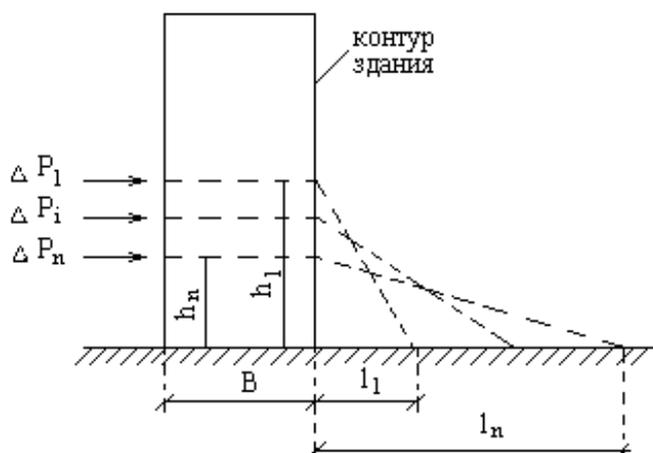


Рис. 2.2. Расчетная схема образования завала при различных давлениях во фронте воздушной ударной волны
 H_1, h_n, l_1, l_n - соответственно высота и длина завала;
 $\Delta P_1, \Delta P_i, \Delta P_n$ - значения давлений ($\Delta P_1 < \Delta P_i < \Delta P_n$);
 B - размер здания

Высота завала на различных расстояниях x от здания зависит от высоты завала в пределах контура здания и дальности l разлета обломков

$$h(x) = h \left(1 - \frac{x}{l} \right).$$

Показатель γ в формуле (2.12) при ориентировочных расчетах рекомендуется принимать равным:

для промышленных зданий $\gamma = 20 \text{ м}^3$;

для жилых зданий $\gamma = 40 \text{ м}^3$.

Более точные значения показателей γ , с учетом различных типов и конструктивных решений зданий, приведены в табл. 2.1. Эти данные получены на основе статистической обработки соответствующих показателей натуральных завалов.

На основании обобщения расчетов получена формула для определения высоты завала при оперативном прогнозировании

$$h = \frac{\gamma \cdot H}{100 + \kappa H}, \text{ м}; \quad (2.15)$$

где H - высота здания в м;

γ - объем завала на 100 м^3 объема здания;

κ - показатель, принимаемый равным:

для взрыва вне здания $\kappa = 2$;

для взрыва внутри здания $\kappa = 2,5$.

Таблица 2.1

Объемно-массовые характеристики завала

Тип здания	Пустотность (α), м ³	Удельный объем (γ), м ³	Объемный вес (β), т/м ³
Производственные здания:			
одноэтажное легкого типа	40	14	1.5
одноэтажное среднего типа	50	16	1.2
одноэтажное тяжелого типа	60	20	1
многоэтажное	40	21	1.5
смешанного типа	45	22	1.4
Жилые здания бескаркасные:			
кирпичное	30	36	1.2
мелкоблочное	30	36	1.2
крупноблочное	30	36	1.2
крупнопанельное	40	42	1.1
Жилые здания каркасные:			
со стенами из навесных панелей	40	42	1.1
со стенами из каменных материалов	40	42	1.1

- Примечания: 1. Пустотность завала (α) - объем пустот на 100 м³ завала.
 2. Удельный объем завала (γ) - объем завала на 100 м³ строительного объема.
 3. Объемный вес завала (β) - вес в т 1 м³ завала.

Высота завалов при землетрясениях

При землетрясениях высота завала рассчитывается по тем же формулам, но с учетом поправки на расчетную схему завала (рис. 2.1). Объем обелиска в этом случае равен

$$V = \frac{h}{6} [A_1 B_1 + (A_1 + A_{зав})(B_1 + B_{зав}) + A_{зав} \cdot B_{зав}], \quad (2.16)$$

где $A_{зав}$, $B_{зав}$ - размеры нижних граней обелиска (длина и ширина завала)

$$A_{зав} = A + 2L; \quad B_{зав} = B + 2L;$$

A_1 и B_1 - размеры верхних граней обелиска

$$A_1 = A - 2L; \quad B_1 = B - 2L.$$

При оперативном прогнозировании высоту завала для землетрясения рекомендуется определять по формуле (2.15), в которой показатель K принимается равным $K=0,5$.

2.4. Структура и объемно-массовые характеристики завалов

Структура завалов

Структура завалов влияет как на способы выполнения спасательных работ, так и на состав сил и средств, привлекаемых для ликвидации последствий

землетрясения. Основными показателями, характеризующими структуру завала, являются распределение обломков по весу, составу элементов (материала) и содержанию арматуры.

Структура завала по весу обломков - процентное содержание в завалах различных типов обломков - определяется по табл. 2.2. Эти показатели получены на основе анализа информации о завалах зданий, разрушенных при авариях и катастрофах, а также при проведении ряда натурных испытаний. При определении состава сил и средств следует иметь в виду, что очень крупные и крупные обломки весом более 2-х т, перемещаются с использованием инженерной техники, средние - весом до 2-х т, могут быть перемещены с помощью ручных лебедок, а мелкие – весом до 0,2 т, могут быть перемещены спасателями вручную.

Таблица 2.2

Структура завала по весу обломков, (%)

Тип здания	Тип обломков по весу			
	Очень крупные больше 5 т	Крупные от 2 до 5 т	Средние от 0,2 до 2 т	Мелкие до 0,2 т
Производственное одноэтажное	60	10	20/5	10/25
Производственное многоэтажное и смешанного типа	10	40	40/10	10/40
Жилое здание бескаркасное	0	30	60/10	10/60
Жилое здание каркасное	0	50	40/10	10/40

Примечание: В числителе - значения для стен из крупных панелей, в знаменателе - значения для стен из каменных материалов (кирпича, мелких обломков).

Структура завала по составу элементов - процентное содержание в завалах обломков из различного материала - определяется по табл. 2.3. Эти показатели могут быть использованы при оценке объемов и видов работ.

Таблица 2.3

Структура завала по составу элементов (%) при разрушении зданий

Состав элементов	Здания жилые со стенами		Здания производственные со стенами	
	из кирпича (каменных материал.)	из крупных панелей	из кирпича	из крупных панелей
Кирпичные глыбы, битый кирпич	50	-	25	-
Обломки железобетонных и бетонных конструкций	15	75	55	80
Деревянные конструкции	15	8	3	3
Металлические конструкции (включая станочное оборудование)	5	2	10	10
Строительный мусор	15	15	7	7

Структура завала по составу арматуры – содержание арматуры в различных сечениях завала.

В настоящее время, в литературе отсутствуют какие-либо сведения по содержанию арматуры в сечениях завала. Эти показатели получены на основе анализа проектов производственных и жилых зданий. Результаты обобщения материалов приведены в табл. 2.4. Содержание арматуры в завале за пределами контура здания определяется по формуле

$$F_a(x) = F_a \left(1 - \frac{x}{l} \right), \text{ см}^2,$$

где F_a - содержание арматуры в пределах контура здания (табл. 2.4);

x - рассматриваемое расстояние от контура здания;

l - дальность разлета обломков.

Показатели по содержанию арматуры в завале могут быть использованы при планировании распределения технических средств, используемых для резки металла.

Объемно-массовые характеристики завалов

Объемно-массовые характеристики завалов используются для обоснования состава транспортной и грузоподъемной инженерной техники. К этим характеристикам отнесены: удельный объем завала, объем завала от разрушенного здания, объемный вес завала и пустотность.

Таблица 2.4

Структура завала по содержанию арматуры

Тип здания	Содержание арматуры в пределах контура здания на 1 пог. м. завала, (F_a), см ²	Сортамент арматуры на 1 пог. м. Завала
Производственные одноэтажные:		
легкого типа	20	Ø 12÷14 - 11 ед. Ø 28÷32 - 1 ед.
среднего типа	25	Ø 12÷14 - 12 ед. Ø 32÷36 - 1 ед.
тяжелого типа	30	Ø 12÷14 - 13 ед. Ø 36÷40 - 1 ед.
Производственное многоэтажное	15п (п-число этажей)	Ø 12÷14 - 16 ед. Ø 36÷40 - 1 ед.
Производственное смешанного типа	40	Ø 12÷14 - 16 ед. Ø 36÷40 - 1 ед.
Жилые здания бескаркасные:		
мелкоблочные	12п	Ø 12÷14 - 7 ед.
крупноблочные	12п	Ø 12÷14 - 7 ед.
крупнопанельные	14п	Ø 12÷14 - 9 ед.
Жилые здания каркасные	20п	Ø 12÷14 - 9 ед. Ø 25÷28 - 11 ед.

Удельный объем завала (γ) – объем завала на 100 м^3 - определяется по табл. 2.1. Этот показатель используется при определении высоты завала (2.4) и объема завала.(2.1).

Объем завала ($V_{\text{зав}}$) от обрушенного здания рассчитывается по формуле (2.12).

Объемный вес завала (β) – вес в т 1 м^3 завала - определяется по табл. 2.1. Последние два показателя используются при планировании транспортных средств для разборки завалов.

Показатель пустотности завала (α) – используется при подготовке предложений по технологии спасательных работ, в частности, при проходке галерей в завалах. Анализ информации по разрушению зданий показал, что пустотность завалов промышленных зданий может быть почти в два раза больше жилых. Показатели пустотности завалов приведены в табл. 2.1.

2.5. Показатели обломков

К показателям, характеризующим крупные обломки завалов, отнесены максимальный вес, размеры и структура обломка по составу арматуры. Максимальный вес обломков необходимо знать для подбора грузоподъемности крана, а их размеры – для подбора транспортных средств. Эти показатели получены на основе анализа проектов производственных и жилых зданий и могут быть приняты для производственных зданий по табл. 2.5, для жилых – по табл. 2.6.

Как видно из таблиц, для выполнения спасательных работ при разборке завалов производственных зданий может возникнуть потребность в кранах грузоподъемностью свыше 30-ти т. При ведении работ в районах размещения жилых зданий достаточно иметь грузоподъемные средства до 4-х тонн.

Таблица 2.5

Вес основных конструктивных элементов
производственных зданий и содержание арматуры

Тип здания	Конструктивные элементы и их размеры, м	Вес, т	Содержание арматуры, кг	
1	2	3	4	
Одноэтажное легкого типа	H = 3.6	1	80	
	H = 7.2	4	300	
	Балки покрытия:	1 = 6	3	200
		1 = 12	5	300
		1 = 18	12	1200
	Плиты покрытия:	6 x 1.5	1	130
		6 x 3	2	250
		12 x 1.5	3.5	200
12 x 3		7	400	

1	2	3	4	
	Полосовые панели наружных стен:	6 x 1.2 6 x 1.8	2 3	60 100
Одноэтажное среднего типа	Колонны:	H = 8.4 H = 10.8	5 12	300 600
	Фермы покрытия:	l = 18 l = 24	8 20	500 1500
Одноэтажное тяжелого типа	Колонны:	H = 10.8 H = 18	10 20	600 1500
	Фермы покрытия:	l = 24 l = 36	20 35	1200 2500
	Плиты покрытия:	12 x 3	7	300
Многоэтажное	Колонны:	H = 6.2 H = 10 H = 14.8	3 5 10	660 1200 1500
	Балки перекрытий:	l = 5 l = 9	4 7	400 700
	Плиты перекрытий:	6 x 0.75 6 x 2.5	0.5 1	65 130
Смешанного типа	Строительная система включает элементы многоэтажного здания и здания среднего типа			

Таблица 2.6

Вес основных конструктивных элементов
жилых зданий и содержание арматуры

Тип здания	Конструктивные элементы	Вес, т	Содержание ар- матуры, кг
Бескаркасное			
Кирпичное	Максимальный вес обломков стен	1.5	-
Мелкоблочное	Максимальный вес обломков стен	1	-
Крупноблочное	Максимальный вес обломков стен	2	-
Крупнопанельное	Панели наружных стен	4	140
Каркасное			
Со стенами из навесных панелей	Панели наружных стен	3	100
Со стенами из каменных материалов	Максимальный вес обломков стен	1	-
	Колонны: H = 8 м сечением 30 x 30 см (до 5 этажей)	2	150
	H = 8 м сечением 40 x 40 см (5-12 этажей)	2.5	200
	Ригели каркаса 40 x 45 см	2	150
	Плиты перекрытий 6 x 1 м	2.5	150

В заключение приведем полный перечень показателей завалов и рекомендации по их определению:

- | | | |
|---------------------|--|------------------|
| 1. h | - высота завала | (ф.2.15); |
| 2. $A_{\text{зав}}$ | - длина завала | (ф.2.1; 2.3.); |
| 3. $B_{\text{зав}}$ | - ширина завала | (ф.2.2; 2.3.); |
| 4. L | - дальность разлета обломков | (ф.2.10; 2.11); |
| 5. C_p | - структура завалов по весу обломков | (табл.2.2); |
| 6. C_3 | - структура завала по составу элементов | (табл.2.3); |
| 7. C_a | - структура завала по содержанию арматуры | (табл.2.4); |
| 8. α | - пустотность завала | (табл.2.1); |
| 9. γ | - удельный объем завала | (табл.2.1); |
| 10. β | - объемный вес завала | (табл.2.1); |
| 11. V | - объем завала | (ф.2.12); |
| 12. ρ | - максимальный вес обломков | (табл.2.5; 2.6); |
| 13. v | - максимальные размеры обломков | (табл.2.5; 2.6); |
| 14. $C_{\text{об}}$ | - структура обломка по содержанию арматуры | (табл.2.5; 2.6). |

Приведенные показатели завалов используются при оценке инженерной обстановки в зонах разрушений, а также при планировании мероприятий по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные показатели завалов?
2. Кратко изложите расчетные схемы завалов зданий?
3. Назовите основные предпосылки и силы, учитываемые при определении дальности разлета обломков?
4. Какие факторы и условия учитываются при выводе формулы по определению высоты завала?
5. Назовите особенности, учитываемые при определении параметров завалов в районах разрушительных землетрясений?

ГЛАВА 3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

3.1. Методика прогнозирования паводкового наводнения

Под наводнением понимается затопление водой прилегающей к реке, озеру или водохранилищу местности, которое причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей. Затоплением местности считается разлив реки, озера или водохранилища, не сопровождающийся материальным ущербом.

По повторяемости, площади распространения и среднегодовому материальному ущербу в масштабах нашей страны, наводнение занимает первое место среди стихийных бедствий. Особенностью наводнений, как и некоторых других чрезвычайных ситуаций природного характера, является то, что их невозможно предотвратить. Решая же проблему наводнений, можно, используя различные организационно-технические решения, только снизить возможный ущерб от них. Причем величина ущерба от наводнения в значительной мере зависит от степени заселенности и застройки городов и населенных пунктов. Поэтому наводнения представляют собой не только явления природы, но и явление социального порядка.

Основными природно-географическими условиями возникновения наводнений являются: выпадение осадков в виде дождя, таяние снега и льда, цунами, тайфуны, опорожнение водохранилищ. Наиболее частые наводнения возникают при обильном выпадении осадков в виде дождя, обильном таянии снега и при заторах льда на реках. Весьма опасны наводнения связанные с разрушением гидротехнических сооружений (ГЭС, дамбы, плотины).

В зависимости от причин возникновения, как правило, выделяют пять групп наводнений:

1-я группа - наводнения связанные, в основном, с максимальным стоком от весеннего таяния снега. Такие наводнения отличаются значительным и довольно длительным подъемом уровня воды в реке и называются, обычно, половодьем.

2-я группа - наводнения формируемые интенсивными дождями, иногда таянием снега при зимних оттепелях. Они характеризуются интенсивными, сравнительно кратковременными подъемами уровня воды и называются паводками.

3-я группа - наводнения вызываемые, в основном, большим сопротивлением, которое водный поток встречает в реке. Это обычно происходит в начале и в конце зимы при заторах и зажорах льда.

4-я группа - наводнения создаваемые ветровыми нагонами воды на крупных озерах и водохранилищах, а также в морских устьях рек.

5-я группа - наводнения создаваемые при прорыве или разрушении гидроузлов.

По размерам или масштабам и по наносимому ущербу наводнения, как правило, делятся на четыре группы:

низкие (малые) наводнения, которые наблюдаются, в основном, на равнинных реках, наносят незначительный материальный ущерб и почти не нарушают ритма жизни населения;

высокие наводнения, сопровождающиеся значительным затоплением, охватывают сравнительно большие участки речных долин и иногда существенно нарушают хозяйственный и бытовой уклад населения. В густонаселенных районах высокие наводнения приводят к частичной эвакуации населения;

выдающиеся наводнения охватывающие целые речные бассейны. Они парализуют хозяйственную деятельность, наносят большой материальный ущерб, приводят к массовой эвакуации населения и материальных ценностей;

катастрофические наводнения вызывающие затопления громадных территорий в пределах одной или нескольких речных систем. Такие наводнения приводят к громадным материальным убыткам и гибели людей.

Для снижения материального ущерба и повышения безопасности населения проводится заблаговременное краткосрочное прогнозирование возможных последствий наводнения.

Под краткосрочным прогнозированием следует понимать составление гидрологического прогноза характера и последствий наводнения не более чем за 12-15 дней до наступления предсказываемого явления.

Под паводковым наводнением следует понимать интенсивный, сравнительно кратковременный, подъем уровня воды, формируемый сильными дождями.

Для краткосрочного прогнозирования паводкового наводнения заблаговременно должна быть проведена съемка гидрографической сети территории, известна характеристика рек в их естественном состоянии, выявлены факторы и явления, которые могут внести изменения в режим водных преград.

Эти данные могут быть получены из следующих источников: карт, описаний, справочной и специальной литературы. Разнообразные по характеру и степени детализации данные о водных преградах содержат крупномасштабные (1:25000; 1:50000) топографические карты, лоцманские карты, лоции, перспективные карты рек, карты условий проходимости местности, геологические, гидрогеологические, климатологические карты и т.п.

Из справочной и специальной литературы могут быть использованы справочники по климатологии, гидрографии, водному хозяйству и водным ресурсам, атласы физико-географических данных, гидрологические ежегодники и т.п.

Собранная и обработанная информация о гидрографии должна храниться или распространяться нанесенной на карту инженерной оценки местности, в форме разведывательной карточки, в памяти ЭВМ или быть издана в виде справочника.

На этапе составления краткосрочного прогноза паводкового наводнения должны быть спрогнозированы:

1. Гидрологические и морфологические характеристики рек.

2. Возможная обстановка при затоплении местности паводковыми водами.

3. Силы и средства ликвидации последствий паводкового наводнения.

При прогнозировании гидрологических и морфологических характеристик должна быть разработана расчетная схема и определены:

объемы стока дождевых вод (W_0);

максимальные глубины затопления (H);

скорости движения волны (V);

временные параметры волны (T);

максимальные расходы потока в естественном состоянии и в период паводкового наводнения (Q);

максимальные ширины затоплений (B);

временные параметры затоплений (T).

На основании вышеопределенных характеристик должен быть построен график движения паводковой волны, который позволит определить гидрологические характеристики водного потока в любом переменном створе нахождения между двумя постоянными.

При разработке расчетной схемы основным источником сведений о плотности, составе и строении гидрографической сети бассейна являются топографические карты, дополненные материалами крупномасштабных аэрофотосъемок. На основе анализа этих сведений бассейн реки разбивается на участки, на границах которых обозначаются постоянные створы. Участки определяются по усредненным гидравлическим и морфологическим характеристикам реки. За нулевой створ принимается ближайший к истоку реки (формированного потока). Площадь водосбора (F) определяется путем снятия с топографической карты горизонталей поверхностного стока, предшествующего каждому постоянному створу.

При составлении прогноза о возможной обстановке должны быть определены следующие показатели: площадь затопления; количество населенных пунктов, попавших в зону затопления; степени и качественные характеристики повреждений зданий жилого фонда (к степеням повреждений зданий следует относить тяжелые повреждения, умеренные и слабые); численность населения, попавшего в зону затопления и его потери; протяженность попавших в зону затопления и поврежденных коммунально-энергетических сетей; протяженность попавших в зону затопления и поврежденных мостов; протяженность попавших в зону затопления и поврежденных защитных дамб; количество попавшего в зону затопления скота и его потери; площади попавших в зону затопления и пришедших в негодность посевных площадей; объемы и трудоемкость выполнения аварийно-спасательных работ.

На основе данных возможной обстановки в зоне затопления должна быть создана группировка сил ликвидации последствий наводнения способная: провести разведку зоны затопления; провести спасение пострадавшего населения; организовать строительство пунктов посадки и высадки пострадавшего населения со всех видов транспорта; организовать восстановление автомобильных до-

рог и железнодорожных магистралей; организовать восстановление поврежденных и строительство (оборудование) новых мостов; организовать восстановление поврежденных и строительство новых защитных дамб; организовать восстановление коммунально-энергетических сетей и линий связи; организовать спасение и захоронение погибшего скота.

Для выполнения вышеизложенных задач в зонах затоплений целесообразно создавать следующие формирования:

для организации разведки - группы общей разведки; группы инженерной разведки; звенья воздушной разведки; звенья речной разведки; звенья разведки на железнодорожном транспорте;

для проведения спасательных работ - спасательные команды (группы) на плавсредствах; санитарные дружины;

для восстановления разрушенных и строительства новых дамб создавать команды по защите дамб (КЗД) в составе: личный состав - 35 чел; экскаватор - 1; бульдозер - 1; каток - 1; автосамосвалы - 2; автомашины - 2;

для восстановления поврежденных дорог создавать дорожно-восстановительные команды (ДВК) в составе: личный состав - 35 чел; экскаватор - 1; бульдозеры - 2; грейдер - 1; автосамосвалы - 2; автомашины - 2;

для ремонта и восстановления разрушенных мостов и строительства причалов создавать команды по защите мостов (КЗМ) в составе: личный состав - 25 чел; автокран - 1; бульдозер - 1; экскаватор - 1; копер - 1; автомобили - 2; мотопилы - 2;

для ликвидации последствий на КЭС и линий связи создавать аварийно-технические команды по видам коммуникаций;

для захоронения погибшего скота создавать бригады по защите животных в составе: личный состав - 10 чел; экскаватор - 1; бульдозер - 1; автомобиль - 1.

Формирования создаются на базе объектов экономики, специализированных предприятий и частей ГО. Количественный состав определяется исходя из объемов и возможностей формирований.

При прогнозировании гидрологических и морфологических характеристик, выпавшие осадки (X , мм) распределяются по площади водосбора с учетом коэффициента орошаемости (n) и представляют собой слой стока (Y , мм), равномерно распределенный по площади водосбора - объем стока. Поэтому расчетное русло рассматриваемых рек, в котором распространяются потоки волн паводка, схематизируются в виде составных русел, состоящих из отдельных призматических расчетных участков обобщенного профиля с усредненными гидравлическими и морфологическими характеристиками.

Расстояние между однозначными горизонталями местности расположенными по обеим сторонам рек по всей длине участков принимается для составления оперативных расчетов в среднем одинаковым.

За нулевые створы принимается первый (ближайший к потоку) из намеченных постоянных створов.

Для расчетов принимается расчетный многоводный год с выбранной процентной обеспеченностью (P %).

Выбор расчетных постоянных створов осуществляется по карте области.

Гидрологические и морфологические характеристики постоянных створов рек определяются по данным геолого-географического описания местности и топографической карты области, к которым относятся:

F^i - площадь водосбора i -го постоянного створа, км²;

$H^{i\delta}$ - глубина бытового потока, м;

$V^{i\delta}$ - скорость течения бытового потока, м/с;

$B^{i\delta}$ - ширина бытового потока, м;

L^0 - удаление 0 - створа от источника реки, км;

L^{i-0} - удаление i - створа от 0 - створа, км;

L^{i-1} - удаление предыдущего створа от 0 - створа, км;

$Z^{i\delta}$ - отметка уреза воды бытового потока, м;

k - показатель формы долины рек;

n - коэффициент орошаемости (стока) дождевых вод;

X - максимальные суточные осадки, наблюдаемые в бассейне реки - по данным многолетних наблюдений.

Определение гидрологических и морфологических характеристик рек

Для 0 - створа.

Определение объема стока дождевых вод (W^0)

$$W^0 = X \cdot F^0 \cdot n, \text{ м}^3. \quad (3.1)$$

Определение максимальной глубины затопления (H)

$$H^{0m} = H^{0\delta} \cdot \left(\tau \frac{Q^{0m}}{Q^{0\delta}} \right)^{\frac{1}{k+1,667}}, \text{ м}, \quad (3.2)$$

где τ - коэффициент шероховатости русла при выходе воды на пойму.

Определение высоты волн паводка ($H^{0\Gamma}$)

$$H^{0\Gamma} = H^{0m} - H^{0\delta}, \text{ м}. \quad (3.3)$$

Определение времени добегания фронта волны до 0- створа ($T^{0\Phi}$)

$$T^{0\Phi} = 0, \quad (3.4)$$

т.к. расчет движения волны считаем от 0- створа.

Определение скорости движения гребня волны (V)

$$V^{or} = \frac{V^{0\delta}}{\tau} \left(\frac{H^{0m}}{H^{0\delta}} \right)^{0,667}, \text{ м/с}. \quad (3.5)$$

Определение времени добега гребня волны до 0- створа (T^{or})

$$T^{or} = \frac{0,33 \cdot L^o}{3,6 \cdot V^{or}}, \text{ ч.} \quad (3.6)$$

Определение времени добега хвоста волны до 0- створа (T^{ox})

$$T^{ox} = \frac{4,324 \cdot W^o}{3,6 \cdot Q^{om} \cdot k^{0,667}}, \text{ ч.} \quad (3.7)$$

Определение максимальной скорости течения потока в 0-ом створе (V^{om})

$$V^{om} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot H^{om}}{(k+1) \cdot 2}}, \text{ м/с.} \quad (3.8)$$

Определение максимальной ширины потока в створе (B^{om})

$$B^{om} = B^{ob} \cdot e^{k \cdot \ln\left(\frac{H^{om}}{H^{im}}\right)}, \text{ м.} \quad (3.9)$$

Для i-го створа

Определение расхода бытового потока в створе ($Q^{i\phi}$)

$$Q^{i\phi} = \frac{H^{i\phi} \cdot B^{i\phi} \cdot V^{i\phi}}{(k+1) \cdot \tau}, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (3.10)$$

Определение длины j-го участка реки (L^j)

$$L^j = L^{i-0} - L^{i-1}, \text{ км.} \quad (3.11)$$

Определение скорости движения фронта волны на j-ом участке ($C^{i\phi}$) до i-го створа

$$C^{i\phi} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot H^{i\phi}}{(k+1)}}, \text{ м/с.} \quad (3.12)$$

Определение времени добега фронта волны до i-го створа ($T^{i\phi}$)

$$T^{i\phi} = T^{(i-1)\phi} + \frac{2 \cdot L^j}{3,6(V^{(i-1)\phi} + C^{i\phi})}, \text{ ч.} \quad (3.13)$$

Определение времени добега хвоста волны (T^{ix})

$$T^{ix} = T^{(i-1)\phi} + \frac{2 \cdot L^j}{3,6 \cdot V^{i\phi}}, \text{ ч.} \quad (3.14)$$

Определение продолжительности затопления в i-ом створе (T^i)

$$T^i = T^{im} - T^{i\phi}, \text{ ч.} \quad (3.15)$$

Определение объема стока в i -ом створе с площади водосбора (W^i)

$$W^i = X \cdot F^i \cdot n, \text{ м}^3. \quad (3.16)$$

Определение максимального расхода в i -ом створе

$$Q^{im} = \frac{2 \cdot W^i}{3,6 \cdot T^i}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.17)$$

Определение максимальной глубины затопления в i -ом створе

$$H^{im} = H^{i\delta} \cdot \left(\tau \frac{Q^{im}}{Q^{i\delta}} \right)^{\frac{1}{k+1,667}}, \text{ м}. \quad (3.18)$$

Определение высоты волн паводка в створе

$$H^{ir} = H^{im} - H^{i\delta}, \text{ м}. \quad (3.19)$$

Определение скорости движения гребня волны

$$C^{izg} = 0,65 \cdot V^{i\delta} \left(\frac{H^{im}}{H^{i\delta}} \right)^{\frac{2}{3}}, \text{ м/с}. \quad (3.20)$$

Определение максимальной скорости течения в створе

$$V^{im} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot H^{im}}{2(k+1)}}, \text{ м/с}. \quad (3.21)$$

Определение средней приведенной ширины бытового потока на j -ом участке

$$B_{j\delta}^{cp} = \frac{B^{i\delta} + B^{(i-1)\delta}}{2}, \text{ м}. \quad (3.22)$$

Определение средней приведенной максимальной ширины на участке

$$B_{im}^{cp} = B_{j\delta}^{cp} \cdot e^{k \cdot \ln\left(\frac{H^{im}}{H^{i\delta}}\right)}, \text{ м}. \quad (3.23)$$

Определение площади затопления на j -ом участке

$$S^j = \frac{B^{im} \cdot L^j}{1000}, \text{ км}^2. \quad (3.24)$$

Определение общей площади затопления рассматриваемых участков рек

$$S^{zam} = \sum_{j=1}^n S^j, \text{ км}^2. \quad (3.25)$$

Определение отметки уреза воды в i -ом створе при максимальной глубине затопления

$$Z^{im} = Z^{ib} + H^{ir}, \text{ м.} \quad (3.26)$$

Для вычисления гидрологических характеристик паводковой волны в любом (переменном) створе, находящемся между двумя постоянными, используется составленный график движения паводковой волны по методу линейной интерполяции.

Необходимыми условиями составления графика являются:

наличие данных не менее чем по 4-м постоянным створам средних и больших рек и 2 створам малых рек;

проведение расчета гидрологических характеристик (по графикам номограммам долгосрочных прогнозов на ЭВМ и микрокалькуляторах);

первый створ выбирать на удалении не менее 4-х часового добега от 0-го створа.

Порядок построения и пользования графиком движения паводковой волны аналогичен графику движения волны прорыва, который рассматривается ниже.

Расчет сил аварийно-спасательных работ при наводнениях

А. Спасательные работы

1. Определение сил разведки (количества звеньев речной разведки)

$$N_{зрр} = N_{зрр}^{жз} + N_{зрр}^{рн}, \text{ звеньев,} \quad (3.27)$$

где $N_{зрр}$ - общее количество звеньев речной разведки;

$N_{зрр}^{жз}$ - количество звеньев речной разведки для организации разведки затопленной городской жилой зоны;

$N_{зрр}^{рн}$ - количество звеньев речной разведки для организации разведки речных направлений;

$$N_{зрр}^{жз} = \frac{8,4 \cdot S_{ЗАТ}^{ГЗ} \cdot n}{T \cdot n_{лс}} \cdot k_c \cdot k_{п}, \text{ звеньев,} \quad (3.28)$$

где 8,4 - трудоемкость по разведке 1 км² затопленной городской жилой зоны, чел. ч/км²;

$S_{ЗАТ}^{ГЗ}$ - площадь затопленной городской жилой зоны, км²;

n - количество смен ($n = 2$);

T - продолжительность ведения разведки, ч;

$n_{лс}$ - численность личного состава звена речной разведки, чел; $n_{лс} = 4$ чел;

k_c - коэффициент времени суток ($k_c = 1,5$);

$k_{п}$ - коэффициент подводных условий ($k_{п} = 1,25$);

$$N_{зрр}^{рн} = \frac{0,28 \cdot L_{зат} \cdot n}{T \cdot n_{лс}} \cdot k_c \cdot k_{п}, \text{ звеньев,} \quad (3.29)$$

где 0,28 - трудоемкость разведки 1 км речного направления, чел. ч/км;

$L_{зат}$ - протяженность затопления, км.

Для ведения воздушной разведки (на базе расчета вертолета)

$$N_{зр}^{вр} = \frac{0,013 \cdot S_{зат} \cdot n}{T \cdot n_{AC}} \cdot k_{П}, \text{ звеньев,} \quad (3.30)$$

где 0,013 - трудоемкость разведки экипажем вертолета 1 км² затопленной территории, чел. ч/км².

2. Силы охраны общественного порядка (на плавсредствах)

$$N_{гооп} = 0,0033 \cdot N_{зат}^Г, \text{ групп ООП,} \quad (3.31)$$

где 0,0033 - количество ГООП необходимых для одного человека, попавшего в зону затопления, шт/чел;

$N_{зат}^Г$ - численность городского населения, попавшего в зону наводнения, чел.

3. Силы непосредственного спасения городского населения, попавшего в зону наводнения (на плавсредствах)

$$N_{сг}^Г = 0,0033 \cdot N_{зат}^Г, \quad (3.32)$$

где $N_{сг}^Г$ - количество спасательных групп;

0,0033 - количество спасательных групп на одного спасаемого, шт/чел;

$N_{зат}^Г$ - численность городского населения, попавшего в зону наводнения, чел.

4. Силы оказания первой медицинской помощи

$$N_{сд} = 0,0033 \cdot N_{сан}^Г, \quad (3.33)$$

где $N_{сд}$ - количество санитарных дружин;

0,0033* - количество санитарных дружин на одного человека санитарных потерь, шт/чел;

$N_{сан}^Г$ - санитарные потери городского населения, чел

$$N_{сан}^Г = 0,05 \cdot N_{зат}^Г, \quad (3.34)$$

* - численные коэффициенты получены из расчета (см п.п. 2, 3, 4) одно формирование на 300 человек.

Формирования выражений ((3.27), (3.31), (3.32) и (3.34)) для сельской местности принимать по одному на один затопленный населенный пункт.

5. Расчет потребного количества плавсредств для эвакуации населения из зоны затопления (с пунктов сбора пострадавших)

$$k_{\text{ПТС}} = \sum_{i=1}^m \frac{N_{\text{zat},i}^{\text{ПТС}} \cdot R_i^{\text{ПТС}}}{N_{\text{ВМ},i}^{\text{ПТС}} \cdot T} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}} \cdot k_T, \quad (3.35)$$

где $k_{\text{ПТС}}$ - количество плавсредств необходимых для эвакуации;
 $N_{\text{zat},i}^{\text{ПТС}}$ - численность населения, эвакуируемого i -ым видом плавсредства, чел;
 m - количество видов плавсредств;
 $N_{\text{ВМ},i}^{\text{ПТС}}$ - вместимость i -го вида плавсредства, чел;
 $R_i^{\text{ПТС}}$ - продолжительность рейса i -го вида плавсредства.

$$R_i^{\text{ПТС}} = \frac{2 \cdot L_{\text{МЭ}}}{V_i^{\text{ПТС}}} (1 + 0,3V_{\text{ВП}}) + t_{\text{ПВ},i}^{\text{ПТС}}, \text{ мин}, \quad (3.36)$$

где $L_{\text{МЭ}}$ - протяженность маршрута эвакуации, м;
 $V_i^{\text{ПТС}}$ - скорость движения i -того плавсредства по воде, м/мин;
 $V_{\text{ВП}}$ - скорость течения водного потока, м/с;
 $t_{\text{ПВ},i}^{\text{ПТС}}$ - время, необходимое на погрузку и выгрузки i -того плавсредства, мин;
 T - продолжительность эвакуации (спасательных работ), мин;
 k_T - коэффициент использования плавсредств; $k_T = 1,2$.

При расчете потребного количества плавсредств для эвакуации животных из зоны затопления необходимо использовать эту же зависимость, принимая отношение $N_{\text{zat},i}/N_{\text{ВМ},i}$ для животных.

Ориентировочно производительность рейса переправочно-десантных средств и паромов можно принимать по таблице.

Скорость течения	Продолжительность рейса R. при протяженности маршрута эвакуации, м						
	100	150	200	250	300	400	500
Переправочно-десантные средства (К-61, ПТС, ГТС)							
до 0,5	7	7	8	9	10	11	12
0,5-1	7	8	9	10	12	13	15
1-1,5	8	9	10	11	13	14	16
1,5-2	8	10	11	13	15	18	20
2-2,5	9	12	14	16	18	22	26
2,5-3	11	14	17	20	22	28	34
Паромы из понтонного парка							
до 0,5	10	11	12	13	14	15	16
0,5-1	10	11	13	14	15	16	18
1-1,5	11	12	14	15	16	18	20
1,5-2	12	13	15	16	18	22	25
2-2,5	13	15	17	20	22	26	36
2,5-3	15	18	22	25	28	35	44

* при определении приблизительной вместимости плавсредства можно исходить из следующей нормы площади:

человека - 0,3 м²/чел;
крупнорогатого скота - 1,5 м²/животное;
мелкорогатого скота - 0,3 м²/животное.

6. Расчет потребного количества автомобильного транспорта для перевозки пострадавшего населения от уреза (границы) затопления в районы расселения

$$N_{am} = \sum_{i=1}^m \frac{N_{эН.i}^{am} \cdot R_i^{am}}{N_{ВМ.i}^{am} \cdot T} \cdot k_c \cdot k_{\Gamma} \cdot k_T, \quad (3.37)$$

где N_{am} - количество автотранспорта, необходимого для перевозки пострадавшего населения;

$N_{эН.i}^{am}$ - количество пострадавшего населения, перевозимого i -ым видом автотранспорта, чел;

$N_{ВМ.i}^{am}$ - вместимость i -го вида автотранспорта, чел;

R_i^{am} - продолжительность i -го автотранспорта, ч.

ПРИМЕЧАНИЕ: В выражениях (3.35) и (3.37) $\sum N_{zат.i}^{пс}$ и $\sum N_{эН.i}^{am}$ должны быть равны общей численности населения (животных), попавших в зону наводнения.

Для реализации положений изложенных в пунктах 1-6 необходимо подготовить данные по:

численности городского населения, попавшего в зону затопления;

площади затопления городской застройки;

количеству населенных пунктов сельской местности, попавших в зону затопления;

численности животных, попавших в зону затопления.

Численность городского населения, попавшего в зону затопления $N_{zат}^{\Gamma}$

$$N_{zат}^{\Gamma} = S_{zат}^{жз} \cdot q^{\Gamma}, \quad \text{чел}, \quad (3.38)$$

где q^{Γ} - плотность населения городской застройки, чел/км² (по статистическим данным);

$$S_{zат}^{жз} = b_{zат}^{жз} \cdot l_{zат}^{жз}, \quad \text{км}^2, \quad (3.39)$$

где $l_{zат}^{жз}$ - протяженность затопленной городской застройки (для прогноза можно принимать равной протяженности города вдоль реки, снимаемой с плана города), км;

$b_{zат}^{жз}$ - ширина затопления жилой зоны, км,

$$b_{zат}^{жз} = \frac{H_{\Gamma} - h_{1b}}{tg\alpha_1} - l_1, \quad (3.40)$$

где H_{Γ} - максимальная высота паводка в створе города;

h_{1b} - высота берега от уреза воды;

α - угол уклона местности в створе города;

l_1 - горизонтальное расстояние от берега до городской застройки, км.

Выражение (3.40) справедливо при расположении города на одном берегу реки.

При $b_{\text{zat}}^{\text{жз}} \leq 1$ город не затопливается.

При расположении города по обоим берегам ширина затопления определяется

$$b_{\text{zat}}^{\text{жз}} = \frac{H_{\Gamma} - h_{1b}}{\text{tg}\alpha_1} - l_1 + \frac{H_{\Gamma} - h_{2b}}{\text{tg}\alpha_2} - l_2, \quad (3.41)$$

где h_{2b} - высота второго берега от уреза воды;

α_2 - угол уклона местности второго берега;

l_2 - горизонтальное расстояние от берега до городской застройки на втором берегу, км.

Значения показателей h , l и α в выражениях (3.40) и (3.41) определяются по плану местности или непосредственным замером.

Количество населенных пунктов сельской местности определяется по топографической карте после нанесения на нее границы затопления. При попадании населенного пункта на границы затопления, определение характера и площади затопления этого населенного пункта можно провести по методологии города, по выражениям (3.38 - 3.41).

Численность населения сельской местности, попавшей в зону затопления, определяется по статистическим данным численности населения, проживающего в затопленных населенных пунктах.

Численность сельскохозяйственных животных, попавших в зону затопления, определяется так же, как и населения.

Потери сельскохозяйственных животных, попавших в зону затопления, могут составить:

крупнорогатого скота	$P_{\text{крс}} = 0,02 \cdot N_{\text{крс}}$, ГОЛОВ;
мелкорогатого скота	$P_{\text{мрс}} = 0,05 \cdot N_{\text{мрс}}$, ГОЛОВ;
свиней	$P_{\text{св}} = 0,005 \cdot N_{\text{св}}$, ГОЛОВ,

где $N_{\text{крс}}$, $N_{\text{мрс}}$, $N_{\text{св}}$ - соответственно, численность животных, попавших в зону затопления.

Б. Аварийно-восстановительные работы

1. Определение сил восстановления магистральных линий электропередач

$$N_{\text{атк}}^{\text{лэп}} = \frac{375 \cdot l_{\text{раз}}^{\text{лэп}} \cdot N_{\text{зат}}^{\text{лэп}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{лс}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{лс}}, \quad (3.42)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{лэп}}$ - количество аварийно-технических команд восстановления ЛЭП;

375 – трудоемкость восстановления 1 км разрушенной ЛЭП, чел.ч;

$l_{\text{раз}}^{\text{лэп}}$ - протяженность разрушенных ЛЭП, приходящихся на один затопленный населенный пункт ($l_{\text{раз}}^{\text{лэп}} \approx 1,5 - 2,5$ км/зат.н.п.);

$n_{\text{лс}}$ - численность одной аварийно-технической команды (≈ 25 человек).

2. Определение сил восстановления магистральных кабельных линий связи

$$N_{\text{КС}} = \frac{100 \cdot I_{\text{раз}}^{\text{с.м}} \cdot N_{\text{зат}}^{\text{НП}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{ЛС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (3.43)$$

где $N_{\text{КС}}$ - количество команд связи;

$I_{\text{раз}}^{\text{св}}$ - протяженность разрушенных кабельных линий связи, приходящихся на один затопленный населенный пункт ($\approx 1,2-1,8$ км);

100 - трудоемкость восстановления 1 км кабельных линий связи, чел.ч.

3. Определение сил ликвидации аварий на коммунально-энергетических сетях затопленной территории города

$$N_{\text{атк}}^{\text{эс}} = \frac{30 \cdot N_{\text{ав}}^{\text{эс}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{ЛС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (3.44)$$

где $N_{\text{ав}}^{\text{эс}}$ - количество аварий на электросетях

$$N_{\text{ав}}^{\text{эс}} = 1,75 \cdot S_{\text{зат}}^{\text{г}}, \quad (3.45)$$

где 1,75 - количество аварий на электросетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км²;

$N_{\text{атк}}^{\text{эс}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварии на электросетях ($n_{\text{ЛС}} = 24$ человека)

$$N_{\text{атк}}^{\text{вод}} = \frac{30 \cdot N_{\text{ав}}^{\text{вод}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{ЛС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (3.46)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{вод}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварии на водопроводных сетях ($n_{\text{ЛС}} = 25$ человек);

$N_{\text{ав}}^{\text{вод}}$ - количество аварий на водопроводных сетях

$$N_{\text{ав}}^{\text{вод}} = 1,25 \cdot S_{\text{зат}}^{\text{г}}, \quad (3.47)$$

где 1,25 - количество аварий на водопроводных сетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км²;

$$N_{\text{атк}}^{\text{кан}} = \frac{30 \cdot N_{\text{ав}}^{\text{кан}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{ЛС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (3.48)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{кан}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварий на канализационных сетях ($n_{\text{ЛС}} = 25$ человек);

$N_{\text{ав}}^{\text{кан}}$ - количество аварий на канализационных сетях

$$N_{\text{ав}}^{\text{кан}} = 1,25 \cdot S_{\text{зат}}^{\text{г}}, \quad (3.49)$$

где 1,25 - количество аварий на канализационных сетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км²;

$$N_{\text{атк}}^{\text{тс}} = \frac{30 \cdot N_{\text{ав}}^{\text{тс}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{ЛС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (3.50)$$

где $N_{\text{атк}}^{\text{тс}}$ - количество аварийно-технических команд для ликвидации аварий на канализационных сетях ($n_{\text{лс}} = 25$ человек);

$N_{\text{ав}}^{\text{тс}}$ - количество аварий на канализационных сетях

$$N_{\text{ав}}^{\text{тс}} = 0,75 \cdot S_{\text{зат}}^{\Gamma} \quad (3.51)$$

где 0,75 - количество аварий на теплосетях, приходящихся на 1 км² затопленной части города, ав/км².

В выражениях (3.44), (3.46), (3.48) и (3.50) коэффициент 30 - трудоемкость ликвидации одной аварии в чел.ч.

4. Определение сил оборудования пунктов посадки (высадки):

а) для оборудования сходней (длиной 20 м) на территории города

$$N_{\text{кзм}}^{\text{сх}} = \frac{10 \cdot N_{\text{зат}}^{\Gamma} \cdot n}{300 \cdot T \cdot n_{\text{ЛС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (3.52)$$

где $N_{\text{кзм}}^{\text{сх}}$ - количество команд защиты мостов для оборудования сходней ($n_{\text{лс}} = 25$ человек);

300 - численность населения на затопленной территории города, на которой должна быть оборудована одна сходня, чел;

10 - трудоемкость изготовления одной сходни, чел. ч;

б) для оборудования причалов (в виде береговой части низководного моста на деревянных опорах) 20 x 6 м

$$N_{\text{кзм}}^{\text{пр}} = \frac{100 \cdot N_{\text{зат}}^{\text{НП}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{ЛС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (3.53)$$

где $N_{\text{кзм}}^{\text{пр}}$ - количество команд по защите мостов для оборудования причалов из расчета один причал на один затопленный населенный пункт ($n_{\text{лс}} = 25$ человек)

100 - трудоемкость оборудования одного причала, чел. ч.

5. Определение сил на восстановление и строительство защитных дамб

$$N_{\text{двк}}^{\text{дамб}} = \frac{2,5 \cdot L_{\text{раз}}^d \cdot n}{T \cdot n_{\text{ЛС}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{П}}, \quad (3.54)$$

где $N_{\text{двк}}^{\text{дамб}}$ - количество дорожно-восстановительных команд ($n_{\text{лс}} = 35$ человек);

2,5 - трудоемкость возведения 1 п.м. дамбы, чел. ч;

$L_{\text{раз}}^d$ - протяженность восстановления (возведения новых) дамб, п.м.

6. Определение сил на восстановление разрушенных дорог

$$N_{\text{двк}}^{\text{дор}} = \frac{300 \cdot L_{\text{раз}}^{\text{дор}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{LC}}} \cdot k_c \cdot k_p, \quad (3.55)$$

где $N_{\text{двк}}^{\text{дор}}$ - количество дорожно-восстановительных команд ($n_{\text{лс}} = 35$ человек);
 $L_{\text{раз}}^{\text{дор}}$ - протяженность разрушенных дорог, км

$$L_{\text{раз}}^{\text{дор}} = 5 \cdot N_{\text{зат}}^{\text{нп}}, \text{ км}, \quad (3.56)$$

где 300 - трудоемкость восстановления 1 п.км дороги, чел.ч.

7. Определение сил захоронения погибшего скота

$$N_{\text{бр}}^{\text{зж,крс}} = \frac{0,4 \cdot P_{\text{крс}} \cdot n}{T \cdot n_{\text{LC}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{п}}, \quad (3.57)$$

где $N_{\text{бр}}^{\text{зж,крс}}$ - количество бригад защиты животных для захоронения крупнорогатого скота ($n_{\text{лс}} = 10$ человек);
0,4 - трудоемкость захоронения одного животного крупнорогатого скота, чел.ч;

$$N_{\text{бр}}^{\text{зж,мрс}} = \frac{0,13 \cdot (P_{\text{мрс}} + P_{\text{sv}}) \cdot n}{T \cdot n_{\text{LC}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{п}}, \quad (3.58)$$

где $N_{\text{бр}}^{\text{зж,мрс}}$ - количество бригад защиты животных для захоронения мелкорогатого скота и свиней;
0,13 - трудоемкость захоронения одного животного мелкорогатого скота, чел.ч.

8. Определение сил восстановления разрушенных мостов

$$N_{\text{квз}} = \frac{12 \cdot L_{\text{м}}^c \cdot N_{\text{зат}}^{\text{нп}}}{T \cdot n_{\text{LC}}} \cdot k_c \cdot k_{\text{п}}, \quad (3.59)$$

где $N_{\text{квз}}$ - количество команд по защите мостов для восстановления разрушенных мостов;
12 - трудоемкость восстановления одного погонного метра моста, чел.ч;
 $L_{\text{м}}^c$ - средняя длина мостов, попавших в зону затопления (общая длина разрушенных мостов принимается из расчета 1 мост на один затопленный населенный пункт).

3.2. Инженерная обстановка при катастрофическом затоплении от разрушений гидротехнических сооружений

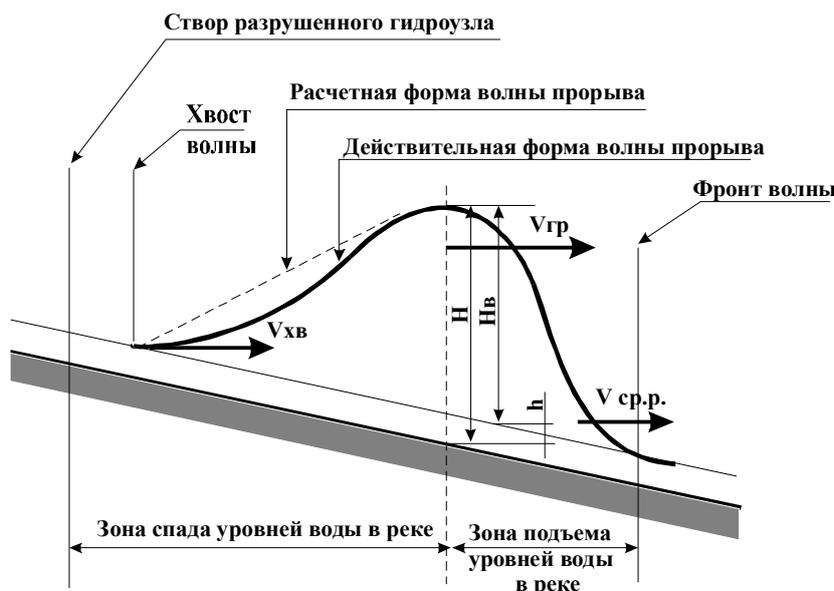
К основным гидротехническим сооружениям, разрушение которых приводит к гидродинамическим авариям, относятся плотины, водозаборные и водосборные сооружения (шлюзы). Катастрофическое затопление, являющееся следствием гидродинамической аварии, заключается в стремительном затоплении местности волной прорыва. Масштабы последствий гидродинамических аварий зависят от параметров и технического состояния гидроузла, характера и степени разрушения плотины, объемов запасов воды в водохранилище, характеристик волны прорыва и катастрофического наводнения, рельефа местности, сезона и времени суток происшествия и многих других факторов.

Основными поражающими факторами катастрофического затопления являются: волна прорыва (высота волны, скорость движения) и длительность затопления.

Волна прорыва – волна, образующаяся во фронте устремляющегося в пролом потока воды, имеющая, как правило, значительную высоту гребня и скорость движения и обладающая большой разрушительной силой.

Волна прорыва, с гидравлической точки зрения, является волной перемещения, которая, в отличие от ветровых волн, возникающих на поверхностях больших водоемов, обладает способностью переносить в направлении своего движения значительные массы воды. Поэтому волну прорыва следует рассматривать как определенную массу воды, движущуюся вниз по реке и непрерывно изменяющую свою форму, размеры и скорость.

Схематично продольный разрез такой сформировавшейся волны показан на рис. 3.1.



h - бытовой уровень воды в реке; H_B - высота волны; H - высота потока

Рис. 3.1. Схематический продольный разрез волны прорыва

Начало волны называется фронтом волны, который, перемещаясь с большой скоростью, выдвигается вперед. Фронт волны может быть очень крутым при перемещении больших волн на участках, близких к разрушенному гидроузлу и относительно пологим на больших удалениях от гидроузла.

Зона наибольшей высоты волны называется гребнем волны, который движется, как правило, медленнее, чем ее фронт. Еще медленнее движется конец волны - хвост волны. Вследствие различия скоростей этих трех характерных точек волна постепенно растягивается по длине реки, соответственно уменьшая свою высоту и увеличивая длительность прохождения. При этом, в зависимости от высоты волны и уклонов реки на различных участках, а также неодинаковой формы и шероховатости русла и поймы, может наблюдаться некоторое временное ускорение движения гребня, с «перекашиванием» волны, т.е. с относительным укорочением зоны подъема по сравнению с зоной спада.

Так как волна прорыва является основным поражающим фактором при разрушении гидротехнического сооружения, то для определения инженерной обстановки необходимо определить ее параметры: высоту волны - (H_B), глубину потока - (H), скорость движения и время добегающих различных характерных точек волны (фронта, гребня, хвоста) до расчетных створов, расположенных на реке ниже гидроузла ($V_{фр}$, $V_{гр}$, $V_{хв}$ и $t_{фр}$, $t_{гр}$, $t_{хв}$), а также длительности прохождения волны через указанные створы - (T), равной сумме времени подъема уровней - ($T_{под}$) и времени спада - ($T_{сп}$) или разницы между ($t_{хв}$ и $t_{гр}$).

Исходными данными для расчетов параметров волны прорыва являются: объем водохранилища (W_B)

$$W_B = \frac{H_B \cdot S_B}{3} \text{ млн. м}^3, \quad (3.60)$$

где H_B - глубина водохранилища у плотины в м;
 S_B - площадь зеркала водохранилища (площадь затопления), в м^2 .

ширина водохранилища перед плотиной - B_w , м;
 глубина водохранилища перед плотиной - H_B , м;
 глубина реки ниже плотины - h_6 , м;
 отметка уровня воды водохранилища перед плотиной - U_B , м;
 отметка уровня воды в реке ниже плотины - U_p , м;
 уклон дна реки - i

$$i = \frac{v_{ср} \cdot h_6^2}{WM(M+1)}, \quad (3.61)$$

где W - объем водохранилища;
 h_6 - глубина реки ниже плотины;
 M - параметр, характеризующий форму поперечного сечения реки, который принимается по рисунку 3.2;
 $v_{ср}$ - средняя ширина реки на высоте h_6 .

ширина бреша - B_i , м;

коэффициент шероховатости реки h , который принимается по табл. 3.1.

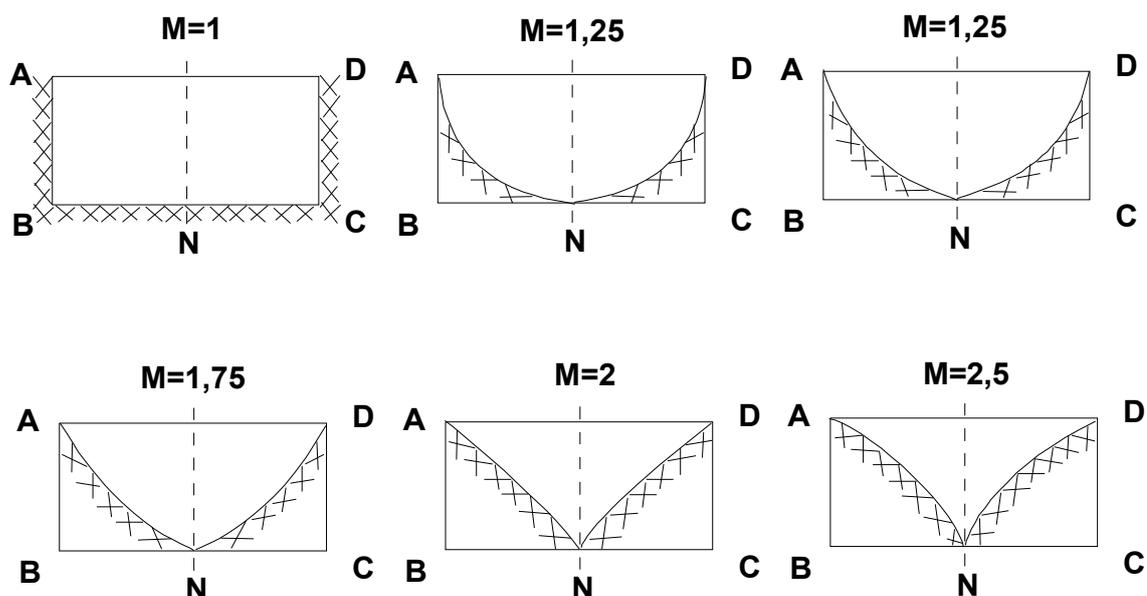


Рис. 3.2. Форма поперечного сечения русла реки

Таблица 3.1

Коэффициенты шероховатости естественных водотоков

№ п/п	Характеристика русла и поймы	h
1	2	3
1.	Естественные русла в благоприятных условиях.	0,025
2.	Сравнительно чистые русла постоянных равнинных потоков в обычных условиях. Земляные русла периодических потоков в относительно благоприятных условиях.	0,040
3.	Русла больших и средних рек, значительно засоренные. Периодические потоки с большим количеством наносов. Поймы больших и средних рек сравнительно разработанные, покрытые нормальным количеством травы и кустарника.	0,050
4.	Русла периодических водотоков, сильно засоренные и извилистые. Плохо разработанные заросшие поймы рек, галечно-валунные русла горного типа.	0,067
5.	Неправильные поперечные сечения русла, неровная поверхность русла, широкие поймы.	0,100
6.	Широкие поймы с очень большими мертвыми пространствами, с местными углублениями - озерами и пр.	0,150
7.	Потоки типа селевых (грязь - камень), глухие поймы заросшие лесом.	0,2

ПРИМЕЧАНИЕ: 1. С увеличением глубины воды в реке, при поймах средней ширины, коэффициент шероховатости « h », как правило, уменьшается.
2. В зимних условиях при наличии льда коэффициент шероховатости « h » бывает несколько больше, чем в летних.

При расчете параметров волны прорыва принимаются следующие допущения:

разрушение гидроузла, или его части, происходит мгновенно;

степень разрушения напорного фронта (линии сооружений), поддерживающих напор гидроузла, принимается в процентах (или в долях) от его длины по урезу воды в водохранилище. При частичных разрушениях считается, что брешь образуется одна и находится в самом глубоком месте;

глубина брешки считается доходящей до дна водохранилища;

изменение брешки с течением времени не учитывается, ее форма и размеры считаются постоянными;

инерционные силы, при определении времени опорожнения водохранилища, не учитываются, т.е. считается, что уровень воды в водохранилище при его опорожнении, все время остается горизонтальным;

русло реки и долина реки, затапливаемые при прохождении волны прорыва, схематизируются;

река по длине считается состоящей из участков с однородными ширинами, глубинами, уклонами и шероховатостями (расчетных участков);

шероховатость русла и поймы принимается средней для всего сечения и расчетного участка и не зависящей от глубины наполнения долины реки;

расчет основных параметров волны прорыва производится по динамической оси потока.

Порядок расчета параметров волны прорыва

1. Определение высоты волны прорыва

$$H_{ВI} = 0,6H - h_6, \text{ м}, \quad (3.62)$$

где H - глубина водохранилища у плотины, м;

h_6 - глубина реки типа плотины, м.

2. Определение времени прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины (время полного опорожнения водохранилища)

$$T_I = \frac{W_B \cdot A}{3600 \cdot \mu \cdot B_i \cdot H \sqrt{H}}, \text{ ч}, \quad (3.63)$$

где W_B - объем водохранилища;

A - коэффициент кривизны водохранилища, для ориентировочного расчета принимается равный - 2;

μ - параметр, характеризующий форму русла реки;

B_i - ширина прорыва, м;

H - глубина водохранилища перед гидроузлом.

3. Определение времени добегания волны прорыва до I - го створа

$$t_1 = \frac{L_1}{V_1}, \text{ ч}, \quad (3.64)$$

где L_1 - длина I-го участка реки;

V_1 - скорость движения волны прорыва на I-м участке, определяемая по таблице 3.3.

4. Определение времени добегания волны прорыва до 2-го створа

$$t_2 = \frac{L_2}{V_2} + t_1,$$

где L_2 - длина второго участка, км (т.е. от первого до второго створа);

V_2 - скорость движения волны прорыва на 2-м участке, км/ч.

Для получения параметров волны прорыва в последующих створах поступают аналогичным способом с учетом примечания к таблице 3.3.

По полученным данным о волне прорыва во всех створах строится график движения волны прорыва.

Рассмотрим последовательность построения графика движения волны прорыва и оценки возможной обстановки в зоне катастрофического затопления при разрушении гидротехнического сооружения на следующем примере.

Пример.

В результате землетрясения на реке полностью разрушен гидроузел (расчетная схема см. рис. 3.3).

Характеристика водохранилища и реки ниже плотины:

объем водохранилища W_B - 72 млн.м³;

ширина водохранилища перед плотиной B - 110 м;

глубина водохранилища перед гидроузлом H - 42 м;

глубина реки ниже плотины h_6 - 3,2 м;

скорость течения $V_6 = 1$ м/с;

форма (сечения) долины в створе гидроузла - параболическая;

река равнинная с хорошо разработанным руслом, поймы узкие, местами средние, без больших сопротивлений;

на участке $L = 0 - 25$ км $i = 0,0012$, далее $L=25 - 45$ км $i = 0,001$.

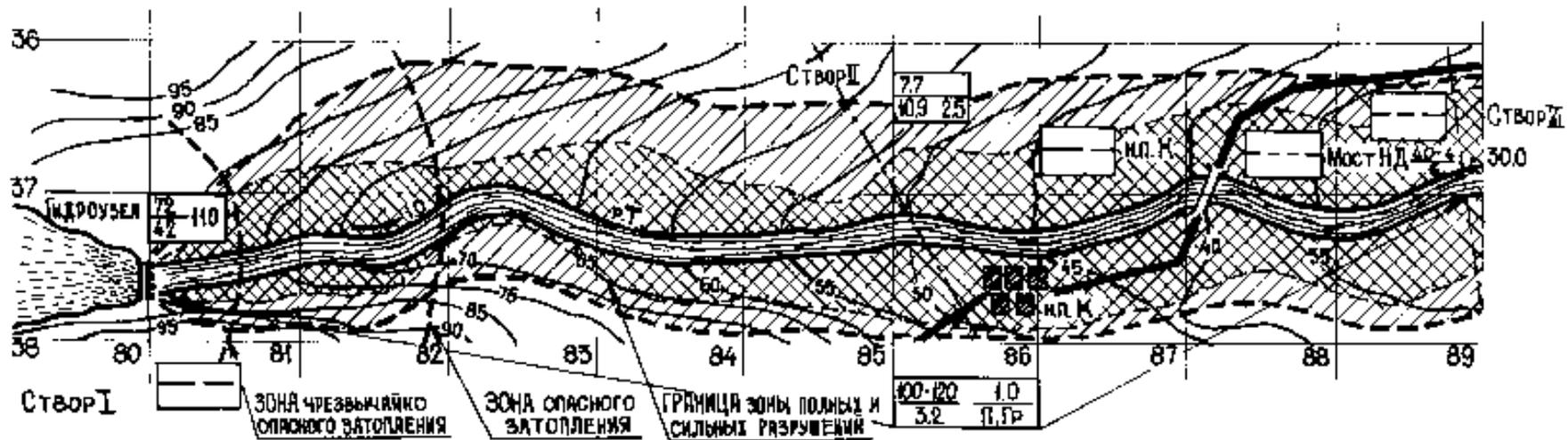


Рис. 3.3. Расчетная схема участка реки

Средняя скорость движения волны прорыва, км/ч

Характеристика русла и поймы	$i=0,01$	$i=0,001$	$i=0,0001$
На реках с широкими затопленными поймами	4 - 8	1 - 3	0,5 - 1
На извилистых реках с заросшими или неровными каменистыми поймами, с расширениями и сужениями поймы	8 - 14	3 - 8	1 - 2
На реках с хорошо разработанным руслом, с узкими и средними поймами без больших сопротивлений	14 - 20	8 - 12	2 - 5
На слабоизвилистых реках с крутыми берегами и узкими поймами	24 - 18	12 - 16	5 - 10

Требуется определить:

параметры волны прорыва на 45 км участка реки и построить график ее движения;

время, в течение которого возможна эвакуация населения из населенного пункта К, если он расположен на удалении 30 км от гидроузла, и время использования для эвакуации деревянного моста, расположенного на удалении 35 км от гидроузла;

характер разрушений в населенном пункте;

время начала спасательных работ с использованием плавсредств, имеющих скорость, допустимую для использования при скорости течения реки менее 1 м/с, и не плавающей техники;

границы возможных затоплений.

Оценка возможных последствий затопления и подготовка исходных данных для планирования мероприятий ГО по защите населения

Построение графика движения волны прорыва

На основе исходных данных участок реки протяженностью 45 км целесообразно разбить на два расчетных участка и три створа. Первый участок $L_1 = 25$ км ($i=0,0012$) и второй $L_2 = 20$ км ($i=0,001$). Первый створ-створ разрушенной плотины, второй створ - между 1-м и 2-м участками и третий створ - в конце второго участка.

Определяем параметры волны прорыва в створе полного разрушения гидроузла (1 створ):

а) Находим высоту волны прорыва $H_{В1}$

$$H_{В1} = 0,6 H - h_1 = 0,6 \cdot 42 - 3,2 = 22 \text{ м.}$$

б) Определяем время прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины (время полного опорожнения водохранилища). Для ориентировочного расчета коэффициента, характеризующего форму кривизны водохранилища, A принимаем равным 2. При параболической форме русла и поймы в 1 створе коэффициент $\mu = 0,6$

$$T_1 = \frac{W_B \cdot A}{3600 \cdot \mu \cdot B \cdot H \cdot \sqrt{H}} = \frac{72000000 \cdot 2}{3600 \cdot 0,6 \cdot 110 \cdot 42 \cdot \sqrt{42}} = 2,2 \text{ ч.}$$

Находим основные данные движения волны прорыва на первом участке и параметры, характеризующие ее во втором створе определяем:

а) время добегания волны до второго створа (t_1).

Для реки с хорошо разработанным руслом, с узкими поймами без больших сопротивлений, при уклоне дна $i=0,0012$ средняя скорость движения волны на первом участке равна $V_1 = 10$ км/ч (см. табл. 3.2).

$$t_1 = \frac{L_1}{V_1} = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ ч.}$$

б) высоту волны прорыва во втором створе ($H_{ВII}$).

Для этого в начале находим значение отношения времени добегания волны до второго створа t_1 ко времени полного опорожнения водохранилища T_1

$$\frac{t_1}{T_1} = \frac{2,5}{2,22} = 1,1 \text{ ч.}$$

Затем по таблице 3.3 находим соответствующие этому отношению значения других отношений:

Таблица 3.3

Значения отношений высоты волны прорыва и продолжительность ее прохождения через створ

t_1/T_1	$H_{ВII}/H_{ВI}$	T_{II}/T_1
0,00	1	1
0,1	0,9	1,1
0,25	0,8	1,3
0,4	0,7	1,5
0,55	0,6	1,6
0,7	0,5	1,7
0,95	0,4	1,9
1,25	0,3	2,2
1,5	0,3	2,6

Примечание:

1. При больших значениях t_1/T_1 ориентировочно можно принимать $H_{ВII}/H_{ВI} = 0,3$, а $T_{II}/T_1 = 2,6 - 3$.

2. Данные таблицы справедливы только для второго створа, при определении параметров волны в третьем створе t_1/T_1 заменяется отношением $t_2/T_{II} + t_1$, а в четвертом $t_3/T_{III} + t_1 + t_2$ и т.д.

Используя метод интерполяции, находим значения $H_{ВII}/H_{ВI}$ и T_{II}/T_I , соответствующие отношению $H_{ВII}/H_{ВI} = 0,35$ откуда

$$H_{ВII} = 0,35 \cdot H_{ВI} = 0,35 \cdot 22 = 7,7 \text{ м.}$$

в) время прохождения волны прорыва через второй створ. По таблице $T_{II}/T_I = 2,05$, откуда

$$T_{II} = 2,05 \cdot T_I = 2,05 \cdot 2,22 = 4,55 \text{ ч.}$$

Находим параметры волны прорыва при ее движении по второму расчетному участку и в третьем створе:

а) Определяем время добегания волны прорыва до третьего створа.

Протяженность расчетного участка 20 км (уклон дна реки $i=0,001$).

На реках со средними поймами без больших сопротивлений по таблице среднюю скорость движения волны принимаем 8 км/ч. При этих данных время добегания волны прорыва до третьего створа.

$$t_2 = \frac{L_2}{V_2} = \frac{20}{8} = 2,5.$$

б) Для определения высоты волны прорыва в третьем створе находим значение отношения

$$\frac{t_2}{T_{II} + t_1} = \frac{2,5}{4,55 + 2,5} = 0,355, \quad H_{В III} / H_{В II} = 0,73,$$

$$H_{В III} = 0,73 \cdot H_{В II} = 0,73 \cdot 7,7 = 5,6 \text{ м.}$$

в) Продолжительность прохождения волны прорыва через третий створ находим из отношения

$$T_{III}/T_{II} = 1,43; \quad T_{III} = 1,43 \cdot T_{II} = 1,43 \cdot 4,55 = 6,5 \text{ ч.}$$

Таким образом:

1. Параметры волны прорыва в створе разрушенного гидроузла:
высота волны прорыва $H_{ВI} = 22$ м;
время полного опорожнения водохранилища $T_I = 2,22$ ч.
2. Данные движения волны прорыва на первом участке (L_1) и параметры ее во втором створе:
время добегания волны до второго створа $t_1 = 2,5$ ч;
высота волны прорыва $H_{ВII} = 7,7$ м;
время прохождения волны через второй створ $T_{II} = 4,55$.
3. Данные движения волны прорыва на втором участке (L_2) и параметры ее в третьем створе:

время добегания волны прорыва до третьего створа $t_2 = 2,5$ ч;
высота волны прорыва $H_{ВШ} = 5,6$ м;
время прохождения волны через третий створ $T_{Ш} = 6,5$ ч.

По данным, полученным на основе расчета, строится график прохождения волны прорыва. При этом, целесообразно масштаб высоты прорыва взять крупнее по сравнению с вертикальным масштабом продольного профиля реки.

Используя построенный график (рисунок 3.4), определяем:

1. Время, в течение которого возможна эвакуация из населенного пункта.

Время, в течение которого возможна эвакуация, характеризуется временем добегания волны прорыва. Чтобы ответить на этот вопрос достаточно через точку с абсциссой 30 км на графике прохождения волны провести вертикальную прямую MN. Обозначив точки пересечения MN с линиями времени добегания В и времени прохождения волны N и снеся их на шкалу времени, нетрудно найти время прихода волны в створе населенного пункта К. Следовательно, для проведения эвакуационных мероприятий из н.п. К отводится 2,3 часа.

Используя положения п.1, можем определить, что мост, расположенный от населенного пункта в 35 км, можно использовать в течение 3,7 часа.

2. Время начала проведения спасательных работ в населенном пункте к

Определяем время начала спасательных работ с использованием плавсредств, способных передвигаться по водной преграде, скорость течения воды в которой не превышает 1 м/с. Для этой цели на графике движения волны на линии MN строим треугольник BCN, который отражает изменение высоты волны прорыва во времени в створе н.п. К. Сторона BC есть высота волны прорыва.

Для того, чтобы определить время, когда в волне скорость будет равна 1 м/с, используем следующую зависимость

$$V = V_B \left(\frac{H_{ВШ}}{h_{Ш}} \right)^{\frac{2}{3}}.$$

Рис. 3.4. График движения волны прорыва

В нашем случае $V_6 = 1$ м/с. Следовательно, $V = 1$ м/с, если выражение в скобках будет равно единице, а это возможно при $H_{В.н.п.} = h_{н.п.}$. По условию $h_{н.п.} = 32$ м.

Вернемся к графику движения волны и рассмотрим ΔBCN . Найдем точку на основании BN треугольника, где высота волны прорыва (по масштабу) будет равна 3,2 м. Таковой является точка D . Проведя проекцию этой точки на временную ось получим 5,5 часа. Следовательно, начало спасательных работ с использованием плавсредств возможно через 6,3 часа после разрушения гидроузла или через 4 часа после окончания эвакуации.

Определяем время начала спасательных работ с использованием наземных видов техники. Возможность использования наземных видов техники характеризуется временем прохождения хвоста волны прорыва и условиями проходимости местности после затопления. При удовлетворительных условиях проходимости местности, которые определяются по отдельным методикам, будем считать, что время начала спасательных и других неотложных работ в населенном пункте K характеризуется временем прохождения хвоста волны прорыва в створе н.п. K . По графику прохождения волны прорыва этому времени соответствует точка N . Проекция этой точки на временную ось соответствует 8 часам. Следовательно, через 8 часов после разрушения гидроузла для проведения спасательных и других неотложных работ в н.п. K возможно использование колесной и гусеничной техники.

Определяем границы возможного затопления местности. Для решения этой задачи необходимо знать высоту волн в рассматриваемом створе (участке) и поперечный разрез в этом створе русла и пойменной части реки. Для определения границы возможного затопления воспользуемся построенным ранее графиком движения волны прорыва и схемой участка местности.

Определение и нанесение на схему местности отдельных точек границы затопления производится следующим образом. Обычно начинают это дело со створа разрушенного гидроузла, а затем последовательно они определяются во всех расчетных створах. В расчетных створах к отметкам уровня воды в реке прибавляется снятая с графика движения волны прорыва высота волны ($H_{ВБ}$, $H_{ВП}$, $H_{ВШ}$ и т.д.). Получение отметки фиксируются по горизонталям в соответствующих створах на обоих берегах реки. Эти точки местности будут находиться на уровне воды во время прохождения волны прорыва, т.е. на границе зоны затопления. После того, как во всех створах на обоих берегах реки нанесены отметки, они соединяются пунктирной линией, образуя зону затопления. При этом граница зоны затопления должна пересекать горизонтالي местности под очень острым углом, а не проходить параллельно. Для более точного определения границ расчетные створы целесообразно выбирать как можно чаще. После нанесения границ по масштабу определяется ширина затоплений. В нашем случае затопления в створе I составляет 7500 м, в створе II - 8750 м и в створе III - 9000 м.

Зона чрезвычайно опасного затопления находится в 2500 м от гидроузла (из расчета движения волны в течение 15 минут).

Зона опасного затопления находится в 10 км от гидроузла (из расчета движения волны в течение 1 часа после разрушения гидроузла).

Оценка разрушений в зонах затопления

Степень разрушения зданий и сооружений под воздействием гидропотока волны прорыва определяется величиной удельной волновой нагрузки. Здания и сооружения подвергаются - в зависимости от величины удельной волновой нагрузки - слабому, среднему, сильному и полному разрушению.

Зная высоту волны и скорость движения гребня волны, степень разрушения может быть определена по таблице 3.4.

Таблица 3.4

Степени разрушения зданий и сооружений в зависимости от динамического напора волны прорыва

Характеристика зданий и сооружений	Разрушения					
	полные и сильные		средние		слабые	
	V	h	V	h	V	h
1	2	3	4	5	6	7
Сборные деревянные жилые дома	3	2	2,5	1,5	1	1
Деревянные дома (1-2 этажа)	3,5	2	2,5	1,5	1	1
Кирпичные малоэтажные здания (1-3 этажа)	4	2,4	3	2	2	1
Промышленные здания с легким металлическим каркасом и здания бескаркасной постройки	5	2,5	3,5	2	2	1,5
Кирпичные дома средней этажности (4 этажа)	6	3	4	2,5	2,5	1,5
Промышленные здания с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом (стены из керамзитовых панелей)	7,5	4	6	3	3	1,5
Бетонные и железобетонные здания, здания антисейсмической конструкции	12	4	9	3	4	1,5
Стенки, набережные и пирсы на деревянных сваях	4	6	2	4	1	1
Стенки, набережные и пирсы напряженной конструкции с заполнением камнем	5	6	3	4	1	1
Стенки, набережные и пирсы на железобетонных и металлических сваях	6	6	3	4	1	2
Стенки, набережные, молы, волноломы из кладки массивов	7	6	4	4	2	2
Оборудование портов и промышленных предприятий						
Станочное оборудование	3	2	2	2	1	1
Оборудование химических и электротехнических цехов и лабораторий	4	1,5	3	1,5	1	1
Стапели и стапельные места судостроительных и судоремонтных заводов	4	4	3	3	2	1

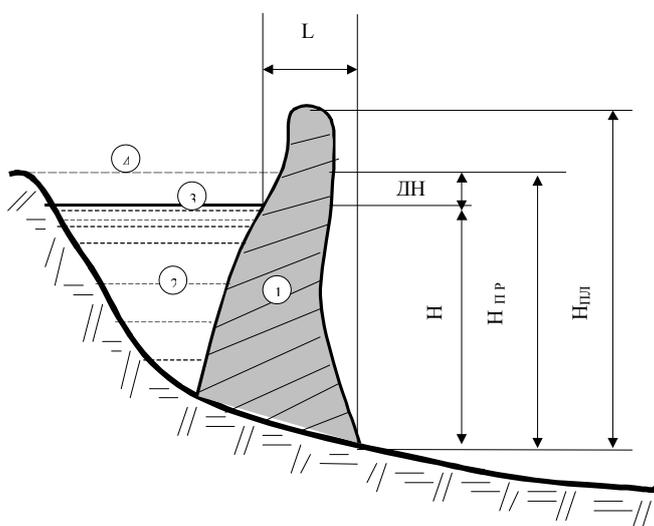
1	2	3	4	5	6	7
Трансформаторно-понижительные подстанции	5	2	4	2	2	1
Крановое оборудование: порталный кран грузоподъемностью						
5 т	6	4	6	2	2	1,5
10 т	8	5	6	2	2	2
16 т	8	6	6	3	2	2
мостовой перегружатель						
16 т	10	9	6	4	2	2
Мосты, дороги и транспортные средства						
Деревянные мосты (поток выше проезжей части)	1	2	1	1,5	0	0,5
Железобетонные мосты	2	3	1	2	0	0,5
Металлические мосты и путепроводы с пролетом 30-100 м	2	3	1	2	0	0,5
То же с пролетом более 100 м	2	2,5	1	2	0	0,5
Железнодорожные пути	2	2	1	1	0,5	0,5
Дороги с гравийным (щебеночным) покрытием	2,5	2	1	1,5	0,5	0,5
Шоссейные дороги с асфальтовым и бетонным покрытием	4	3	2	1,5	1	1
Автомобили	2	2	1,5	1,5	1	1
Подвижной железнодорожный состав	3,5	3	3	1,5	1,5	1
Плавучие средства						
Мелкие речные суда, катера с осадкой не менее 2 м	5	2	4	1,5	2	1,5
Вспомогательные суда (плавкраны, землечерпательные снаряды и т.д)	7	2	4	1,5	2	1,5
Крупные речные пассажирские и грузовые суда (с осадкой более 2,5 м)	9	2	5	1,5	3	1,5
Плавдоки	8	2	5	1,5	3	1,5
Плавучие причалы	9	2	6	2	3	2

Длительности затопления определяется по графику (рис.3.4) временем прихода хвоста волны.

3.3. Прогнозирование процесса движения и трансформации селевого потока

1. Прорывной сель

Расчетная схема:



1 - ледник; 2 - озеро; 3 - уровень воды к началу прогноза; 4 - расчетный прорывной уровень;
 L - кратчайшее расстояние по горизонтали между основными перемычками и границей поверхности воды в озере;
 H_{пл} - высота плотины (ледника);
 H_{пр} - глубина озера в момент прорыва;
 H - глубина озера на момент прогнозирования;
 ΔH = H_{пр} - H

К основным характеристикам процесса движения и трансформации селевого потока относятся: максимальный расход Q_c , объем выносов W_c , скорость селевого потока V_c и дальность продвижения селевого потока L_c .

Для определения максимального расхода селевого потока можно воспользоваться следующей зависимостью

$$Q_c = (1 + 0,1 \cdot l \cdot \sin^2 \alpha) \cdot Q^n, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.65)$$

где l - длина селевого очага, м;

α - уклон селевого очага, град;

Q^n - максимальный расход селеобразующего паводка, $\text{м}^3/\text{с}$, который определяется

$$Q^n = k \cdot S \cdot H_{\text{пл}}^{3/2} \cdot t / L, \quad (3.66)$$

где S - площадь водной поверхности озера на уровне 80% высоты плотины, м^2 ;

t - температура воды в озере, $^{\circ}\text{C}$;

k - коэффициент равный $6,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{1/2}/(\text{с} \cdot \text{градус})$.

Объем селевого потока рассчитывается по формуле

$$W_c = (1 + 0,12 \cdot l \cdot \sin^2 \alpha) \cdot W^n, \text{ м}^3, \quad (3.67)$$

где W^n - объем водного паводка, который определяется:

для озера, подпруженного ледником $W_{л}^n = 0,2 \cdot S \cdot H_{пл},$ (3.68)

для завального озера $W_3^n = 0,25 \cdot S_m \cdot H_{пл},$ (3.69)

для моренного западинного озера $W_{мз}^n = 5,5 \cdot 10^{-2} \cdot S_m^{3/2},$ (3.70)

для моренного термокарстового озера $W_{мт}^n = 0,1 \cdot S_m^{3/2}.$ (3.71)

где S_m - площадь водной поверхности озера при максимальном заполнении, m^2 .

Скорость продвижения селевого потока можно определить по формуле

$$V_c = 11,4 \sqrt{h} \cdot \sqrt[3]{u_o \cdot \sin \alpha}, \text{ м/с}, \quad (3.72)$$

где U_o - относительная гидравлическая крупность вовлекаемых в поток каменных материалов; $U_o = 0,7-1,0$;

α - средний угол наклона селевого русла, град;

h - средняя глубина потока, м.

Для оперативной оценки величины h обычно принимают: для маломощного потока 1-1,5 м, среднемощного - 2-3 м; мощного потока 3-5 м.

Дальность продвижения селей определяется в два этапа.

На первом этапе рассчитывается дальность продвижения селевого потока в долине реки

$$L_1 = 12,1 W_{ci} / (dB), \text{ м}, \quad (3.73)$$

где i - средний уклон долины;

d - средний диаметр анкирующих обломков, принимаемый: для селевых врезов 0,5-0,8 м, для рытвин 0,3-0,4 м, и для очагов рассредоточенного селеобразования 0,1-0,2 м;

B - среднее расстояние между селевыми береговыми валами.

На втором этапе рассчитывается дальность продвижения селевого потока на конусе выноса, при условии, что $L_1 > L_D$

$$L_2 = \sqrt{36,6 \cdot (W_c - d \cdot B \cdot L_D) \cdot i_k / d}, \text{ м}, \quad (3.74)$$

где i_k - средний уклон конуса выноса;

L_D - расстояние от конца селевого потока (очага) до вершины конуса выноса, м,

при условии $L_1 > L_D$, то $L_c = L_1$;

$$L_1 < L_D, \text{ то } L_c = L_D + L_2 \quad (3.75)$$

где L_c - дальность продвижения селя, м.

2. Сель от дождевого паводка

Величина максимального расхода дождевого паводка в зависимости от высоты слоя заданной обеспеченности рассчитывается по формуле

$$Q^d = k_c \cdot H_1 \cdot \lambda \cdot F, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.76)$$

где k_c - коэффициент дождевого стока, определяемый по таблице 3.6.

Таблица 3.6

Значение коэффициента дождевого стока и переходного коэффициента λ для различных районов

Районы	Величина λ , % при вероятности превышения, равной P, %				$k_c \cdot 10^{-3}$, с^{-1}
	0,1	1,0	5,0	10	
Северный Кавказ	1,4	1,0	0,75	0,6	4,2
Восточная Сибирь	1,5	1,0	0,7	0,56	2,52

λ - переходный коэффициент от слоев дождевого стока 1%-ной обеспеченности к слоям стока другой вероятности;

F - площадь водосбора, км²;

H_1 - максимальный суточный слой осадков 1%-ой обеспеченности, определяемой по данным ближайшей метеостанции.

Максимальный расход селевого потока от дождевого паводка определяется

$$Q_c^d = (1 + 0,1 \cdot \sin^2 \alpha) \cdot Q^d, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.77)$$

Объем водного паводка, вытекающего при выпадении осадков слоем заданной обеспеченности, определяется

$$W^d = 9,5 \cdot 10^2 \cdot H_1 \cdot \lambda \cdot F, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.78)$$

Остальные показатели определяются по вышеуказанным зависимостям.

Расчетное давление селевого потока на плоскую преграду в зависимости от скорости и глубины определяется суммированием гидростатических и динамических давлений.

Гидростатическое (статическое) давление селя на сооружение не зависит от его формы и ориентации и определяется только плотностью и глубиной селевого потока.

Гидростатическое (статическое) давление по глубине потока распределяется линейно увеличиваясь с глубиной. Поэтому при расчетах целесообразно пользоваться средним статистическим давлением на половинной глубине селя

$$P_{c, \text{cp}} = 0,5 \cdot g \cdot \rho \cdot h \quad (3.79)$$

где $P_{c, \text{cp}}$ - среднее статистическое давление селевого потока на сооружение;

ρ - плотность потока, кг/м³;

g - ускорение свободного падения, 9,8 м/с²;

h - глубина селевого потока, м.

Динамическое давление селя на сооружение зависит от плотности, скорости и угла встречи селя с преградой.

При движении селя скорости частиц (массовая скорость) у дна меньше, чем в средней и верхней части потока.

Однако различие невелико и им можно пренебречь. Следовательно, можно считать, что поток движется с равномерной по глубине скоростью

$$P_g = 0,5 C \cdot \rho \cdot V_c^2, \quad (3.80)$$

где P_g - динамическое давление селя на преграду (давление скоростного напора селя);
 C - коэффициент взаимодействия потока селя с преградой ($C = \sin^2 \alpha$, для случая действия селевого потока на нормали к преграде ($\alpha = 90^\circ$), когда давление будет максимальным, $C = 1$); α - угол величины встречи потока с преградой;
 V_c - скорость продвижения селевого потока, м/с, которая может быть определена по эмпирической зависимости

$$V_c = 11,4 \cdot k \sqrt{h}, \quad (3.81)$$

где k - коэффициент, учитывающий относительную гидравлическую крупность вовлекаемых в поток каменных материалов и средний угол наклона селевого русла.

Если провести анализ получаемого динамического давления по зависимости (3.80), то можно сделать вывод, что угол встречи оказывает значительное влияние на величину этого давления. Так, например, при скорости потока 5 м/с, плотностью 1500 кг/см³, при $\alpha=90, 45$ и 30° динамическое давление составляет соответственно 0,0187; 0,0938 и 0,0469 МПа, т.е. при 45° давление упало вдвое, а при 30° - более чем в четыре раза. Однако для суммарного давления потока на преграду угол встречи оказывает значительно меньшее влияние, поскольку для глубины потока более одного метра вклад статического давления превышает динамическую составляющую.

Из вышесказанного следует, что суммарная смещающая сила, действующая на объект, может быть определена

$$N = F(P_{c,sp} + P_g) \quad \text{или} \quad N = F(0,5 g \cdot \rho \cdot h + 0,5 C \cdot \rho \cdot V_c^2), \quad (3.82)$$

где F - площадь проекции обтекаемой части объекта на плоскость, перпендикулярную направлению движения селя, м².

Для оценки ожидаемого характера повреждений и разрушений различных зданий и сооружений необходимо определить суммарную нагрузку, действующую на объект и сравнить с данными таблицы 3.7.

Прогнозирование времени до начала прорыва озера, подпруженного ледником базируется на оценке достижения уровня воды 80 - 85 % высоты перемычки ($H_{пл}$). Для этого необходимо определить суточный подъем уровня воды в озере (Δh), разность высотных отметок между уровнями 4 и 3 (см. расчетную схему), площадь водной поверхности (S) к моменту прорыва. При наличии этих данных время (Δt) до начала прорыва можно определить по следующей зависимости

Таблица 3.7

Степени повреждения объектов при воздействии селевых потоков

Объекты	Разрушение	Сильное повреждение	Среднее повреждение	Слабое повреждение
1	2	3	4	5
Здания со стальными и железобетонными каркасами	0,90...1,50*	0,75...0,90	0,75...0,81	0,45...0,81
Здания с легким металлическим каркасом или бескаркасной конструкции	0,75...1,05	0,45...0,75	0,30...0,45	0,15...0,30
Здания из сборного железобетона	0,60...1,90	0,45...0,60	0,30...0,45	0,15...0,30
Кирпичные здания, бескаркасные, с покрытием из железобетонных элементов, малоэтажные	0,68...0,98	0,53...0,68	0,30...0,53	0,20...0,30
Тоже многоэтажные (три этажа и более)	0,53...0,68	0,38...0,53	0,23...0,38	0,15...0,23
Склады-навесы из железобетонных элементов	1,50...1,60	1,20...1,50	0,53...1,20	0,30...0,53
Административные многоэтажные здания с металлическим и железобетонным каркасом	0,75...0,90	0,60...0,75	0,45...0,60	0,30...0,45
Деревянные здания	0,30...0,45	0,18...0,30	0,12...0,18	0,09...0,12
Здания фидерной и трансформаторной подстанции из кирпича или блоков	0,90...1,20	0,60...0,90	0,30...0,60	0,15...0,30
Здания ГЭС (монолитный железобетон)	4,50...5,00	3,00...4,50	1,50...3,00	0,75...1,50
Наземные стальные газгольдеры, резервуары для хранения нефте- и химпродуктов	0,60...0,68	0,45...0,6	0,30...0,45	0,23...0,30
Тоже частично заглубленные	1,50...1,60	1,20...1,50	0,75...1,20	0,45...0,75
Стальные и железобетонные подземные резервуары для нефте- и химпродуктов	3,00...3,20	1,50...3,00	1,05...1,50	0,60...1,05
Водонапорные башни	0,90...0,98	0,60...0,90	0,30...0,60	0,15...0,30
Воздушные линии низкого напряжения	2,50...2,60	1,50...2,50	0,90...1,50	0,60...0,90
Тоже высокого напряжения	1,05...1,13	0,75...1,05	0,45...0,75	0,38...0,45
Подземные стальные трубопроводы диаметром до 35 см.	30,00...34,00	23,00...30,00	15,00...23,00	9,00...15,00
Тоже , свыше 35 см.	15,00...18,00	9,00...15,00	5,50...9,00	3,00...5,50
Подземные чугунные и керамические трубопроводы	30,00...33,00	15,00...30,00	9,00...15,00	3,00...9,00
Трубопроводы на металлических и железобетонных эстакадах	0,75...0,90	0,60...0,75	0,50...0,60	0,30...0,50

1	2	3	4	5
Заглубленные сети коммунального хозяйства (водопровод, газопровод, канализация)	23,00...25,00	15,00...23,00	6,00...15,00	2,50...6,00
Радиорелейные линии телефонно-телеграфной связи	1,80...1,90	1,05...1,80	0,75...1,05	0,45...0,75
Воздушные линии телефонно-телеграфной связи	1,50...1,70	0,90...1,50	0,60...0,90	0,30...0,60
Кабельные подземные линии связи	1,60...1,80	1,00...1,60	0,65...1,00	0,40...0,65
Мосты из металла и железобетона пролетом до 50 м.	3,80...4,50	3,00...3,80	2,30...3,00	1,50...2,30
Деревянные мосты	2,50...3,00	1,60...2,50	0,90...1,60	0,60...0,90
Земляные плотины	15,00...20,00	12,00...15,00	10,00...12,00	3,00...10,00
Бетонные плотины	150	75,00...140,00	30,00...75,00	15,00...30,00

* Указано суммарное давление селевого потока (10^5 Па)

$$\Delta t = 0,5 \cdot \left(1 + \frac{S}{S_H}\right) \cdot \frac{\Delta H}{\Delta h}, \quad (3.83)$$

где S_H - площадь зеркала озера к началу прогноза.

Методика возможного прорыва моренных озер основывается на данных метеостанций о высоте нулевой изотермы, среднесуточных температурах воздуха текущего года и за многолетний период и предусматривает определение следующих величин:

1. Сумма T_N среднесуточных температур t_i за период с 1 мая текущего года на дату выдачи прогноза

$$T_N = \sum_{i=1}^N t_i, \quad (3.84)$$

где N - порядковый номер даты выдачи прогноза. Дата 1 мая соответствует $N=1$.

2. Сумма \bar{T}_N среднесуточных температур T_{Nj} за период с 1 мая на дату выдачи прогноза по многолетним данным

$$\bar{T}_N = \frac{1}{N \cdot \sum_{j=1}^M T_{Nj}}, \quad (3.85)$$

где M - число лет наблюдений.

3. Сумма T_N^* среднесуточных температур за 10 суток, предшествующих дате прогноза

$$T_N^* = \sum_{i=N-10}^N t_i. \quad (3.86)$$

4. Сумма \bar{T}_N^* среднесуточных температур T_{Nj}^* за многолетний период

$$\bar{T}_N^* = \sum_{i=1}^V T_{Nj}^*. \quad (3.87)$$

5. Высота нулевой изотермы H_N в день выдачи прогноза.

6. Сумма высот нулевой изотермы \bar{H}_N соответствующая дню выдачи прогноза, по многолетним наблюдениям

$$\bar{H}_N = \frac{1}{M \cdot \sum_{j=1}^M H_{Nj}}. \quad (3.88)$$

Прогноз “Прорыв озера возможен” выдается, если выполняются одновременно три неравенства

$$\begin{aligned} 1,08 \cdot \bar{T}_N &< T_N; \\ 1,1 \cdot \bar{T}_N^* &< T_N^*; \\ 1,15 \cdot H_N &< H_N. \end{aligned}$$

3.4. Расчет основных параметров лавин

Основными параметрами при планировании и выполнении работ по ликвидации схода лавин, являются: количество и площадь лавинных очагов; сроки начала и окончания авиноопасного периода; объем лавин; скорость движения; дальность выброса и сила удара; высота лавинного потока.

Количество и площадь лавинных очагов могут быть определены по топографической карте (масштаб 1:25000 ... 1:50000), по рельефу местности или на основе данных разведки и ближайших метеостанций.

Сроки начала и окончания лавиноопасного периода определяют по периоду залегания устойчивого снежного покрова (по данным метеостанций) с учетом вертикального градиента, составляющего примерно 6...7 дней на 200-250 м высоты.

Степень устойчивости снежных масс оценивают показателем $k_y = \tau_y / \tau$, где τ_y - предельное сопротивление сдвигу в плоскости возможного скольжения, τ - касательное напряжение в этой плоскости от собственного веса снега. Возникновение лавин возможно при $k_y < 4$, а при $k_y < 1$ - неизбежно.

Объем лавин рассчитывается по формулам

$$V_{\max} = S \cdot h_{\max}; \quad V_{\text{ср}} = k \cdot S \cdot h_{\text{ср}}, \quad (3.89)$$

где S - лавиноактивная площадь;

$h_{\text{ср}}, h_{\max}$ - средняя и максимальная высота снежного покрова в очаге (по многолетним данным);

$k \approx 0,5$ - эмпирический коэффициент.

Скорость лавины определяется по формуле

$$U = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_c}, \quad (3.90)$$

а динамическое давление на поверхность препятствия, расположенного перпендикулярно направлению движения лавины, равно

$$p_n = k_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 = 2 \cdot \rho \cdot g \cdot h_c, \quad (3.91)$$

где ρ - плотность лавинного снега, кг/м^3 , принимаемая равной 300 кг/м^3 для лавины из свежеснежавшего снега, 400 кг/м^3 для лавины из старого снега, 500 кг/м^3 для лавины из мокрого снега;

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

h_c - высота лавинного снега перед препятствием, которая определяется путем построения поперечного разреза лавинного очага по траектории движения лавины (рис. 3.5).

Суммарная нагрузка на препятствие типа столбов при их обтекании лавиной определяют по формуле

$$N = 0,5 \cdot \rho \cdot U^2 \cdot S, \quad (3.92)$$

где S - площадь проекции обтекаемого препятствия на плоскость, перпендикулярную направлению движения лавины, m^2 .

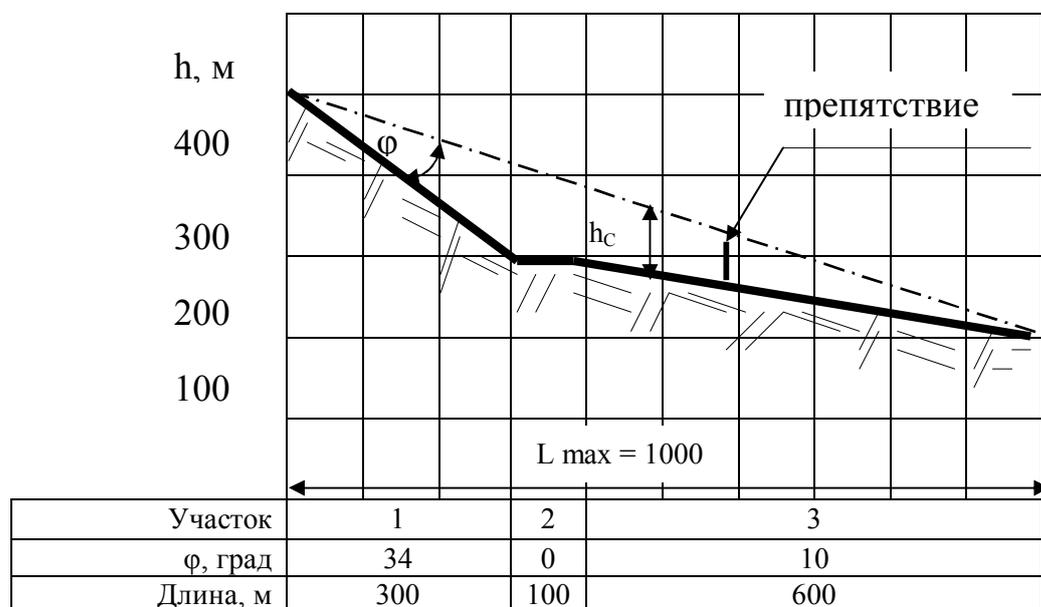


Рис. 3.5. Схема определения высоты лавинного снега перед препятствием

3.5. Прогнозирование оползней

Большую часть потенциальных оползней можно предотвратить, если своевременно принять меры в начальной стадии их развития. Среди различных мероприятий особенно важное значение имеют контроль и прогнозирование оползневых процессов. Они необходимы для расположения объектов в безопасных местах; своевременного предупреждения возникновения новых или предотвращения опасной величины и скорости смещения уже существующих оползней; выявления необходимости борьбы с оползнями или возможности эксплуатации объектов без укрепления склона.

Для предотвращения возникновения оползней необходимо организовать контроль за состоянием склонов и соблюдением охранно-противооползневого режима, а также проводить комплекс противооползневых мероприятий с учетом гидрогеологических условий и характеристики оползневого участка. Необходимые для этого данные наносят на крупномасштабные карты. На них должны быть указаны: устойчивость склонов; возможность производства земляных работ; гидрогеологические условия района; возвышенности и косогоры; места расположения стоков, дренажных бассейнов, затопляемых участков и распределение подземных вод. На эти же карты наносят места прошлых оползней и рай-

оны возможного оползания. К карте прилагается пояснительная записка с подробным описанием оползневого района (участка).

Теоретический прогноз оползней достаточно сложный, как правило, производится специалистами оползневых станций (по данным многолетних наблюдений) и может быть только вероятностным. Принципиальная схема вероятностного прогноза возникновения нового оползня на естественном склоне в заданном районе и в заданный период времени T (по Е.П.Емельянову) состоит в следующем:

1. Получение исходных данных:

Определяют среднюю годовую величину коэффициента K_{cp}^H устойчивости данного склона в настоящее время (т.е. на начало периода T), под которым понимают отношение суммарного сопротивления сдвигу вдоль какой-либо потенциальной поверхности скольжения к сумме сдвигающих усилий вдоль этой поверхности

$$K_{cp}^H = \sum C_i \Delta l_i / \sum \tau_i \Delta l_i, \quad (3.93)$$

где C_i - сопротивление сдвигу на i -ом участке,
 τ_i - касательная напряжения,
 l_i - абсолютная деформация.

Рассчитывают среднюю скорость необратимых изменений коэффициента устойчивости склона (за год в настоящее время и ее прогноз на период T) $K_{cp} = f(T)$.

Определяют зависимость амплитуды A обратимых колебаний коэффициента устойчивости склона от показателей F соответствующих факторов - $A = f(\Sigma F)$.

Рассчитывают среднюю величину годовой амплитуды A_{cp} отрицательного отклонения коэффициента устойчивости склона и вероятной максимальной ее величины A_{max} за период T .

2. Анализ данных:

Определяют возможность оползня; конечная средняя годовая величина коэффициента устойчивости склона K_{cp}^K в конце прогнозируемого периода T составит $K_{cp}^K = K_{cp}^H - T \times \Delta K_{cp}$,

если $K_{cp}^K - A_{max} > 1$ - оползень маловероятен;

$K_{cp}^K - A_{max} < 1$ - оползень возможен;

$K_{cp}^K - A_{cp} < 1$ - вероятность оползня очень велика.

Рассчитывают вероятное время $t_{оп}$ смещения оползня (лет от начала прогнозируемого периода), т.е. наиболее вероятно смещение оползня в этот период по формуле

$$\text{от } (K_{cp}^H - A_{max} - 1) / \Delta K_{cp} \text{ до } (K_{cp}^H - A_{cp} - 1) / \Delta K_{cp}. \quad (3.94)$$

Пример.

Определить вероятное время возникновения оползня в горизонтальных склонах.

Исходные данные:

Прогнозируемый период $T = 50$ лет; значение среднего начального коэффициента устойчивости склона $K_{cp}^H = 1,27$. Сравнительно равномерный подмыв подошвы склона и сопутствующие процессы обуславливают среднее годовое уменьшение коэффициента его устойчивости $\Delta K_{cp} = 5 \times 10^{-3}$; среднее годовое отрицательное отклонение коэффициента устойчивости склона в результате колебаний его водонасыщения и перегрузки основания наносами $A_{cp} = \pm 3 \times 10^{-2}$.

Максимальное негативное отклонение коэффициента устойчивости склона за 50 лет (соответствующее наиболее неблагоприятному сочетанию факторов в течение года 2%-й обеспеченности) $A_{max} = -0,1$.

Р е ш е н и е. Наиболее вероятное смещение оползня по формуле 3.94 следует ожидать в период

$$\text{от } (1,27 - 0,10 - 1,0)/0,005 \text{ до } (1,27 - 0,03 - 1,0)/0,005$$

т.е. через 34...48 лет. Следовательно, возведение на этом склоне объекта со сроком амортизации 50 лет и более, требует дополнительного проведения противооползневых мероприятий. Тем не менее временные (рассчитанные на 10...15 лет) объекты в настоящее время и в ближайшие годы возводить можно.

На практике обычно заблаговременно выявляют условие, изменение которого способно вызывать оползни участка склона, и выполняют все противооползневые мероприятия, повышающие устойчивость пород. Для этого в пределах выявления причин возникновения оползневых смещений, изучения их динамики и определения противооползневых мероприятий наблюдение ведут специальные посты со специалистами оползневых станций, в задачу которых входит контроль: за колебанием уровней воды в колодцах дренажных сооружений, в буровых скважинах, реках, озерах и водохранилищах; за режимом подземных вод; скоростью и направлением оползневых смещений; выпадением и стоком атмосферных осадков. На наиболее ответственных участках такие посты оборудуют створы глубинных реперов и наблюдают за ними. В качестве реперов обычно используют буровые штанги длиной 2...2,5 м. В районах глубокого промерзания штанги-реперы устанавливают на глубину до 3 м и заливают раствором цемента. Особенно внимательно наблюдение за реперами ведут в осенне-весенний период, когда выпадает наибольшее количество осадков (являющихся одной из основных причин возникновения оползней).

На основании анализа результатов проведенных наблюдений выявляют оползневые районы и выполняют противооползневые работы на тех участках, где зафиксировано смещение пород.

3.6. Прогнозирование заторов и зажоров

Целью прогнозирования заторов (зажоров) является определение максимального заторного (зажорного) уровня воды и даты его наступления.

Предварительная стадия прогнозирования включает оценку возможности образования затора (зажора). Для этого по картам определяют затороопасные (зажороопасные) участки, ориентировочные величины подъемов заторных (зажорных) уровней воды и повторяемость заторов (зажоров).

Прогноз максимальных заторных уровней воды и другие необходимые сведения запрашиваются в территориальных управлениях гидрометеослужбы и контроля природной среды (УГКС).

Для определения возможностей преодоления водной преграды на затороопасных участках организуются аэровизуальные и наземные наблюдения. По величинам максимальных заторных (зажорных) уровней воды определяют возможную зону затопления, которую наносят на топографическую карту. Прогнозирование заторов (зажоров) льда может осуществляться как при наличии данных гидрометеорологических наблюдений, так и при их отсутствии.

Для прогнозирования максимального заторного уровня воды по данным метеорологических наблюдений необходимо знать расход воды, температуру воздуха и сведения о ледовой обстановке. По этим данным строят совмещенные хронологические графики расходов и уровней воды для ряда гидрологических постов, позволяющие иметь сведения о ледовых фазах при наличии и отсутствии ледовых явлений. По материалам ледемерных съемок, которые производятся либо механическим бурением, либо с помощью радиолокационных приборов типа "Лед", "Ледостав" и т.п. строят продольные профили ледяного покрова. По этим же данным составляют схемы ледовой обстановки на главной реке и ее протоках. В результате анализа колебаний уровней воды устанавливают места и сроки образования заторов и зажоров, а также определяют уровни подъема воды. Данные о максимальных уровнях воды составляют по результатам многолетних наблюдений за максимальными расходами и уровнями воды при заторах (зажорах).

При отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений исходными данными являются: уровни и расходы воды; уклоны водной поверхности; глубина и скорости течения, а также ширина открытого русла. Уклон, глубину и ширину русла определяют промерами и нивелировкой урезов воды и берегов. Скорость течения можно измерить или рассчитать, а расход воды определить по формуле

$$Q = V w, \quad (3.95)$$

где V - средняя скорость течения в створе, м/с;
 w - площадь поперечного сечения русла, м².

Средняя скорость течения в створе может быть вычислена по формуле (3.96)

$$V = \frac{1}{n} \cdot h^{2/3} \cdot j^{1/2}, \quad (3.96)$$

где n - коэффициент шероховатости;
 h - средняя глубина русла, м;
 J - уклон водной поверхности.

Для проведения измерений необходимо организовать временные водомерные посты. Время перемещения кромки ледяного покрова определяют по средним многолетним данным вскрытия, сведения о которых имеются в справочнике "Основные гидрологические характеристики". Для прогноза используют зависимости максимального заторного (зажорного) уровня воды от расхода воды у кромки ледяного покрова и средней температуры воздуха.

Заблаговременность прогноза для узких горных рек может составлять от нескольких часов - по мере увеличения длины реки и уменьшения уклона - до нескольких суток, а на крупных долинных реках - 15...20 сут.

Контрольные вопросы:

Основные характеристики волны прорыва?

Основные положения по определению параметров волны прорыва?

Порядок построения графика движения волны прорыва?

Основные положения по определению показателей обстановки с использованием графика движения волны прорыва?

Основные положения прогнозирования паводкового наводнения?

Основные положения расчета сил аварийно-спасательных работ при наводнениях?

Основные положения расчета сил аварийно-восстановительных работ?

Основные положения по прогнозированию процесса движения селевого потока?

Основные положения расчета параметров лавин?

Основные положения по прогнозированию оползней?

Основные положения по прогнозированию заторов и зажоров?

ГЛАВА 4. ОБСТАНОВКА В РАЙОНАХ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

4.1. Интенсивность сейсмического воздействия при землетрясениях

К числу наиболее опасных стихийных бедствий относятся землетрясения.

Внезапность в сочетании с огромной разрушительной силой колебаний земной поверхности часто приводят к большому числу человеческих жертв и значительному материальному ущербу.

При этом необходимо отметить, что важный вклад в количество спасенных людей несут предельно сжатые сроки выполнения спасательных работ, так как через сутки после землетрясения 40 % числа пострадавших, получивших тяжелые травматические повреждения, относятся к безвозвратным потерям, через 3 суток - 60 %, а через 6 суток - 95 %. Данная статистика свидетельствует о необходимости проведения спасательных работ по извлечению людей из завалов как можно быстрее. Даже при массовых разрушениях спасательные работы необходимо завершить в течение 5 суток.

Исходя из вышесказанного, для эффективной организации АСНДР необходимо сразу после воздействия землетрясения оценить объем возможных разрушений, определить состав сил и средств, необходимых для проведения спасательных работ в нормативно отведенные сроки, приступить к их вводу в районы выполнения задач. Затем, по мере поступления данных разведки, уточнить требуемое количество сил и средств.

Остановимся на некоторых основных понятиях, необходимых для решения задачи оценки обстановки в районах действия разрушительных землетрясений.

Землетрясение проявляется в форме колебания грунта и эффективность его воздействия на внешнюю среду и, в частности, на здания количественно оценивается интенсивностью (J) по двенадцатибальной шкале. В России и ряде европейских стран используется Международная модифицированная сейсмическая шкала MMSK - 86. Интенсивность землетрясения не измеряется приборами. Для ее определения необходимо исследовать пострадавший район - выявить степень повреждения зданий, дорог, горных склонов, изменения земной поверхности - всего того, что могло испытать на себе воздействие землетрясения, включая реакцию людей и животных. Существуют специальные бланки, которые рассылаются в районы землетрясений для сбора данных. Карточки с занесенными данными о землетрясении обрабатываются и на основе этого, используя шкалу MMSK - 86, оценивается значение интенсивности подземных толчков в различных пунктах района бедствия.

Таким образом, интенсивность землетрясений является величиной относительной и зависит от эпицентрального расстояния (чем ближе к очагу, тем выше интенсивность), глубины очага (меньше глубина - больше интенсивность), а также от других условий (высокое залегание грунтовых вод и рыхлых пород способствует усилению бальности).

Существует объективная мера величины землетрясения – магнитуда. Чем сильнее амплитуда сейсмической волны, тем больше магнитуда землетрясения. Идею магнитуды воплотил в жизнь профессор Калифорнийского технологического института Рихтер. Шкала магнитуд Рихтера основана на инструментальных данных, т.е. на записях землетрясений сейсмографами, способными уловить очень слабые сотрясения почвы с амплитудами всего несколько микрон.

Согласно Рихтеру, магнитуда толчка есть логарифм выраженной в микронах максимальной амплитуды записи этого толчка, сделанной стандартным короткопериодным крутильным сейсмометром на расстоянии 100 км от эпицентра. Так как сейсмометры могут размещаться на различном расстоянии от эпицентра землетрясения, то для каждой сейсмостанции имеются соответствующие методики расчета. Сильнейшее, из когда – либо зарегистрированных землетрясений имеет магнитуду 8,9.

Между магнитудой M и интенсивностью землетрясений J в баллах существует аналитическая зависимость, которая в литературе известна как формула макросейсмического поля земли

$$J = B \cdot M - C \cdot \lg \sqrt{D^2 + H^2} + E, \quad (4.1)$$

где D - эпицентральное расстояние, км;

H - глубина очага, км;

M - магнитуда землетрясений;

B, C, E – региональные константы.

Значения коэффициентов B, C, E в уравнении (4.1) могут быть различными для конкретных регионов. Если значения констант неизвестны, они могут быть приняты равными $B=1,5; C=3,5; E=3,0$. Этой формулой пользуются при прогнозировании последствий случившегося землетрясения.

Для заблаговременного прогнозирования используется, как правило, карта общего сейсмического районирования территории России ОСР-78. Индексы 1, 2, и 3 возле номиналов в зонах бальности отражают повторяемость сейсмических землетрясений возможной интенсивности один раз в 100, 1000 и 10000 лет ($7_1, 7_2, 7_3, 8_1, 8_2, 8_3, 9_1, 9_2, 9_3$).

В настоящее время составлены карты ОСР-97, которые представлены в виде трех отдельных карт и отражают повторяемость сейсмических землетрясений возможной интенсивности один раз в 500, 1000 и 10000 лет. Они получили соответственно названия: ОСР-97-А (для общего строительства); ОСР-97-В (для строительства опасных объектов) и ОСР-97-С (для строительства особо опасных объектов, типа атомных станций).

4.2. Классификация зданий и характеристика их разрушения

Классификация зданий

При проведении расчетов по определению последствий землетрясения целесообразно пользоваться классификацией зданий, приведенной в сейсмической шкале ММСК - 86.

В соответствии с этой шкалой зданий разделяются на две группы:
здание и типовые сооружения без антисейсмических мероприятий;
здание и типовые сооружения с антисейсмическими мероприятиями.

Здания и типовые сооружения без антисейсмических мероприятий разделяют на типы:

А 1 - Местные здания. Здания со стенами из местных строительных материалов: глинобитные без каркаса; саманные или из сырцового кирпича без фундамента; выполненные из окатанного или рваного камня на глиняном растворе и без регулярной (из кирпича или камня правильной формы) кладки в углах и т.п.

А 2 - Местные здания. Здания из самана или сырцового кирпича, с каменными, кирпичными или бетонными фундаментами; выполненные из рваного камня на известковом, цементном или сложном растворе с регулярной кладкой в углах; выполненные из пластового камня на известковом, цементном или сложном растворе; выполненные из кладки типа “мидис”; здания с деревянным каркасом с заполнением самана или глины, с тяжелыми земляными или глиняными крышами; сплошные массивные ограды из самана или сырцового кирпича и т.п.

Б - Местные здания. Здания с деревянными каркасами с заполнителями из самана или глины и легкими перекрытиями.

Б 1 - Типовые здания. Здания из жженого кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе; деревянные щитовые дома.

Б 2 - Сооружения из жженого кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе: сплошные ограды и стенки, трансформаторные киоски, силосные и водонапорные башни.

В - Местные здания. Деревянные дома, рубленные в “лапу” или в “обло”.

В 1 - Типовые здания. Железобетонные, каркасные крупнопанельные и армированные крупноблочные дома.

В 2 - Сооружения. Железобетонные сооружения: силосные и водонапорные башни, маяки, подпорные стенки, бассейны и т.п.

Здания и типовые сооружения с антисейсмическими мероприятиями разделяются на типы:

С 7 - Типовые здания и сооружения всех видов (кирпичные, блочные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7 баллов.

С 8 - Типовые здания и сооружения всех видов с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 8 баллов.

С 9 - Типовые здания и сооружения всех видов с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 9 баллов.

При сочетании в одном здании двух или трех типов здание в целом следует относить к слабейшему из них.

Характеристика разрушения зданий

При проведении расчетов по прогнозированию разрушений и людских потерь при воздействии взрывных нагрузок обычно рассматриваются четыре степени разрушений зданий - слабую, среднюю, сильную и полную. При землетрясениях принято рассматривать пять степеней разрушения зданий. В международной модифицированной сейсмической школе ММСК - 86 предлагается следующая классификация степеней разрушения зданий:

d=1 - слабые повреждения. Слабые повреждения материала и неконструктивных элементов здания: тонкие трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; тонкие трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; тонкие трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют. Для ликвидации повреждений достаточно текущего ремонта зданий.

d=2 - умеренные повреждения. Значительные повреждения материала и неконструктивных элементов здания, падение пластов штукатурки, сквозные трещины в перегородках, глубокие трещины в карнизах и фронтонах, выпадение кирпичей из труб, падение отдельных черепиц. Слабые повреждения несущих конструкций: тонкие трещины в несущих стенах, незначительные деформации и небольшие отколы бетона или раствора в узлах каркаса и в стыках панелей. Для ликвидации повреждений необходим капитальный ремонт зданий.

d=3 - тяжелые повреждения. Разрушения неконструктивных элементов здания: обвалы частей перегородок, карнизов, фронтонов, дымовых труб. Значительные повреждения несущих конструкций: сквозные трещины в несущих стенах, значительные деформации каркаса, заметные сдвиги панелей, выкрашивание бетона в узлах каркаса. Возможен восстановительный ремонт здания.

d = 4 - частичные разрушения несущих конструкций: проломы и вывалы в несущих стенах; развалы стыков и узлов каркаса; нарушение связей между частями здания; обрушение отдельных панелей перекрытия; обрушение крупных частей здания. Здание подлежит сносу.

d = 5 - обвалы. Обрушение несущих стен и перекрытия, полное обрушение здания с потерей его формы.

Характер разрушения зданий в значительной степени зависит от конструктивной схемы этих зданий.

В каркасных зданиях преимущественно разрушаются узлы каркаса, вследствие возникновения в этих местах значительных изгибающих моментов и

поперечных сил. Особенно сильные повреждение получают основание стоек и узлы соединения ригелей со стойками каркаса.

В крупнопанельных и крупноблочных зданиях наиболее часто разрушаются стыковые соединения панелей и блоков между собой и с перекрытиями. При этом наблюдается взаимное смещение панелей, раскрытие вертикальных стыков, отклонение панелей от первоначального положения, а в некоторых случаях обрушение панелей.

Для зданий с несущими стенами из местных материалов (сырцовый кирпич, глиносаманные блоки, туфовые блоки и др.) характерны следующие повреждения:

- появление трещин в стенах;
- обрушение торцовых стен;
- сдвиг, а иногда и обрушение перекрытий;
- обрушение отдельно стоящих стоек и особенно печей и дымовых труб.

Наиболее устойчивыми к сейсмическому воздействию являются деревянные рубленые и каркасные дома. Как правило, такие здания сохраняются и только при интенсивности 8 баллов и более наблюдается изменение геометрии здания, а в некоторых случаях обрушение крыш.

Разрушение зданий в полной мере характеризуют законы разрушения. **Под законами разрушения** здания понимается зависимость между вероятностью его повреждения и интенсивностью проявления землетрясения в баллах. Законы разрушения зданий получены на основе анализа статистических материалов по разрушению жилых, общественных и промышленных зданий от воздействия землетрясений разной интенсивности.

Для построения кривой, аппроксимирующей вероятности наступления не менее определенной степени повреждения зданий, используется нормальный закон. При этом учитывается, что для одного и того же здания может рассматриваться не одна, а пять степеней разрушения, т.е. после разрушения наступает одно из пяти несовместимых событий. Значения математического ожидания M интенсивности землетрясения в баллах, вызывающего не менее определенных степеней разрушения зданий, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Математические ожидания M законов разрушения зданий

Классы зданий по ММСК-86	Степени разрушения зданий				
	Легкая $d=1$	Умеренная $d=2$	Тяжелая $d=3$	Частичное разрушение $d=4$	Обвал $d=5$
	Математические ожидания M законов разрушения				
$A1, A2$	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
$B1, B2$	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
$B1, B2$	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
$C7$	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
$C8$	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
$C9$	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5

Средние квадратические отклонения интенсивности землетрясения для законов разрушения принимаются равными 0,4.

4.3. Прогнозирование обстановки в районе разрушительных землетрясений

Обстановку в районах разрушительных землетрясений принято оценивать показателями, характеризующими инженерную обстановку, а также объемами аварийно-спасательных работ и мероприятий по жизнеобеспечению населения.

Для оценки инженерной обстановки большие населенные пункты (города) разбиваются на несколько площадок. Значения координат площадок принимаются равными значениям координат их центров. Малые населенные пункты рассматриваются в виде одной элементарной площадки (ее координаты определяются как координаты центра населенного пункта). Затем определяются расстояния от эпицентров землетрясений до центра площадок, и рассчитывается интенсивность землетрясения для каждой площадки по формуле (4.1).

При заблаговременном прогнозировании возможная интенсивность землетрясения принимается по картам общего сейсмического районирования территории России (ОСР-78; ОСР-97).

Основными показателями инженерной обстановки в районе разрушительных землетрясений являются:

количество зданий, получивших обвалы, частичные разрушения, тяжелые, умеренные и легкие повреждения, шт.;

площадь разрушенной части города, в пределах которой застройка получила тяжелые повреждения, частичные разрушения и обвалы (3, 4, и 5 степени разрушения), км²;

объем завалов, м³;

количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или частично разрушенных конструкций, шт.;

протяженность заваленных улиц и проездов, м.

Кроме основных показателей, при оценке инженерной обстановки могут определяться вспомогательные показатели (см. 3.5), характеризующие завалы.

Количество зданий P_j , получивших j – ю степень разрушений, определяется по формуле

$$P_j = \sum_{i=1}^n K_i \cdot C_{ij}, \text{ ед,} \quad (4.2)$$

где K_i – количество зданий i -го типа в городе;

C_{ij} – вероятность получения зданием i -го типа j -ой степени разрушения, принимаемая по табл. 4.2;

n – число типов рассматриваемых зданий (максимальное число типов $n=6$ – А, Б, В, С7, С8, С9).

Таблица 4.2

Вероятности C_i повреждения различных типов зданий в зависимости от интенсивности землетрясения

Типы зданий	Степень разрушения	Вероятности разрушения зданий при интенсивности разрушения в баллах						
		6	7	8	9	10	11	12
А	1	0,36	0,13	0	0	0	0	0
	2	0,12	0,37	0,02	0	0	0	0
	3	0,02	0,34	0,14	0	0	0	0
	4	0	0,13	0,34	0,02	0	0	0
	5	0	0,03	0,50	0,98	1	1	1
Б	1	0,09	0,4	0,01	0	0	0	0
	2	0,01	0,34	0,15	0	0	0	0
	3	0	0,13	0,34	0,02	0	0	0
	4	0	0,03	0,34	0,14	0	0	0
	5	0	0	0,16	0,84	1	1	1
В	1	0,01	0,36	0,13	0	0	0	0
	2	0	0,11	0,37	0,02	0	0	0
	3	0	0,03	0,34	0,14	0	0	0
	4	0	0	0,13	0,34	0,03	0	0
	5	0	0	0,03	0,50	0,97	1	1
С7	1	0	0,09	0,4	0,01	0	0	0
	2	0	0,01	0,34	0,15	0	0	0
	3	0	0	0,13	0,34	0	0,02	0
	4	0	0	0,03	0,34	0,1	0,14	0
	5	0	0	0	0,16	0,09	0,84	1
С8	1	0	0,01	0,36	0,13	0	0	0
	2	0	0	0,1	0,37	0,02	0	0
	3	0	0	0,02	0,34	0,14	0	0
	4	0	0	0	0,13	0,34	0,020	0
	5	0	0	0	0,03	0,50	,98	1
С9	1	0	0	0,09	0,4	0,01	0	0
	2	0	0	0,01	0,34	0,15	0	0
	3	0	0	0	0,13	0,34	0,02	0
	4	0	0	0	0,03	0,34	0,14	0
	5	0	0	0	0	0,16	0,84	1

Площадь разрушений части города, в пределах которой застройка получила тяжелые, частичные разрушения и обвалы, определяется по формуле

$$S_{\text{разр}} = \sum_{j=3,4,5} P_j / \Phi, \text{ км}^2, \quad (4.3)$$

где P_j – количество зданий, получивших 3, 4 и 5 степени повреждения (4.2), зд;
 Φ – плотность застройки в городе, зд./км².

Общий объем завалов определяется из условия, что при частичном разрушении зданий объем завалов составляет примерно 50 % от объема завала при его полном разрушении:

$$W = (0.5C_4 + C_5) \frac{H \cdot S \cdot d \cdot \gamma}{100}, \text{ м}^3, \quad (4.4)$$

где C_4 C_5 - вероятность получения здания 4-ой и 5-ой степени разрушения;
 H - средняя высота застройки, м;
 d - доля застройки на рассматриваемой площади (плотность застройки);
 γ - коэффициент объема, принимаемый для промышленных зданий равным 20, для жилых - 40.

Если город большой с неравномерной плотностью и этажностью застройки, то расчеты следует проводить по участкам (площадкам), на которые предварительно разбивается город. Затем результаты вычислений суммируются.

Опыт ликвидации последствий разрушительных землетрясений показал, что при проведении спасательных работ разбирается примерно 15% завалов от их общего объема.

Структура завала, вес и размер обломков при разрушении зданий в зоне землетрясений может приниматься по данным п.2.4.

Количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или частично разрушенных конструкций, принимаются равными числу зданий, получивших частичные разрушения (4 степень разрушения).

Протяженность заваленных проездов определяется из условия, что на 1 км² разрушенной части города в среднем приходится 0,6 км заваленных маршрутов (данные получены на основе анализа последствий разрушительных землетрясений)

$$L_{\text{пн}} = 0,6 S_{\text{разр}}, \text{ км}, \quad (4.5)$$

где $S_{\text{разр}}$ определяется по формуле (4.3).

Как показывает опыт, вынос завала за контуры зданий при полном разрушении невелик и составляет, например, для 9-ти этажных зданий 7 - 9 метров. Поэтому проезды в зонах землетрясений оказываются практически не заваленными. На проезжей части могут оказаться отдельные отлетевшие обломки конструкций зданий. Это подтверждает и опыт землетрясения в Армении. Например, в городе Леникан в старой части города, где ширина улиц не превышала 10 метров, при разрушении 1-2 этажных зданий на проезжей части образовались небольшие завалы из туфовых блоков.

Однако, все вышесказанное справедливо только для случаев разрушения зданий без опрокидывания. В районах с пониженной несущей способностью и большой деформированностью грунтов, возможны случаи разрушений высотных зданий с их опрокидыванием. Высота и длина завала в этом случае будет зависеть от размеров здания.

Наиболее характерными повреждениями дорог в зонах разрушений при землетрясениях являются:

разрушение участков дорог вследствие оползней; образование трещин в дорожном полотне на несколько десятков сантиметров, а также разрушение дорожного покрытия (в девятибальной зоне).

В горной местности возможно образование каменных и снежных завалов, разрушение мостов, путепроводов, тоннелей.

Следует отметить, что при землетрясении 9 баллов и более могут быть разрушены аэродромные покрытия.

Дальность разлета обломков l и высота завалов h при землетрясении определяется в соответствии с методиками, приведенными в п.1.2. Обобщенные зависимости имеют вид

$$l=H/3, \text{ м}; \quad h=\frac{\gamma \cdot H}{100+0,5H}, \text{ м}, \quad (4.6)$$

где H - высота здания, м;

γ - объем завала на 100 м^3 строительного объема не разрушенного здания.

Количество аварий на КЭС определяются из условия, что на 1 км^2 разрушенной части города приходится 6-8 аварий

$$K_{\text{кэс}} = 8 S_{\text{разр}}$$

где $S_{\text{разр}}$ определяется по формуле (4.3).

Эти данные получены на основании анализа последствий разрушительных землетрясений.

Причины, вызывающие повреждения КЭС, можно разделить на 2 группы. К первой группе относятся причины связанные с волновым движением грунта, вследствие чего в элементах КЭС появляются растягивающие и сдвигающие усилия, которые вызывают движение подземных коммуникаций и сооружений КЭС - коллекторов, трубопроводов, колодцев, кабельных линий.

Ко второй группе относятся причины связанные с разрушением вводов в наземные здания и сооружения, а также повреждение элементов КЭС обломками зданий.

Последствия от аварии КЭС могут оказывать поражающее действие на людей: поражение электрическим током при прикосновении к оборванным проводам; отравление газом попавших в завалы; возникновение пожаров вследствие коротких замыканий и возгорания газа.

Кроме того, возможно затопление территории вследствие разрушения водопроводных труб и канализационных корректоров и ожоги людей при разрушении элементов системы паро- и теплоснабжения.

Аварии на КЭС могут привести к прекращению снабжения водой, электроэнергией и теплом зданий и сооружений.

К показателям, влияющим на объемы аварийно-спасательных работ и решения задач жизнеобеспечения населения в зонах разрушительных землетрясений, относят:

численность пострадавших людей, структуру потерь; численность людей, оказавшихся под завалами и оказавшихся без крова; потребность во временном жилье (палатках, домиках); пожарную обстановку; радиационную и химическую обстановку в зоне разрушений.

Расчеты проводятся по методикам оперативного прогнозирования, приведенным в п. 4.1.

Обобщенную зависимость по определению потерь при разрушительных землетрясениях можно представить в виде

$$M(N) = R \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i, \text{ чел.}, \quad (4.7)$$

где R – вероятность размещения людей в зоне риска в зданиях (в среднем $R = 0.83$);

N_i – численность людей в зданиях i -ой группы, чел;

C_i – вероятность поражения людей в зданиях i -ой группы, определяется по таблице 4.3.

Таблица 4.3

Вероятности C_i общих и безвозвратных потерь людей в различных типах зданий (по классификации MMSK-86) при землетрясениях

Типы зданий	Степень поражения людей	Вероятность потерь людей в различных типах зданий при интенсивности землетрясения в баллах						
		6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	Общие	0,004	0,14	0,70	0,96	0,97	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0,05	0,38	0,59	0,6	0,6	0,6
Б	Общие	0	0,03	0,39	0,90	0,97	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0,01	0,18	0,53	0,6	0,6	0,6
В	Общие	0	0	0,14	0,70	0,96	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0	0,05	0,38	0,59	0,6	0,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
С7	Общие	0	0	0,03	0,39	0,90	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0	0,01	0,18	0,53	0,6	0,6
С8	Общие	0	0	0,004	0,14	0,70	0,96	0,97
	Безвозвратные	0	0	0	0,05	0,38	0,59	0,6
С9	Общие	0	0	0	0,03	0,39	0,90	0,97
	Безвозвратные	0	0	0	0,01	0,18	0,53	0,6

Более точно значение R для формулы (4.7) принимаются равными:

- с 23.00 до 7 часов $R=1$;
- с 7.00 до 9 часов $R=0.6$;
- с 9.00 до 18 часов $R=0.7$;
- с 18.00 до 20 часов $R=0.65$;
- с 20.00 до 23 часов $R=0.9$.

Число людей, оказавшихся без крова, принимается равным численности людей, проживавших в зданиях, получивших тяжелые повреждения, частичные разрушения и обвалы.

Число людей, оказавшихся в завалах, определяется так же, как и при авариях на пожароопасных объектах.

Анализ последствий землетрясений показывает, что в среднем в половине числа зданий, получивших частичные разрушения и обвалы, возможно возникновение пожаров.

Изложенные рекомендации позволяют определить основные показатели, характеризующие обстановку в районах разрушительных землетрясений.

Полученные показатели позволят должностным лицам, организующим спасательные работы, определить состав сил и средств и разработать эффективные варианты их применения для проведения АСДНР.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные показатели, характеризующие землетрясения и кратко изложите методы определения этих показателей?
2. С какой целью производится классификация зданий по сейсмостойкости и назовите классы зданий по сейсмической шкале ММСК - 86?
3. Кратко охарактеризуйте степени разрушения зданий?

4. Перечислите основные показатели, характеризующие обстановку в районах разрушительных землетрясений?

5. В чем заключается сущность методических подходов при определении показателей инженерной обстановки в районах разрушительных землетрясений?

Глава 5. Обстановка в районе воздействия цунами

5.1. Возникновение цунами и распространение волн в открытом море

Волны цунами - это длинные морские волны, которые возникают вследствие землетрясений (90% случаев), деятельности вулканов и мощных подводных взрывов.

Цунами возникают лишь после тех землетрясений, которые связаны с быстрым образованием на дне океана сбросов, обвалов, оползней. Это смещение, действуя по принципу поршня, толкает воду, вызывая образование цунами.

Возникновение значительных цунами, связано с землетрясениями, очаги которых расположены сравнительно неглубоко - на глубине не более 40-60 км.

На основе многолетних наблюдений получена следующая статистика:

землетрясения с магнитудой $M > 7.5$ вызывают цунами почти всегда;

при $M = 7 \div 7.2$ - цунами возникают в 67% случаев;

при $M = 6.7 \div 6.9$ - цунами возникают лишь в 17% случаев;

при $M = 5.8 \div 6.2$ - лишь в 14% случаев.

Образовавшись в каком-либо месте, цунами может пройти несколько тысяч километров, почти не уменьшаясь. Это связано с длиной волны цунами. Цунами имеют весьма большую длину, обычно превышающую 100 км. Скорость распространения цунами в океане составляет $700 \div 800$ км/ч, а на побережье уже снижается до $30 \div 40$ км/час.

Цунамиопасными регионами нашей страны являются Курильские острова, Камчатка, Сахалин, побережье Тихого океана.

Прогнозирование обстановки в районах воздействия цунами целесообразно разделить на три этапа:

на 1-м этапе прогнозируется зарождение цунами и распространение волн в открытом море;

на 2-м этапе оценивается интенсивность гидравлического воздействия при распространении волн цунами на берегу;

на 3-м этапе производятся расчеты показателей обстановки в районах воздействия цунами.

Рассмотрим подробнее вопросы, связанные с зарождением цунами и распространением волн в открытом море (1-й этап прогнозирования).

Цунами характеризуют магнитудой. За магнитуду цунами принят натуральный логарифм амплитуды колебаний уровня воды (в метрах), измеренный стандартным мореграфом у береговой линии на расстоянии от 3 до 10 км.

Магнитуда цунами отличается от магнитуды землетрясения. Если сейсмическая магнитуда характеризует энергию в целом, то магнитуда цунами - только часть энергии землетрясения.

Существует статистическая зависимость между сейсмической магнитудой M , магнитудой цунами m и высотой волны цунами h_0 (табл.5.1).

Таблица 5.1

Зависимость между сейсмической магнитудой, магнитудой цунами и высотой главной волны цунами

Магнитуда землетрясения, M	Магнитуда цунами, m	Высота главной волны (h_0), м
7.5	1	2 - 3
8.0	2	4 - 6
8.25	3	8 - 12
8.5	4	14 - 20

По мере распространения волны цунами от места образования обычно формируется группа волн, порядка десяти, которые достигают берега с периодом от 5 до 90 минут. Пока не найдено определенной закономерности в вопросе о том, какая их серии движущихся к побережью волн будет иметь наибольшую высоту. Как правило, наибольшей является одна из первых трех волн.

Для определения скорости C распространения волн цунами обычно пользуются известной формулой Лагранжа

$$C = \sqrt{2gH^1}, \quad \text{м/с}, \quad (5.1)$$

где g - ускорение силы тяжести, м/с;
 H - глубина океана, м.

Эта формула предполагает дно горизонтальным и дает величины C , хорошо согласующиеся с данными наблюдений в Тихом океане.

Следовательно, время распространения волн цунами от эпицентра до берега можно определить по формуле

$$t = \frac{L}{C}, \quad \text{с} \quad (5.2)$$

где L - расстояние от эпицентра возникновения цунами до берегам;
 C - скорость распространения волн цунами, м/с.

Пауза между моментами начала регистрации землетрясения сейсмическими станциями и прихода волн к берегу может составлять для Российского побережья Тихого океана от нескольких минут до суток.

По мере продвижения волны к берегу, при пологом дне, происходит увеличение высоты волны и уменьшение ее длины. Передний склон волны становится круче.

5.2. Интенсивность гидравлического воздействия при распространении волн цунами на берегу

Последствия цунами - результат воздействия волн на берег и расположенные на нем объекты. Масштабы воздействий зависят от разрушительной силы волны, характера и природных особенностей берега и побережья, эффективности и своевременности принятых спасательных и других мер по снижению размеров ущерба. Сила воздействия цунами может быть снижена лесными массивами и пересеченным рельефом местности побережья. Хорошо защищены от цунами закрытые бухты, огражденные узкими скалистыми воротами, где во время цунами наблюдается лишь повышение уровня воды (бухты Авачинская, Владивостокская).

Наибольшему воздействию катастрофической волны подвержены равнинные побережья. При клинообразной в плане формы залива и рельефа прибрежной территории (например, в долине реки) высоты водяных валов сильно возрастают.

Основными разрушающими факторами при воздействии цунами являются:

- гидростатическое давление;
- давление гидравлического потока;
- размывающее действие;
- транспортирующее действие.

Интенсивность гидравлического воздействия на сооружения можно оценить давлением гидравлического потока. Цунами сопровождаются мощными потоками воды по равнинным побережьям и долинам рек. Рассмотрим распространение цунами на берегу.

Глубину гидропотока у уреза воды ориентировочно можно принять равным

$$h_{yp} = 1.5 \cdot h_o, \quad м \quad (5.3)$$

где h_o - высота волны цунами (табл.5.1).

Давление гидравлического потока в основном зависит от скорости потока по берегу. Скорость распространения потока у уреза воды приблизительно можно определить по формуле

$$U_{yp} = 3\sqrt{h_o}, \quad м/с \quad (5.4)$$

3 - коэффициент с размерностью, $м^{1/2}/с$.

Сопротивление движению потока в гидравлических расчетах учитывается коэффициентом шероховатости

$$n = \frac{1}{U_{yp}} \cdot h_{yp}^{0.7} \cdot i^{0.5}, \quad (5.5)$$

где i - уклон берега.

Дальность S_k распространения воды по берегу зависит от уклона берега, шероховатости, а также глубины потока в конечной рассматриваемой точке. Хорошую сходимость по определению дальности распространения потока воды с натурными данными получают по формуле

$$S_k = \frac{h_{yp}(1-n) - h_k}{i(1-n)}, \quad \text{м}, \quad (5.6)$$

где h_k - глубина потока в конечной рассматриваемой точке.

Обычно принимают глубину, при которой ущерба практически не наблюдается ($h_k=0.5$ м).

Высота волны h на различных расстояниях S от берега может быть определена по формуле

$$h = (U_{yp} - i \cdot S)(1-n), \quad \text{м}. \quad (5.7)$$

Скорость распространения гидравлического потока U , где высота волны равна h , составляет

$$U = U_{yp} \left(\frac{h}{h_{yp}} \right)^{0.7}, \quad \text{м/с} \quad (5.8)$$

где U_{yp} - скорость потока у уреза воды, м/с.

Приведенной методикой пользуются для прогнозирования воздействия цунами с известными характеристиками (зародившееся цунами).

Для заблаговременного прогнозирования используются, как правило, карты цунами районирования Дальневосточного побережья России. По этой карте принимают максимально возможные уровни воды и максимальные площади затопления прибрежных районов при воздействии цунами.

При прохождении гидравлического потока мимо здания возникает сложная картина взаимодействия. Поле давлений в основном зависит от параметров волны (глубины потока, скорости), размеров и ориентации объекта относительно фронта волны.

После достижения подходящей волной фронтальной стены в первый момент происходит удар о стену. На лобовую поверхность фронтальной стены действует давление p

$$p = P_s + P_d, \quad \text{Па}, \quad (5.9)$$

где P_s - среднее гидростатическое давление Па;

P_d - гидродинамическое давление Па.

Среднее гидростатическое давление может быть определено по формуле

$$P_s = 1/2 \rho g h, \quad \text{Па}, \quad (5.10)$$

где ρ - плотность воды $\rho=1000$,/м³;

g - ускорение свободного падения м/с².

h - высота волны, м (ф.5.5).

Гидродинамическое давление определяется из выражения

$$Pd = 1/2 \beta \rho U^2, \quad \text{Па}, \quad (5.11)$$

где β - коэффициент лобового сопротивления ($\beta=1.4$);

U - скорость потока, м/с (ф.5.8).

Тогда выражение для определения давления потока на сооружение будет иметь вид

$$P = \frac{1}{2} \rho (gh + \beta U^2), \quad \text{Па}. \quad (5.12)$$

Пример расчета.

Исходные данные: Магнитуда землетрясения $M=8$;

расстояние до берега $L=500$ км;

средняя глубина океана $H=4000$ м;

уклон берега $i=0,001$.

Определить: давление гидропотока на здание на расстоянии $S=2$ км от уреза воды.

Расчет: 1. По табл. 5.1.1. $h_o = 6$ м.

$$2. C = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 4000} = 280 \text{ м/с}.$$

$$3. T = L/c = 500000/280 = 1786 \text{ с (30 мин)}.$$

$$4. h_{yp} = 1,5 \cdot h_o = 1,5 \cdot 6 = 9 \text{ м/с}.$$

$$5. U_{yp} = 3\sqrt{h_{yp}} = 3\sqrt{9} = 9 \text{ м/с}.$$

$$6. n = \frac{1}{U_{yp}} h_{yp}^{0,7} \cdot i^{0,5} = \frac{1}{9} \cdot 9^{0,7} \cdot 0,001^{0,5} = 0,016.$$

$$7. S_k = \frac{h_{yp}(1-n) - h_k}{i(1-n)} = \frac{9(1-0,016) - 0,5}{0,001(1-0,016)} = 8492 \text{ м (8,5 км)}.$$

$$8. h = (U_{yp} - i \cdot S)(1-n) = (9 - 0,001 \cdot 2000)(1-0,016) = 6,9 \text{ м}.$$

$$9. U = U_p \left(\frac{h}{h_{yp}} \right)^{0,7} = 9 \left(\frac{6,9}{9} \right)^{0,7} = 8,3 \text{ м/с}.$$

$$10. P = \frac{1}{2} \rho (gh + \beta U^2) = \frac{1}{2} \cdot 1000 (9,8 \cdot 6,9 + 1,4 \cdot 8,3^2) = 82033 \text{ Па}$$

($\approx 82 \text{ КПа} = 0,82 \text{ кгс/см}^2$).

5.3. Прогнозирование обстановки в районе воздействия цунами

Цунами вызывает массовую гибель людей, разрушает здания и другие сооружения, забрасывает на значительные расстояния от берега тяжелые объекты, в том числе и океанские суда, переворачивает железнодорожные

составы. Суда, портовые сооружения и оборудование повреждаются от воздействия даже слабых волн цунами. Значительные повреждения вызываются также действием плавающих предметов и обломков.

Цунами особенно опасны для поселков, городов и сооружений, расположенных на низменных берегах океана, а также находящихся в вершине заливов и бухт, широко открытых океану и клинообразно сужающихся в сторону суши. Сюда, как в воронку, цунами нагоняет большую массу воды, которая в конце бухт огромной волной выплескивается на берег, затопляя устья и долины рек на несколько километров.

Вторичными последствиями разрушительного действия цунами могут быть пожары, возникающие в результате повреждений нефтехранилищ, пожароопасных предприятий, морских судов, повреждения электросетей. Разрушение химически- и радиационноопасных объектов, а также коммунальных систем может вызвать химические, радиационные и другие загрязнения, которые быстро распространяются на обширные территории за счет потоков воды.

Большой экономический ущерб несет вызванное цунами прекращение функционирования объектов сельского хозяйства, промышленности, энергетики, транспорта, связи и т.д.

Сильные водяные потоки вызывают смыв почвы, размыв насыпей дорог, оснований мостов. Вторичными последствиями могут быть оползни, обрушение склонов, гибель сельскохозяйственных угодий и природных ландшафтов, а также обрушение сооружений.

Вторичные последствия по размерам ущерба могут превосходить прямые последствия цунами во много раз.

Наиболее тяжелые последствия во второй половине столетия имели Курильское (1952 г.), Чилийское (1960 г.) и Аляскинское (1964 г.) цунами.

Разработку вариантов реагирования на воздействие цунами и оценку возможных последствий производят с использованием показателей. Показатели, характеризующие обстановку, целесообразно разделить на три группы:

показатели, используемые для определения вариантов реагирования на цунами;

показатели, непосредственно характеризующие инженерную обстановку;

показатели, определяющие объем аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения.

Показатели для определения вариантов реагирования

К основным показателям, определяющим варианты реагирования после получения сигнала о мощности и координатах землетрясения в океане, относят: время распространения волн цунами к берегу (по формуле 5.1, 5.2); высоту волны цунами у уреза воды (по табл. 5.1 и формуле 5.3); дальность распространения волн на берегу (см. ф. 5.5, 5.6).

Эти показатели являются определяющими при выборе вариантов эвакуации. В зависимости от наличия времени, эвакуация населения может быть проведена экстренным способом на ближайшие возвышенные места или с использованием транспорта.

Дальность распространения волн цунами на берегу позволяет судить о масштабах защитных мероприятий. Ориентировочно этот показатель может быть определен по табл. 5.2.

Зависимость дальности распространения волн цунами на берегу от высоты волны $h_{вр}$ на урезе воды и уклона берега i .

Таблица 5.2

Уклон берега, i	Дальность S , км, при высоте волны $h_{вр}$, м			Уклон берега, i	Дальность S , км, при высоте волны $h_{вр}$, м		
	1	5	10		1	5	10
0.001	0.5	4.5	9.0	0.010	0.05	0.5	1.0
0.005	0.1	0.9	1.9	0.015	0.03	0.3	0.6

Показатели инженерной обстановки

Для оперативного прогнозирования принято рассматривать четыре степени разрушения зданий: слабое, среднее, сильное, полное. Характеристики степеней разрушения зданий можно принимать по табл. 5.3.

К основным показателям, характеризующим инженерную обстановку в районах воздействия цунами, относятся:

количество зданий, получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения;

количество участков, требующих укреплений (обрушений) поврежденных или разрушенных конструкций;

количество аварий на коммунально-энергетических сетях;

протяженность заваленных проездов и размытых насыпей дорог.

Количество зданий, получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения определяют путем сопоставления давлений, характеризующих прочность зданий и давлений, характеризующих воздействие гидравлического потока.

Давления, характеризующие прочность зданий, можно определить по табл. 5.3 и 5.4. Учитывая длительность действия нагрузки от гидравлического потока, необходимо значения интервалов давлений уменьшить в 1.5 раза. Данные, приведенные в таблице, представляют ступенчатую аппроксимацию законов определенных степеней разрушения зданий.

Давления, характеризующие воздействия гидравлического потока, определяются в соответствии с п.5.2.

Ориентировочные значения давлений, в зависимости от высоты волны в рассматриваемом месте побережья, можно определить по табл.5.3, полученной на основе обобщения расчетов.

Зависимость давления гидротока
на береговые преграды от высоты волн

Высота волны h , м	Давление потока, кПа
3	40
2.5	30
2	20
1.5	10
1	5

Завалы, характерные для разрушения зданий при авариях со взрывом и в районах землетрясений, не образуются. Обломки перемещаются волной на значительные расстояния.

Количество участков, требующих укреплений (обрушений) поврежденных или разрушенных конструкций принимают из расчета один участок на здание, получившее сильное разрушение.

Количество аварий на КЭС принимают равным числу разрушенных коммуникаций в здании (электро, газо, тепло и водоснабжения). Ввод коммуникаций считается разрушенным, если здание получит полную или сильную степень разрушения. Водяные потоки могут вызвать затопление подземных коммуникационных каналов, что значительно увеличит объемы аварийно-технических работ.

Протяженность заваленных проездов и размытых насыпей дорог определяют, исходя из зоны затопления. Следует иметь в виду, что практически все дороги в зонах затопления с высотой волны 2 метра и более будут разрушены. Проезды будут завалены обломками разрушенных конструкций и оборудования в пределах зоны затопления, где высота волны составляет 1 метр и более.

Показатели аварийно-спасательных работ
и жизнеобеспечения населения

К показателям, влияющим на объем аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения относят:

- число пострадавших, оказавшихся в зоне затопления;
- число людей, оказавшихся без крова;
- потребность во временном жилье;
- пожарная, радиационная и химическая обстановка в районе воздействия цунами.

Основным фактором, определяющим численность пострадавших и объемы спасательных работ, является зона затопления с высотой волны 1 метр и более. Число пострадавших, оказавшихся в зоне затопления, ориентировочно можно определить по формуле:

$$N = S_{\text{зат}} \cdot \psi, \quad (5.13)$$

где $S_{\text{зат}}$ - площадь затопления с высотой волны не менее 1 м, км²;
 ψ - плотность людей в зоне затопления, чел/км².

Число людей, оказавшихся без крова, принимается равным численности людей, проживающих в зданиях, получивших средние, сильные и полные разрушения.

Потребность в жилой площади для людей, оставшихся без крова, определяется по рекомендациям п. 3.5.

При заблаговременной оценке обстановки в районе возможного воздействия цунами поступают следующим образом. Вдоль береговой линии выделяют, как правило, пять зон разрушения гидравлическим потоком (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Зависимость степени разрушения береговых строений
от давления гидропотока

Давление потока, Кпа	Вид разрушений
до 5	повреждения
5 - 10	слабые
10 - 20	средние
20 - 30	сильные
30 - 40	полные

Пожарная, радиационная и химическая обстановка в районе воздействия цунами оцениваются с учетом наличия в зоне бедствия хранилищ горючего, судов и плавсредств с пожаровзрывоопасными химически- и радиационно-опасными продуктами. Хранилища с горючими веществами, продуктопроводы и суда могут быть разрушены в зоне действия волны высотой 2 м и более.

Изложенные рекомендации позволят определить основные показатели, необходимые на всех этапах разработки мероприятий по снижению ущерба от воздействия цунами - от момента получения сигнала о зарождении цунами до ликвидации возможных последствий;

приведенные рекомендации основаны на обобщении результатов расчетов, проведенных с использованием методик п. 1.4, и анализе материалов по последствиям воздействия цунами;

показатели обстановки в дальнейшем будут использоваться для определения состава сил и средств, привлекаемых к аварийно-спасательным работам.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные факторы, приводящие к возникновению цунами ?
2. Какие показатели применяют для характеристики цунами ?

3. Какой интервал может составлять время распространения волн цунами от эпицентра?

4. Назовите основные разрушительные факторы при воздействии цунами?

5. Какие основные силы учитывают при определении давления на лобовые поверхности фронтальных сооружений?

ГЛАВА 6. ОБСТАНОВКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АВАРИЯХ СО ВЗРЫВОМ

Общие положения

В результате разрушения резервуаров, трубопроводов и технологического оборудования с горючими веществами возможен их выброс внутрь здания или на открытую площадку с образованием газопаровоздушной смеси (ГПВС). Серьезную опасность для персонала, зданий, сооружений и технологического оборудования представляет взрыв образовавшейся ГПВС.

Особенно велика вероятность взрыва ГПВС на объектах нефтехимической и химической промышленности, где хранятся и используются значительные объемы горючих газов (ГГ) и легковоспламеняющихся жидкостей. В России доля таких аварий невероятно велика (почти 96%).

Суммарная протяженность магистральных продуктопроводов и газопроводов в России составляет более 130 тыс. километров. При аварийной разгерметизации отдельных их участков последствия могут быть очень трагичными.

В ночь с 3 на 4 июня 1989 г. на перегоне между станциями Казаяк и Улутеляк, на 1710 километре Куйбышевской железной дороги оказались два поезда с 1284 пассажирами, которые пострадали от взрыва газовой смеси, образовавшейся при аварийной разгерметизации магистрального продуктопровода. На месте аварии было найдено 258 погибших.

В связи с высокой вероятностью аварий со взрывом ГПВС преследуется цель объяснить механизм взрывного горения и изложить методику прогнозирования параметров взрывного горения ГПВС.

Прежде чем приступить к изложению основного материала и методик, целесообразно уточнить основные понятия и определения.

Процесс горения со стремительным высвобождением энергии и образованием при этом избыточного давления (более 5 кПа) называется взрывным горением.

Различают два принципиально разных режима взрывного горения: дефлаграционный и детонационный.

При дефлаграционном горении распространение пламени происходит в слабо возмущенной среде со скоростями значительно ниже скорости звука, давление при этом возрастает незначительно.

При детонационном горении (детонации) распространение пламени происходит со скоростью, близкой к скорости звука или превышающей ее.

Инициирование (зажигание) газовой смеси с образованием очага горения возможно при следующих условиях:

концентрация горючего газа в газовой смеси должна быть в диапазоне между нижним и верхним концентрационными пределами распространения пламени;

энергия зажигания от искры, горячей поверхности должна быть не ниже минимальной. Для большинства взрывчатых смесей энергия зажигания не превышает 30 Дж.

Нижний концентрационный предел ($C_{\text{нкл}}$) распространения пламени – это такая концентрация горючего газа в смеси с окислительной средой, ниже которой смесь становится неспособной к распространению пламени.

Верхний концентрационный предел ($C_{\text{вкл}}$) распространения пламени – это такая концентрация горючего в смеси с окислительной средой, выше которой смесь становится неспособной к распространению пламени.

Минимальная энергия инициирования (зажигания) ($E_{\text{и}}$) – наименьшее значение энергии электрического разряда, способное воспламенить смесь стехиометрического состава.

Концентрация газа стехиометрического состава ($C_{\text{сх}}$) – концентрация горючего газа в смеси с окислительной средой, при которой обеспечивается полное без остатка химическое взаимодействие горючего и окислителя смеси.

При сгорании газовой смеси стехиометрического состава образуются только конечные продукты реакции горения и выделившаяся теплота их сгорания не расходуется на нагревание несгоревших окислителя или горючего – последних не образуется. По этой причине продукты сгорания нагреваются до максимальной температуры.

В случае дефлаграционного горения такой смеси в замкнутом герметичном и теплоизолированном объеме образуются максимальные температура и давление. Величина максимального давления является характеристикой соответствующей газовой смеси.

Режим дефлаграционного горения может переходить в режим детонационного горения (при быстром росте скорости распространения пламени). Такому переходу способствует турбулизация процесса горения при встрече фронта пламени с препятствиями. При этом поверхность фронта пламени становится неровной, а толщина пламени увеличивается – все это вызывает рост скорости распространения пламени.

В режиме детонационного горения нагрузки значительно возрастают. Поэтому режим детонационного горения принят за расчетный случай для прогнозирования инженерной обстановки при авариях со взрывом.

К основным факторам, влияющим на параметры взрыва, относят: массу и тип взрывоопасного вещества, его параметры и условия хранения или использования в технологическом процессе, место возникновения взрыва, объемно-планировочные решения сооружений в месте взрыва.

Взрывы на промышленных предприятиях и базах хранения можно разделить на две группы - в открытом пространстве и производственных помещениях.

В открытом пространстве на промышленных предприятиях и базах хранения возможны взрывы газоздушных смесей (ГВС), образующихся при разрушении резервуаров со сжатыми и сжиженными под давлением или охлаждени-

ем (в изотермических резервуарах) газами, а также при аварийном разливе легковоспламеняющихся жидкостей.

В производственных помещениях, наряду со взрывом ГВС, возможны также взрывы пылевоздушных смесей (ПВС), образующихся при работе технологических установок.

6.1. Взрыв газоздушных смесей в открытом пространстве

Детонационный режим горения

С целью проведения расчетов с гарантированным запасом по объему инженерно-спасательных работ, при обосновании исходных данных принимают такой случай разрушения резервуара, чтобы образовавшийся при этом взрыв газоздушной смеси произвел максимальное поражающее воздействие. Этот случай соответствует разрушению того резервуара, в котором хранится максимальное количество горючего вещества на рассматриваемом объекте.

Кратко рассмотрим модели воздействия, определяющие поля поражающих факторов (давлений) при прогнозировании последствий взрывов газоздушных смесей.

При взрыве газоздушных смесей различают две зоны действия: детонационной волны – в пределах облака ГВС и воздушной ударной волны - за пределами облака ГВС. В зоне облака действует детонационная волна, избыточное давление во фронте которой принимается постоянным в пределах облака ГВС и приблизительно равным $\Delta P = 17 \text{ кгс/см}^2$ (1,7 МПа).

В расчетах принимают, что зона действия детонационной волны ограничена радиусом r_0 , который определяется из допущения, что ГВС после разрушения емкости образует в открытом пространстве полусферическое облако.

Объем полусферического облака может быть определен по формуле

$$V = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r_0^3, \text{ м}^3,$$

где $\pi = 3,14$.

Учитывая, что киломоль идеального газа при нормальных условиях занимает $22,4 \text{ м}^3$, объем образовавшейся ГВС при аварийной ситуации составит

$$V = \frac{22,4 \cdot k \cdot Q \cdot 100}{m_k \cdot C}, \text{ м}^3,$$

где k - коэффициент, учитывающий долю активного газа (долю продукта, участвующего во взрыве);

Q - количество сжиженных углеводородных газов в хранилище до взрыва, кг;

C - стехиометрическая концентрация газа в % по объему (табл. 6.2);

m_k - молярная масса газа, кг/кмоль.

Из условия равенства полусферы и объема образовавшейся смеси, получим

$$r_0 \approx 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot k}{m_k \cdot C}}, \text{ м.} \quad (6.1)$$

При подстановке значений для метана $m_k = 16$ и $C = 9.45$ (см. табл. 6.2), получим формулу

$$r_0 = 18,5 \cdot \sqrt[3]{k \cdot Q}, \text{ м,} \quad (6.2)$$

где Q - количество метана до взрыва в тоннах.

Эта формула получила широкое распространение при проведении расчетов по определению последствий взрывов для углеводородных газов.

Значение коэффициента k принимают в зависимости от способа хранения продукта:

$k = 1$ - для резервуаров с газообразным веществом;

$k = 0,6$ - для газов, сжиженных под давлением;

$k = 0,1$ - для газов, сжиженных охлаждением (хранящихся в изотермических емкостях);

$k = 0,05$ - при аварийном разливе легковоспламеняющихся жидкостей.

Зона действия воздушной ударной волны (ВУВ) начинается сразу за внешней границей облака ГВС. Давление во фронте ударной волны ΔP_ϕ зависит от расстояния до центра взрыва и определяется по рис.6.1 или таблице 6.1, исходя из соотношения

$$\Delta P_\phi = f(r / r_0), \quad (6.3)$$

где r - расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки.

Таблица 6.1

r/r_0	0 - 1	1,01	1,04	1,08	1,2	1,4	1,8	2,7
$\Delta P_\phi, \text{кПа}$	1700	1232	814	568	400	300	200	100

r/r_0	3	4	5	6	8	12	20
$\Delta P_\phi, \text{кПа}$	80	50	40	30	20	10	5

Таблица 6.1 и рис.6.1 аппроксимируют известные формулы, характеризующие зависимость давления от расстояния до центра взрыва.

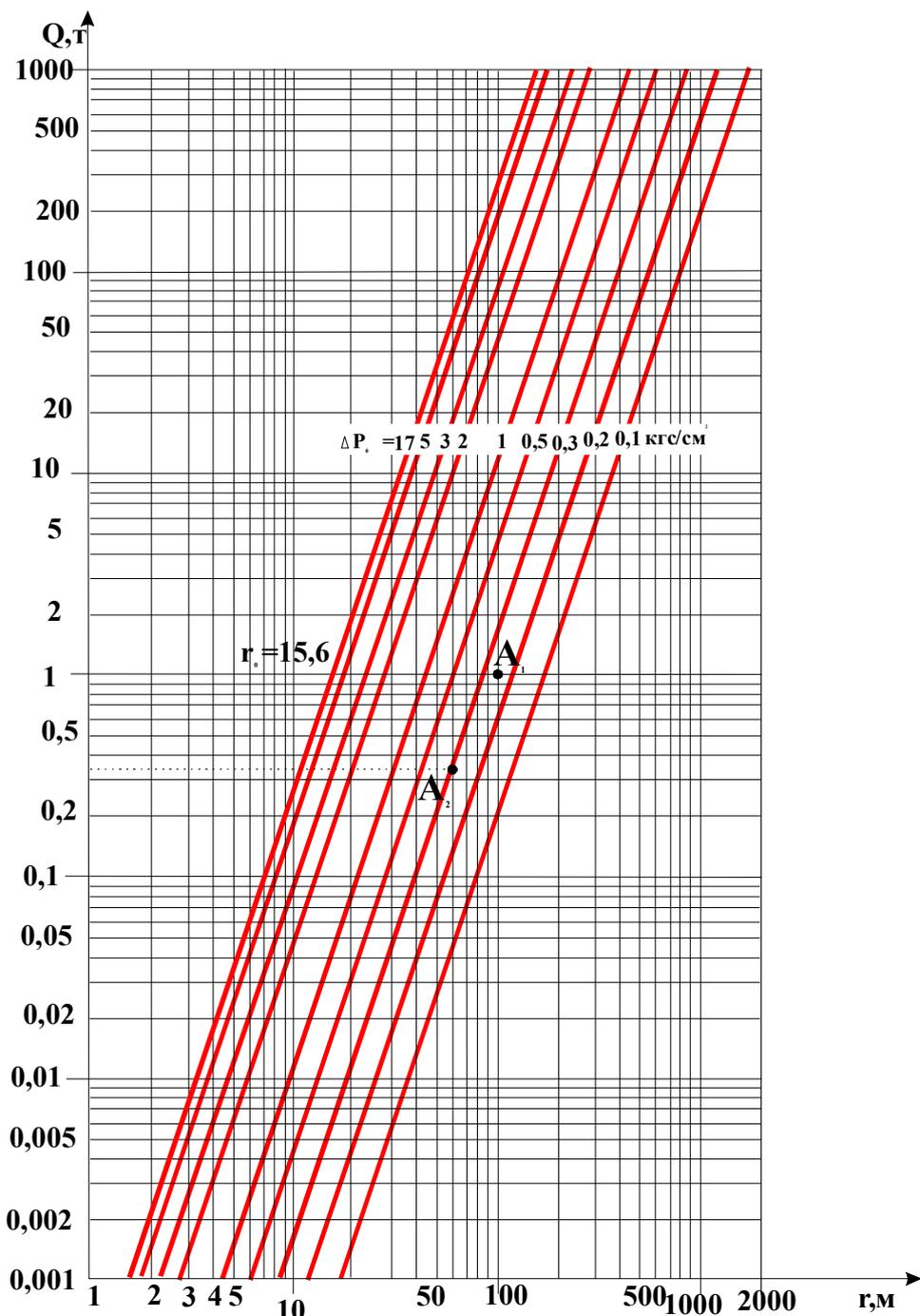


Рис. 6.1. Изменение значений $\Delta P_{фв}$ (кгс/см²) при взрыве пропанобутановых ГВС в зависимости от массы сжиженного газа Q (кг) и расстояния r (м)

Пример:

1. Определить r_0 и значения $\Delta P_{фв}$ на расстоянии 100 м при разлиии и взрыве ГВС Q=1000 кг. На пересечении вертикальной линии $r = 100$ м с горизонтальной Q=1000 кг получим точку A₁, соответствующую $\Delta P_{фв} = 0,25$ кгс/см²; $r_0 = 15,6$ м.

2. Определить значение Q, при котором объект, выдерживающий нагрузку $\Delta P_{ф} = 0,3$ кгс/см², и удаленный на 60 м не будет разрушен. На пересечении вертикальной линии $r = 60$ м с наклонной $\Delta P_{ф} = 0,3$ кгс/см² получим точку A₂, соответствующую Q = 320 кг

Пример расчета

Взрыв облака ГВС, образованного при разрушении резервуара с 10^6 кг сжиженного пропана.

Исходные данные: $Q=10^6$ кг; $K=0,6$; $m_k=44$; $C=4,03\%$.

Определить давление ударной волны на расстоянии $r=200$ м от центра взрыва.

$$\text{Расчет: 1. } r_0 = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot k}{m_k \cdot C}} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{10^6 \cdot 0,6}{44 \cdot 4,03}} = 150 \text{ м.}$$

$$2. \frac{r}{r_0} = \frac{200}{150} = 1,3.$$

$$3. \text{ При } \frac{r}{r_0} = 1,3 \text{ по табл. 6.1 } \Delta P_\phi = 350 \text{ кПа (3,5 кгс/см}^2\text{).}$$

6.2. Взрывы газоздушных и пылевоздушных смесей в производственных помещениях

Аварии со взрывом могут произойти на пожаровзрывоопасных объектах. К пожаровзрывоопасным объектам относятся объекты, на территории или в помещениях которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости и горючие пыли в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные горючие смеси, при горении которых избыточное давление в помещении может превысить 5 кПа.

Последствия взрыва на пожаровзрывоопасных предприятиях определяются в зависимости от условия размещения взрывоопасных продуктов. Если продукты размещаются вне помещений, то принимается, что авария развивается по сценарию взрыва в открытом пространстве.

Если технологический аппарат со взрывоопасными продуктами размещен в зданиях, то авария развивается по сценарию взрыва в замкнутом объеме.

Кратко рассмотрим модели воздействия, позволяющие определить поля давлений при прогнозировании последствий взрывов в производственных помещениях.

Наиболее типичными аварийными ситуациями в этом случае считаются: разрушение аппарата или трубопровода со смешанными газами или жидкостями;

потеря герметичности трубопроводов (разрыв сварного шва, прокладки, отрыв штуцера);

разлив жидкостей по полу помещения или по рельефу местности;

образование или выброс горючей пыли.

В этом случае газо-, паро-, пылевоздушная смесь займет частично или полностью весь объем помещения. Затем этот объем заменяется расчетной сферой (в отличии от полусферы в открытом пространстве), радиус которой опре-

деляется с учетом объема помещения, типа и массы опасной смеси. При прогнозировании последствий считают, что процесс в помещении развивается в режиме детонации.

Взрывы газопаровоздушных смесей

При взрыве газопаровоздушных смесей (ГВС) зону детонационной волны, ограниченную радиусом r_0 , можно определить по формуле

$$r_0 = \frac{1}{24} \sqrt[3]{\mathcal{E}}, \text{ м}, \quad (6.4)$$

где $1/24$ - коэффициент, м/кДж^{1/3};

\mathcal{E} - энергия взрыва смеси, определяемая из выражения

$$\mathcal{E} = V_{\text{ГПВС}} \times \rho_{\text{стх}} \times Q_{\text{стх}}, \text{ кДж}, \quad (6.5)$$

где $V_{\text{ГПВС}}$ - объем смеси, равный

$$V_{\text{ГПВС}} = 100 V_{\text{г}} / C, \quad (6.6)$$

где $V_{\text{г}}$ - объем газа в помещении;

C - стехиометрическая концентрация горючего по объему в % (табл. 6.2);

$\rho_{\text{стх}}$ - плотность смеси стехиометрического состава, кг/м³ (табл. 6.2);

$Q_{\text{стх}}$ - энергия взрывчатого превращения единицы массы смеси стехиометрического состава, кДж/кг;

V_0 - свободный объем помещения, равный $V_0 = 0,8V_{\text{п}}$, м³;

$V_{\text{п}}$ - объем помещения;

при $V_{\text{ГПВС}} > V_0$ объем смеси $V_{\text{ГПВС}}$ принимают равным V_0 .

В нормативной литературе по взрывозащите зданий взрывобезопасности производств существуют специальные методики по определению массы и объема газа, распространяющегося в помещении при аварийной ситуации. Эти методики предусматривают тщательное изучение технологического процесса. Для оперативного прогнозирования последствий взрыва в производственных помещениях расчеты целесообразно проводить для случая, при котором будут максимальные разрушения, то есть когда свободный объем помещения, где расположены емкости с газом, будет полностью заполнен взрывоопасной смесью стехиометрического состава.

Тогда уравнение (6.5) по определению энергии взрыва можно записать в виде

$$\mathcal{E} = \frac{100 \cdot V_0 \cdot \rho_{\text{стх}} \cdot Q_{\text{стх}}}{C}, \text{ кДж}, \quad (6.7)$$

Далее принимается, что за зоной детонационной волны с давлением 17 кгс/см², действует воздушная ударная волна. Давление во фронте воздушной ударной волны определяется с использованием данных табл. 6.1 или рис.6.1.

Таблица 6.2

Характеристики газопаровоздушных смесей

Вещество, характеризующее смесь	Формула вещества, образующего смесь	Характеристики смеси			
		m_k кг/кмоль	$\rho_{стх}$, кг/м ³	$Q_{стх}$, МДж/кг	C , об. %
Газовоздушные смеси					
Аммиак	CH ₃	15	1,180	2,370	19,72
Ацетилен	C ₂ H ₂	26	1,278	3,387	7,75
Бутан	C ₄ H ₁₀	58	1,328	2,776	3,13
Бутилен	C ₄ H ₈	56	1,329	2,892	3,38
Винилхлорид	C ₂ H ₃ Cl	63	1,400	2,483	7,75
Водород	H ₂	2	0,933	3,425	29,59
Дивинил	C ₄ H ₆	54	1,330	2,962	3,68
Метан	CH ₄	16	1,232	2,763	9,45
Окись углерода	CO	28	1,280	2,930	29,59
Пропан	C ₃ H ₈	44	1,315	2,801	4,03
Пропилен	C ₃ H ₆	42	3,314	2,922	4,46
Этан	C ₂ H ₆	30	1,250	2,797	5,66
Этилен	C ₂ H ₄	28	1,285	3,010	6,54
Паровоздушные смеси					
Ацетон	C ₃ H ₆ O	58	1,210	3,112	4,99
Бензин авиационный		94	1,350	2,973	2,10
Бензол	C ₆ H ₆	78	1,350	2,937	2,84
Гексан	C ₆ H ₁₄	86	1,340	2,797	2,16
Дихлорэтан	C ₂ H ₄ Cl ₂	99	1,49	2,164	6,54
Диэтиловый эфир	C ₄ H ₁₀ O	74	1,360	2,840	3,38
Ксилол	C ₆ H ₁₀	106	1,355	2,830	1,96
Метанол	CH ₄ O	32	1,300	2,843	12,30
Пентан	C ₅ H ₁₂	72	1,340	2,797	2,56
Толуол	C ₇ H ₈	92	1,350	2,843	2,23
Циклогексан	C ₆ H ₁₂	84	1,340	2,797	2,28
Этанол	C ₂ H ₆ O	46	1,340	2,804	6,54

Пример расчета

Взрыв этилено-воздушной смеси при разгерметизации технологического блока внутри производственного помещения.

Исходные данные: $V_{\text{п}}=1296 \text{ м}^3$; $\rho_{\text{ст}}=1,285 \text{ кг/м}^3$; $Q_{\text{стх}}=3,01 \text{ МДж/кг}$; $C=6,54 \%$.

Определить давление ударной волны на расстоянии 30 м от контура помещения при разрушении его ограждающих конструкций.

Расчет:

1. $\mathcal{E} = \frac{100 \cdot V_0 \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot Q_{\text{стх}}}{C} = \frac{100 \cdot 0,8 \cdot 1296 \cdot 1,285 \cdot 3,01 \cdot 10^3}{6,54} = 61,3 \cdot 10^6 \text{ кДж.}$
2. $r_0 = \frac{1}{24} \sqrt[3]{\mathcal{E}} = \frac{1}{24} \sqrt[3]{61,3 \cdot 10^6} = 16,3 \text{ м.}$
3. $\frac{r}{r_0} = \frac{30 + 16,3}{16,3} = 2,8.$
4. При $\frac{r}{r_0} = 2,8$ по табл. 6.1 $\Delta P_{\phi}=93 \text{ кПа}$ ($0,93 \text{ кгс/см}^2$).

Взрывы пылевоздушных смесей

При нарушении герметичности технологических аппаратов пыль выбрасывается в помещение, где вместе с накопившейся пылью смешивается с воздухом, образуя пылевоздушную смесь (ПВС), способную гореть. Искровой разряд приводит к взрывному горению смеси.

В отличие от газовых смесей образование взрывоопасного облака пыли в помещении может происходить в процессе самого горения. Взрыву в большинстве случаев предшествуют локальные микровзрывы (хлопки) в оборудовании, резервуарах и воспламенение в отдельных участках здания, что вызывает встряхивание пыли, осевшей на полу, стенах и других строительных конструкциях и оборудовании. Это приводит к образованию взрывоопасных концентраций пыли во всем объеме помещения, взрыв которой вызывает сильные разрушения.

Взрывное горение может происходить по одному из двух режимов - дефлаграционному или детонационному.

При оперативном прогнозировании последствий принимают, что процесс развивается в детонационном режиме.

Зону детонационной волны, ограниченную радиусом r_0 , можно определить по формуле (6.4), в которой энергия взрыва определяется из выражения

$$\mathcal{E} = m \cdot Q, \text{ кДж}, \quad (6.8)$$

где Q - удельная теплота сгорания вещества, образовавшего пыль, кДж/кг (табл.6.3);
 m - расчетная масса пыли, кг.

При оперативном прогнозировании расчетная масса пыли определяется из условия, что свободный объем помещения будет полностью заполнен взвешенным дисперсным продуктом, образуя при этом пылевоздушную смесь стехиометрической концентрации

$$m = \frac{V_0 \cdot C}{1000}, \text{ кг}, \quad (6.9)$$

где V_0 - свободный объем помещения, ($V_0=0,8 V_{п}$), м^3 ;
 C - стехиометрическая концентрация пыли, $\text{г} / \text{м}^3$,

$$C \approx 3 \cdot \varphi_{\text{нкпр}}, \quad (6.10)$$

где $\varphi_{\text{нкпр}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени – это минимальное содержание пыли в смеси с воздухом, при котором возможно возгорание.

Значение $\varphi_{\text{нкпр}}$ для различных веществ находится в пределах:

неорганических веществ (сера, фосфор)	$\varphi_{\text{нкпр}}=2 - 30 \text{ г/м}^3$;
пластмасс	$\varphi_{\text{нкпр}}=20 - 100 \text{ г/м}^3$;
пестицидов и красителей	$\varphi_{\text{нкпр}}=30 - 300 \text{ г/м}^3$;
шерсти	$\varphi_{\text{нкпр}}=100 - 200 \text{ г/м}^3$.

Значения характеристик некоторых аэрозолей приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Показатели взрывных явлений пыли

Вещество 1	$\varphi_{\text{нкпр}}, \text{г/м}^3$ 2	$Q, \text{МДж/кг}$ 3
Полистирол	27,5	39,8
Полиэтилен	45,0	47,1
Метилцеллюлоза	30,0	11,8
Полиоксидазол	18,0	18,0
Пигмент зеленый (краситель)	45,0	42,9
Пигмент бордо на полиэтилене	39,0	42,9
Нафталин	2,5	39,9
Фталиевый ангидрид	12,6	21,0
Уротропин	15,0	28,1
Адипиновая кислота	35,0	19,7
Сера	2,3	8,2
Алюминий	58,0	30,13

Давление во фронте воздушной ударной волны определяется с использованием данных табл. 6.1.

Пример расчета

В цехе по переработке полиэтилена при разгерметизации технологического блока возможно поступление пыли в помещение.

Исходные данные: $V_{\text{п}}=4800 \text{ м}^3$; $\varphi_{\text{нкпр}}=45 \text{ г/м}^3$; $Q=47,1 \text{ МДж/кг}$.

Определить давление ударной волны на расстоянии 30 м от контура помещения при разрушении его ограждающих конструкций.

Расчет:

1. $C = 3 \cdot \varphi_{\text{нкпр}} = 3 \cdot 45 = 135 \text{ г/м}^3$.
2. $m = \frac{V_0 \cdot C}{1000} = \frac{0,8 \cdot 4800 \cdot 135}{1000} = 518,4 \text{ кг}$.
3. $\mathcal{E} = m \cdot Q = 518,4 \cdot 47,1 \cdot 10^3 = 24,4 \cdot 10^6 \text{ кДж}$.
4. $r_0 = \frac{1}{24} = 2,8 \cdot \sqrt[3]{24,4 \cdot 10^6} = 12 \text{ м}$.
5. $\frac{r}{r_0} = \frac{30 + 12}{12} = 3,5$.
6. При $\frac{r}{r_0} = 3,5$ по табл. 6.1 $\Delta P_{\text{ф}}=65 \text{ кПа}$ ($0,65 \text{ кгс/см}^2$).

6.3. Взрывы при аварийной разгерметизации магистрального газопровода

Рассмотрим модели, используемые для определения параметров взрыва при авариях на газопроводах.

Аварии при разгерметизации газопроводов сопровождаются следующими процессами и событиями: истечением газа до срабатывания отсекающей арматуры (импульсом на закрытие арматуры является снижение давления продукта); закрытие отсекающей арматуры; истечение газа из участка трубопровода, отсеченного арматурой.

В местах повреждения происходит истечение газа под высоким давлением в окружающую среду. На месте разрушения в грунте образуется воронка. Метан поднимается в атмосферу (легче воздуха), а другие газы или их смеси оседают в приземном слое. Смешиваясь с воздухом газы образуют облако взрывоопасной смеси.

Статистика показывает, что примерно 80 % аварий сопровождается пожаром. Искры возникают в результате взаимодействия частиц газа с металлом и твердыми частицами грунта. Обычное горение может трансформироваться во взрыв за счет самоускорения пламени при его распространении по рельефу и в лесу.

Итак, взрывное горение при авариях на газопроводе может происходить также по одному из двух режимов - дефлаграционному или детонационному. При оперативном прогнозировании принимают, что процесс развивается в детонационном режиме.

Дальность распространения облака (рис 6.2) взрывоопасной смеси в направлении ветра определяется по эмпирической формуле

$$L = 25 \sqrt{M / W}, \text{ м}, \quad (6.11)$$

где M - массовый секундный расход газа, кг/с;
 25 - коэффициент пропорциональности, имеющий размерность $\text{м}^{3/2} / \text{кг}^{1/2}$;
 W - скорость ветра, м/с.

Тогда граница зоны детонации, ограниченная радиусом r_0 , в результате истечения газа за счет нарушения герметичности газопровода, может быть определена по формуле

$$r_0 = 12,5 \sqrt{M / W}, \text{ м}. \quad (6.12)$$

Массовый секундный расход газа M из газопровода для критического режима истечения, когда основные его параметры (расход и скорость истечения) зависят только от параметров разгерметизированного трубопровода, может быть определен по формуле

$$M = \Psi \cdot F \cdot \mu \sqrt{P_r / V_r}, \text{ кг/с}, \quad (6.13)$$

где Ψ - коэффициент, учитывающий расход газа от состояния потока (для звуковой скорости истечения $\Psi=0,7$);
 F - площадь отверстия истечения, принимаемая равной площади сечения трубопровода, м^2 ;
 μ - коэффициент расхода, учитывает форму отверстия ($\mu = 0,7 \dots 0,9$), в расчетах принимается $\mu = 0,8$;
 P_r - давление газа в газопроводе, Па;
 V_r - удельный объем транспортируемого газа при параметрах в газопроводе (определяется по формуле 6.14).

$$V_r = R_0 \frac{T}{P_r}, \text{ м}^3 / \text{кг}, \quad (6.14)$$

где T - температура транспортируемого газа, К;
 R_0 - удельная газовая постоянная, определяемая по данным долевого состава газа q_k и молярным массам компонентов смеси из соотношения

$$R_0 = 8314 \sum_{i=1}^n q_k / m_k, \text{ Дж} / (\text{кг} \times \text{К}), \quad (3.15)$$

где 8314 - универсальная газовая постоянная, Дж / (кмоль×К);
 m_k - молярная масса компонентов, кг/кмоль;
 n - число компонентов.

В зоне действия детонационной волны давление принимается равным 1,7 МПа. Давление во фронте воздушной ударной волны на различном расстоянии от газопровода определяется с использованием данных табл. 6.1.

При прогнозировании последствий случившейся аварии на газопроводе зону детонации и зону действия воздушной ударной волны принимают с учетом направления ветра. При этом считают, что граница зоны детонации распространяется от трубопровода по направлению ветра на расстояние $2r_0$ (рис. 6.2). В случае заблаговременного прогнозирования, зона детонации определяется в виде полос вдоль всего трубопровода шириной $2r_0$, расположенных с каждой из его сторон. Это связано с тем, что облако взрывоопасной смеси может распространяться в любую сторону от трубопровода, в зависимости от направления ветра. За пределами зоны детонации по обе стороны от трубопровода находятся зоны действия воздушной ударной волны. На плане местности эти зоны также имеют вид полосовых участков вдоль трубопровода.

При разработке разделов проекта ИТМ ГОЧС на планах местности вдоль магистральных нефте- и газопроводов наносятся зоны возможных сильных разрушений, границы которых определяются величиной избыточного давления 50 кПа.

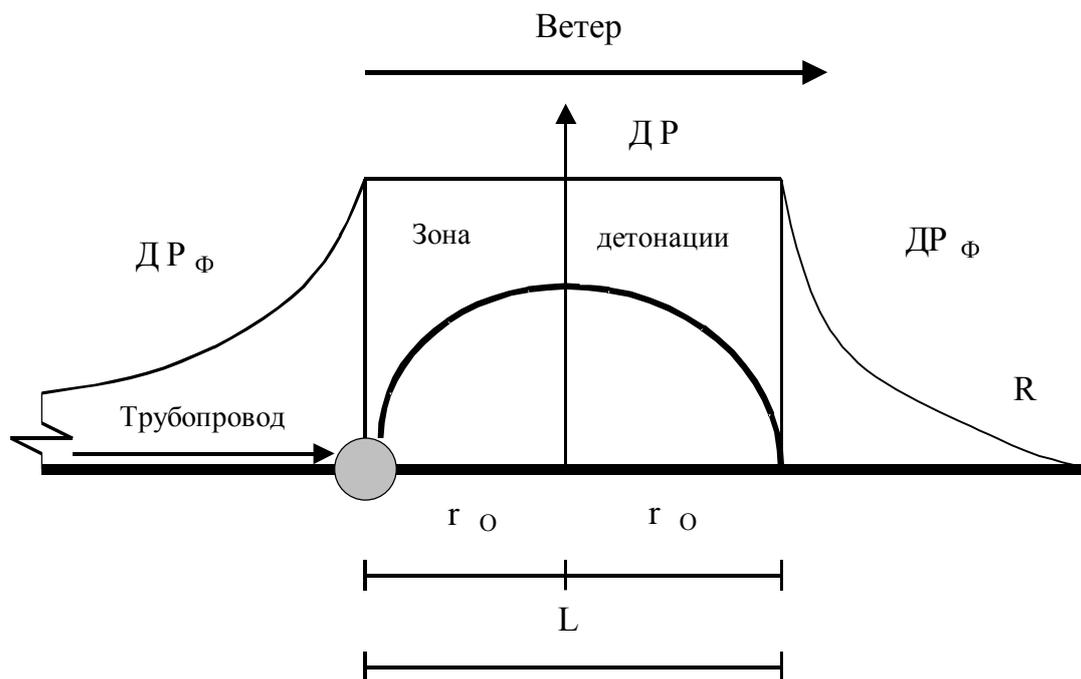


Рис. 6.2. Расчетная схема к определению давлений при аварии на газопроводе
 ΔP - давление в зоне детонации; $\Delta P_{\text{ф}}$ - давление во фронте воздушной ударной волны;
 r_0 - радиус зоны детонации; R - расстояние от расчетного центра взрыва;
 1 - зона детонации; 2 - зона воздушной ударной волны ($R > r_0$)

При проведении оперативных расчетов следует учитывать, что в зависимости от класса магистрального трубопровода, рабочее давление газа P_r может составлять: для газопроводов высокого давления - 2,5 МПа; среднего давления -

от 1,2 до 2,5 МПа; низкого давления - до 1,2 МПа. Диаметр газопровода может быть от 150 до 1420 мм.

Температура транспортируемого газа может быть принята в расчетах $t = 40^{\circ}\text{C}$. Состав обычного газа, при отсутствии данных, может быть принят в соотношении: метан (CH_4) - 90 %; этан (C_2H_6) - 4 %; пропан (C_3H_8) - 2 %; Н-бутан (C_4H_{10}) - 2 %; изопентан - (C_5H_{12}) - 2 %.

Пример расчета радиуса зоны детонации r_0

Исходные данные:

$d = 0,5$ м; $P_r = 1,9$ МПа; $t = 40^{\circ}\text{C}$; $W = 1$ м/с; $\mu = 0,8$.

Расчет:

$$1. R_0 = 8314,4 \sum_{k=1}^n q_k / m_k = 8314,4 \left(\frac{0,9}{16} + \frac{0,04}{30} + \frac{0,02}{44} + \frac{0,02}{58} + \frac{0,02}{72} \right) = 486 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K}).$$

$$2. V_r = R_0 \frac{T}{P_r} = \frac{486 \cdot (273 + 40)}{1,9 \cdot 10^6} = 0,08 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$3. M = \mu \cdot F \cdot \Psi \sqrt{P_r / V_r} = 0,8 \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 0,7 \sqrt{\frac{1,9 \cdot 10^6}{0,08}} = 536 \text{ кг/с}.$$

$$4. r_0 = 12,5 \sqrt{M / W} = 12,5 \sqrt{536 / 1} = 289 \text{ м}.$$

6.4. Взрыв конденсированных взрывчатых веществ

Параметры взрыва конденсированных взрывчатых веществ (ВВ) определяются в зависимости от вида ВВ, эффективной массы, характера подстилающей поверхности и расстояния до центра взрыва. Расчет проводят в два этапа. Вначале определяют приведенный радиус R , для рассматриваемых расстояний, а затем избыточное давление $\Delta P_{\text{ф}}$.

Приведенный радиус зоны взрыва R может быть определен по формуле

$$\bar{R} = \frac{r}{\sqrt[3]{2 \cdot \eta \cdot Q \cdot k_{\text{эфф}}}}, \text{ м/кг}^{1/3},$$

где r - расстояние до центра взрыва ВВ, м;

η - коэффициент, учитывающий характер подстилающей поверхности, принимаемый равным: для металла - 1; для бетона - 0.95; для грунта и дерева - $0.6 \div 0.8$;

Q - масса ВВ, кг.

$k_{\text{эфф}}$ - коэффициент приведения рассматриваемого вида ВВ к тротилу, принимаемый по приведенной ниже таблице.

Значения коэффициента $k_{эфф}$

Вид ВВ	Тротил	Тритонал	Гексоген	ТЭН	Аммонал	Порох	ТНРС	Тетрил
$k_{эфф}$	1	1.53	1.3	1.39	0.99	0.66	0.39	1.15

В зависимости от величины приведенного радиуса избыточное давление может быть определено по одной из следующих формул

$$\Delta P_{\phi} = \frac{700}{3 \cdot \left(\sqrt{1 + \bar{R}^3} - 1 \right)}, \text{кПа, при } \bar{R} \leq 6.2; \quad (6.16)$$

$$\Delta P_{\phi} = \frac{70}{\bar{R} \cdot \left(\sqrt{\lg \bar{R}} - 0.332 \right)}, \text{кПа, при } \bar{R} > 6.2; \quad (6.17)$$

Расчеты можно проводить также по графику (рис.6.3), построенному с использованием этих формул.

6.5. Прогнозирование обстановки при авариях со взрывом на пожаровзрывоопасных объектах

Зоны разрушений можно определить по рекомендациям п.п. 6.1- 6.4. Обстановку в зоне принято оценивать показателями, которые могут быть разделены на две группы:

показатели, непосредственно характеризующие инженерную обстановку;
показатели, определяющие объем аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения.

Для прогнозирования обстановки на пожаровзрывоопасных объектах рекомендуется на план объекта нанести зоны с радиусами, соответственно равными $\Delta P_{\phi} = 100; 50; 30; 20; 10$ кПа.

При оперативном прогнозировании можно выделить четыре зоны разрушений: полных разрушений ($\Delta P_{\phi} \geq 50$ кПа);

сильных разрушений ($30 \leq \Delta P_{\phi} < 50$ кПа);

средних разрушений ($20 \leq \Delta P_{\phi} < 30$ кПа);

слабых разрушений ($10 \leq \Delta P_{\phi} < 20$ кПа).

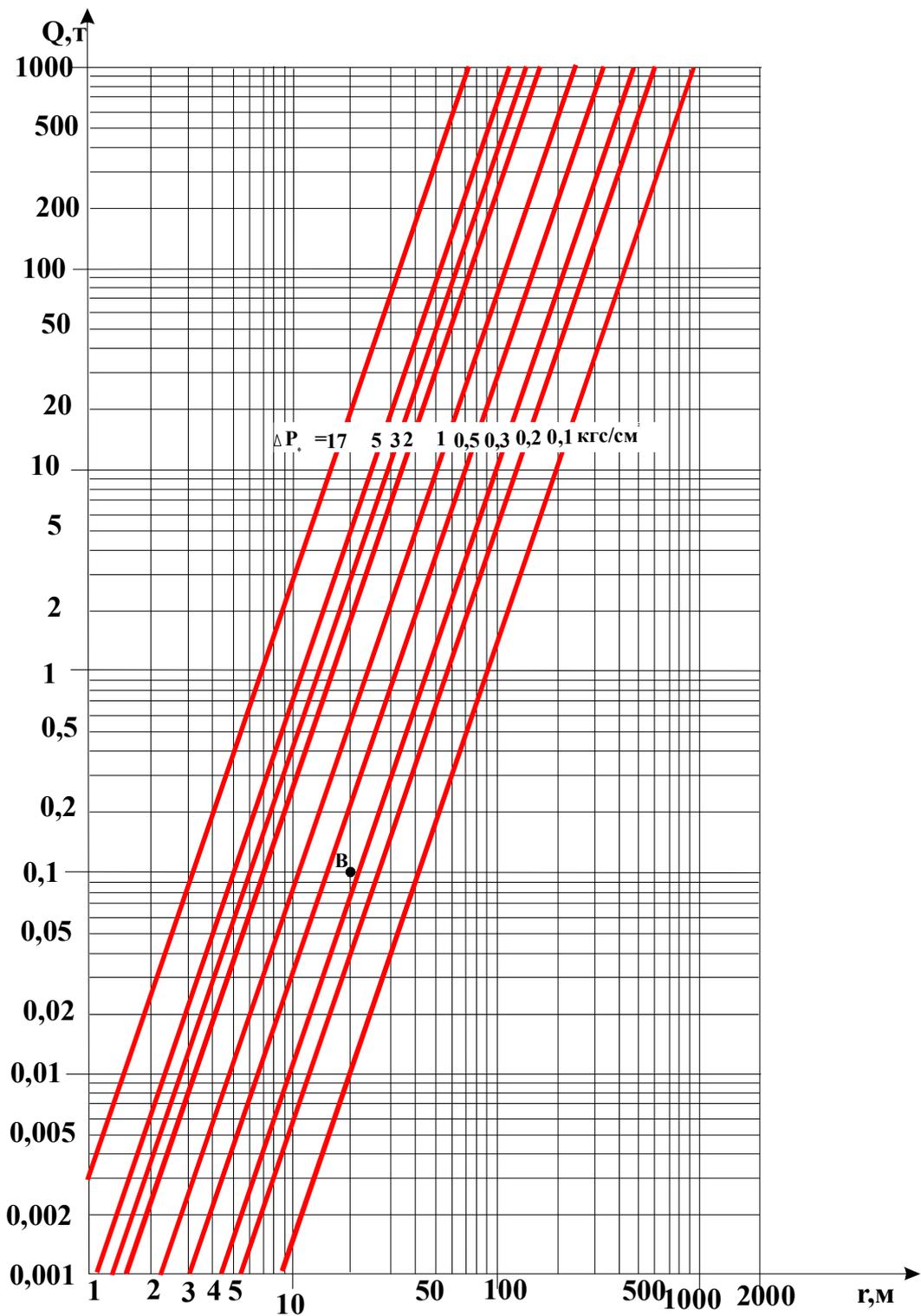


Рис. 6.3. Изменение значений $\Delta P_{фв}$ (kg/cm^2) при взрыве в зависимости от массы ВВ Q (kg) и расстояния r (m)

Пример: определить значение $\Delta P_{фв}$ на расстоянии $r = 20 \text{ m}$ при взрыве тротила $Q = 100 \text{ kg}$. На пересечении вертикальной линии $r = 20 \text{ m}$ с горизонтальной $Q = 100 \text{ kg}$ получим точку В, соответствующую $\Delta P_{фв} = 0,4 \text{ kg/cm}^2$.

Показатели инженерной обстановки

К основным показателям инженерной обстановки относят:
количество зданий, получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения;
объем завала;
количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или разрушенных конструкций;
количество аварий на коммунально-энергетических сетях (КЭС);
протяженность заваленных проездов.

Кроме основных показателей, при оценке инженерной обстановки могут определяться вспомогательные показатели, к которым относятся:

дальность разлета обломков от контура здания;
высота завала;
максимальный вес обломков;
максимальный размер обломков.

Рассмотрим порядок определения показателей, характеризующих инженерную обстановку. Для чрезвычайных ситуаций, вызванных взрывами, при оперативном прогнозировании обстановки принято рассматривать четыре степени разрушения зданий - слабые, средние, сильные и полные (табл. 6.4).

Количество зданий, получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения определяют путем сопоставления давлений, характеризующих прочность зданий и давлений, характеризующих воздействие взрыва.

В таблице 6.5 приведены интервалы давлений, вызывающих ту или иную степень разрушения жилых, общественных и производственных зданий при взрывах ВВ и горючих смесей. Данные, приведенные в таблице, представляют аппроксимацию законов определенных степеней разрушения зданий в виде ступенчатой функции.

Таблица 6.4

Характеристика степеней разрушения зданий

Степени разрушения	Характеристика разрушения
1	2
Слабые	Частичное разрушение внутренних перегородок, кровли, дверных и оконных коробок, легких построек и др. Основные несущие конструкции сохраняются. Для полного восстановления требуется капитальный ремонт.
Средние	Разрушение меньшей части несущих конструкций. Большая часть несущих конструкций сохраняется и лишь частично деформируется. Может сохраняться часть ограждающих конструкций (стен), однако при этом второстепенные и несущие конструкции могут быть частично разрушены. Здание выводится из строя, но может быть восстановлено.

1	2
Сильные	Разрушение большей части несущих конструкций. При этом могут сохраняться наиболее прочные элементы здания, каркасы, ядра жесткости, частично стены и перекрытия нижних этажей. При сильном разрушении образуется завал. Восстановление возможно с использованием сохранившихся частей и конструктивных элементов. В большинстве случаев восстановление нецелесообразно.
Полные	Полное обрушение здания, от которого могут сохраниться только поврежденные (или неповрежденные) подвалы и незначительная часть прочных элементов. При полном разрушении образуется завал. Здание восстановлению не подлежит.

Таблица 6.5

Степени разрушения зданий от избыточного давления
при взрывах горючих смесей

Типы зданий	Степени разрушения и избыточные давления, кПа			
	слабые	средние	сильные	полные
1	2	3	4	5
Кирпичные и каменные: малоэтажные многоэтажные	8 - 20	20 - 35	35 - 50	50 - 70
	8 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60
Железобетонные крупнопанельные: малоэтажные многоэтажные	10 - 30	30 - 45	45 - 70	70 - 90
	8 - 25	25 - 40	40 - 60	60 - 80
Железобетонные монолитные: многоэтажные повышенной этажности	25 - 50	50 - 115	115 - 180	180 - 250
	25 - 45	45 - 105	105 - 170	170 - 215
Железобетонные крупнопанельные с железобетонным и металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемно- стью, в тоннах: до 50 от 50 до 100	5 - 30	30 - 45	45 - 75	75 - 120
	15 - 45	45 - 60	60 - 90	90 - 135
Здания со стенами типа "Сэндвич" и крановым оборудованием грузоподъемно- стью до 20 тонн	10 - 30	30 - 50	50 - 65	65 - 105
Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листо- вого металла	5 - 10	10 - 20	20 - 35	35 - 45

Взрывы на объектах, содержащих менее 10 тонн горючих газов, воздействуют на ограниченной площади.

При этом, в большинстве случаев, здания полностью не разрушаются. К таким случаям относятся также взрывы в отдельных помещениях больших зда-

ний. Оценку характера разрушения зданий в этом случае можно провести в следующей последовательности:

1. Определить расстояние r от предполагаемого места взрыва до основных несущих и ограждающих элементов здания.
2. Вычислить границы зоны r_0 детонационной волны.
3. Определить значение избыточного давления ΔP_{ϕ} в местах размещения элементов конструкций.
4. Если $\Delta P_{\phi} \geq |\Delta P_{\phi}|$, то элемент считается вышедшим из строя. Значения $|\Delta P_{\phi}|$ определяются по таблице 6.6.

Таблица 6.6

Предельные значения давлений $|\Delta P_{\phi}|$, вызывающих различные степени разрушений отдельных конструктивных элементов зданий

$|\Delta P_{\phi}|$, кПа	Элементы здания
0,5 - 3,0	Частичное разрушение остекления
3,0 - 7,0	Полное разрушение остекления
12	Перегородки, оконные и дверные рамы
15	Перекрытия
30	Кирпичные и блочные стены
70	Металлические колонны
90	Железобетонные колонны

Затем по характеру разрушения отдельных элементов здания судят о степени разрушения здания в целом. При этом используются известные описания степеней разрушения здания.

Могут также использоваться таблицы, приведенные в справочной литературе, по прочности зданий к воздействию воздушной ударной волны ядерного взрыва. В этом случае значения, вызывающие различные степени разрушения зданий, увеличивают в 1,5 ÷ 1,7 раза.

Объем завала полностью разрушенного здания определяют по формуле

$$V = \frac{\gamma \cdot A \cdot B \cdot H}{100}, \text{ м}^3, \quad (6.18)$$

где A, B, H - длина, ширина и высота здания, м;

γ - объем завала на 100 м³ строительного объема здания, принимаемый:

для промышленных зданий - $\gamma = 20 \text{ м}^3$;

для жилых зданий - $\gamma = 40 \text{ м}^3$.

Объем завала здания, получившего сильную степень разрушения, принимают равным половине от объема завала полностью разрушенного здания.

Количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или разрушенных конструкций, принимают из расчета один участок на здание, получившее сильное разрушение.

Количество аварий на КЭС принимают равным числу разрушенных вводов коммуникаций в здание (электро-, газо-, тепло- и водоснабжения). Кроме того, проверяется возможность разрушения головных элементов коммуникаций

и линий снабжения. Ввод коммуникации считается разрушенным, если здание получило полную или сильную степень разрушения. При отсутствии исходных данных можно принять, что каждое здание имеет четыре ввода коммуникации.

Протяженность заваленных проездов оценивается с учетом ширины улиц и дальности разлета обломков. При отсутствии данных ширина улиц принимается равной:

- 30 м - для магистральных;
- 18 м - районных;
- 10 - 12 м - проездов и переулков.

Дальность разлета обломков разрушенных зданий определяется для оценки заваливаемости подъездов. Дальность разлета обломков принимают равным половине высоты здания.

Высота завала вычисляется для выбора способа проведения спасательных работ. Расчеты высоты завала проводят по формуле (2.15).

Если высота завала составляет 4 . . . 5 м, то более эффективной является проходка галерей в завале, при проведении спасательных работ из заваленных подвалов.

Максимальный вес и размер обломков, определяющих грузоподъемность и вылет стрелы кранов может быть принят в соответствии с табл. 6.7.

К основным показателям, влияющим на объемы поисково-спасательных работ и жизнеобеспечение населения, относятся:

общая численность пострадавших людей; число пострадавших, оказавшихся в завале; число людей, оказавшихся без крова (для жилых районов); потребность во временном жилье; пожарная обстановка в зоне разрушений; радиационная и химическая обстановка в районе аварии.

Кратко рассмотрим рекомендации по прогнозированию этих показателей.

При взрывах на объектах люди поражаются непосредственно воздушной ударной волной, осколками остекления и обломками зданий, получивших полные и сильные разрушения, значительная часть людей может оказаться в завалах.

Таблица 6.7

Максимальный вес и размеры обломков зданий

Тип здания	Пролет здания, м	Максимальный вес, т	Максимальный размер, м
Производственное одноэтажное легкого типа	6	3	Колонны до 7,2 т
	12	5	
	18	12	
среднего типа	18	8	Колонны до 10,8 т
	24	20	
тяжелого типа	24	20	Колонны до 18 т
	36	35	
Производственное многоэтажное	6 - 9	10	Колонны до 14,8 т
Жилое	6	2,5	Колонны до 8 т Плиты - 6

Рекомендации по определению численности пострадавших в завалах, образованных при взрывах, разработаны доцентом Вороновым М.Н. На основании анализа материалов случившихся аварий основным фактором, определяющим потери, является степень повреждения зданий. Принимается, что:

в полностью разрушенных зданиях выходит из строя 100 % находящихся в них людей, при этом полагают, что все пострадавшие находятся в завалах;

в сильно разрушенных зданиях выходит из строя до 60 % находящихся в них людей, при этом считают, что 50 % из числа вышедших из строя может оказаться в завале, остальные поражаются обломками, стеклами и давлением в волне;

в зданиях, получивших средние разрушения, может выйти из строя до 10 - 15 % находящихся в них людей.

Тогда *максимальное количество людей, вышедших из строя* в зданиях, составит

$$N_{\text{об.зд.}} = N_{\text{пол.р}} + 0,6 N_{\text{сил.р}} + 0,15 N_{\text{ср.р}}, \quad (6.19)$$

где $N_{\text{пол.р}}$, $N_{\text{сил.р}}$, $N_{\text{ср.р}}$ - количество людей, находящихся в зданиях, получивших соответственно полные, сильные и средние разрушения.

Общее число вышедших из строя людей, размещенных на открытой местности, можно определить из выражения

$$N_{\text{об.откр}} = d \times \varphi \sum P_i F_i, \quad (6.20)$$

где d - доля людей, которые в момент взрыва могут оказаться в опасной зоне вне зданий (при отсутствии данных величина d может быть принята равной 0,05;

φ - плотность людей, чел./км²;

F_i - площадь территории объекта, где воздействует воздушная ударная волна с давлением $\Delta P_{\phi, i}$;

P_i - вероятность выхода из строя персонала, находящегося в i -ой зоне воздействия ударной волны взрыва (табл. 6.8).

Таблица 6.8

ΔP_{ϕ} , кПа	< 13	13 - 35	35 - 65	65 - 120	120 - 400	≥ 400
P_i	0	0,75	0,35	0,13	0,05	0

Площадь F_i вычисляется путем поочередного вычитания из площади зоны поражения с давлением $\Delta P_{\phi, i}$ площади зоны поражения с давлением $\Delta P_{\phi, i+1}$.

Общие потери людей на объекте будут суммироваться из чисел пострадавших в зданиях и вне зданий

$$N_{\text{об}} = N_{\text{об.зд.}} + N_{\text{об.откр.}} \quad (6.21)$$

Безвозвратные потери людей на объекте составят

$$N_{\phi} = 0,6 N_{\text{об}}, \quad (6.22)$$

а санитарные потери

$$N_{\text{с}} = N_{\text{об}} - N_{\phi}. \quad (6.23)$$

Число пострадавших, оказавшихся в завалах, определяется из выражения

$$N_{\text{зав}} = N_{\text{пол.р}} + 0,3N_{\text{сил.р.}} \quad (6.24)$$

Радиусы зон теплового поражения людей, в случае горения смеси по дефлаграционному режиму, могут быть определены с использованием зависимостей, приведенных В.Маршаллом:

получение ожогов III степени

$$R_{\text{п}} = 80 Q^{0,42}, \text{ м}, \quad (6.25)$$

получение ожогов II степени

$$R_{\text{п}} = 150 Q^{0,42}, \text{ м}, \quad (6.26)$$

где Q - масса газа в смеси, т.

В последнем случае потери людей от разрушения зданий и воздействия воздушной ударной волны не рассчитываются.

Число людей, оказавшихся без крова, принимается равным численности людей, проживающих в зданиях, получивших средние, сильные и полные разрушения.

Потребность в жилой площади во временных зданиях, домиках и палаточных городках может быть определена из расчета размещения:

3 - 4 человека (или 1 семья) в комнате сборно-разборного домика, площадью 8 - 10 м²;

4 - 5 человек (или 1 семья) в одной лагерной палатке;

до 20 человек в палаточном общежитии УСБ-56 и до 30 коек при использовании УСБ-56 для развертывания больниц и медицинских пунктов при двухъярусном размещении больных.

Радиационная и химическая обстановка в районе аварии оценивается по соответствующим известным методикам. При этом учитывается, что незащищенные емкости со СДЯВ могут разрушаться от воздушной ударной волны при давлениях $\Delta P_{\text{ф}} = 70 \dots 75$ кПа.

При заблаговременной оценке обстановки вдоль трассы магистрального газопровода выделяют, как правило, четыре полосовых участка параллельно газопроводу (с каждой стороны). Эти полосовые участки соответствуют характерным зонам разрушений:

полных разрушений ($\Delta P_{\text{ф}} \geq 50$ кПа);

сильных разрушений ($30 \leq \Delta P_{\text{ф}} < 50$ кПа);

средних разрушений ($20 \leq \Delta P_{\text{ф}} < 30$ кПа);

слабых разрушений ($10 \leq \Delta P_{\text{ф}} < 20$ кПа).

Зоны определяют по методике, изложенной в п. 6.3, а затем наносят на схему вдоль трассы газопровода и определяют показатели обстановки с использованием табл.6.4 ...6.8.

В заключение отметим, что показатели аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения используются при определении состава сил и средств, привлекаемых для ликвидации последствий аварий.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается сущность моделей воздействия при определении параметров взрыва газоздушных смесей в открытом пространстве?
2. Назовите расчетные модели, на основе которых получены формулы по определению параметров взрывов газоздушных смесей в производственных помещениях?
3. Изложите особенности расчетных моделей для определения параметров взрывов пылевоздушных смесей в помещениях?
4. В чем заключается сущность методики по определению зон воздействия ударной волны при аварийной разгерметизации магистрального газопровода?
5. Назовите основные показатели, характеризующие инженерную обстановку при авариях на пожаровзрывоопасных объектах и методические подходы к их определению?

Глава 8. Обстановки на территории объекта экономики, в жилых зонах после применения обычных средств поражения

8.1. Понятие об очаге поражения и краткая характеристика поражающих факторов обычных средств

Очагом поражения обычным оружием называется территория, в пределах которой при массированном воздействии противником обычными средствами поражения (ОСП) в городах и областях экономики возникают массовые поражения людей, большие по масштабам разрушения зданий и сооружений, пожары и гибель сельскохозяйственных животных. В отличие от очага ядерного поражения этот очаг носит не сплошной, а местный (локальный) характер. При воздействии противником ОСП по городам они могут возникать на важных объектах экономики, а также в пределах жилой застройки. При этом воздействие будет осуществляться выборочно, в первую очередь будут поражаться пожаро-, взрыво-, химически- и радиационно-опасные объекты.

Очаги поражения подразделяют на простые и сложные (комбинированные). Простые характеризуются одновременным применением только фугасных, осколочных и зажигательных боеприпасов. Сложные - одновременным применением различных типов боеприпасов.

Воздействие боеприпасов на людей, здания и сооружения подразделяются на прямое и косвенное. Прямое воздействие характеризуется непосредственным воздействием поражающих факторов: ударное или пробивное действие; действие взрывной и воздушной ударной волны; осколочное и огневое действие.

Ударное действие характерно для всех типов боеприпасов, но наибольшую опасность представляют специально созданные, для поражения этим поражающим фактором бронебойные и бетонобойные боеприпасы.

Действием взрывной волны характеризуются фугасные боеприпасы и боеприпасы объемного взрыва. Взрывная волна вызывает разрушения и выброс материалов среды за счет выделения большого количества нагретых газов с температурой до 5000° и давлением до 20000 кгс/см^2 .

Действие воздушной ударной волны также характерно для боеприпасов объемного взрыва и фугасных боеприпасов. Воздушная ударная волна вызывает разрушения за счет движения воздуха. Длительность действия этой волны в 10 и более раз меньше длительности действий воздушной ударной волны ядерного взрыва. Поэтому разрушающие действия воздушной ударной волны от взрыва обычного боеприпаса значительно меньше, чем действие воздушной ударной волны ядерного взрыва. При воздействии боеприпасов объемного взрыва здания, сооружения могут быть разрушены в результате действия воздушной ударной волны, а также затекание газовойоздушной смеси во входы, каналы воздухообеспечения с последующей детонацией.

Осколочные поражения и огневое воздействие возникают от взрыва всех типов боеприпасов, но наибольшую опасность поражения этим факторам представляют специальные, осколочные и зажигательные боеприпасы.

Показателями зажигательных средств являются время горения (от 5 до 15 мин.) и температура горения (от 1200⁰ до 3000⁰). Показателями осколочных боеприпасов являются плотность осколков и дальность их разлета.

Основными поражающими факторами при косвенном воздействии являются: пожары; загазованность; катастрофическое затопление территории и мест проведения АСДНР фекалиями и водой; заражение территорий СДЯВ (АХОВ).

8.2. Поражающее действие обычных средств поражения на здания, сооружения, промышленные и жилые зоны

Разрушение зданий и сооружений в очаге поражения возможно как при прямом попадании, так и при взрыве вблизи них. Разрушения больших зданий (как по размерам в плане, так и по высоте) обычными средствами поражения будет носить, как правило, локальный характер. При этом часть здания может быть полностью разрушена, в то же время оставшаяся часть может не иметь каких-либо серьезных повреждений.

Принято считать, что здания могут получить полное, сильное, среднее и слабое разрушение. Полное разрушение характеризуется разрушением и обрушением от 50 до 100% объема зданий, сильное - разрушением от 30 до 50% объема зданий, среднее - до 30%, при этом подвалы сохраняются, часть помещений здания пригодна для использования. Слабое разрушение характеризуется разрушением второстепенных элементов здания (оконных, дверных заполнений и перегородок, при этом здание после небольшого ремонта может быть использовано. При оценке характера разрушений в очаге поражения необходимо учитывать, что наиболее стойким к воздействию взрыва являются кирпичные здания с массивными стенами, с большим количеством внутренних перегородок, а также промышленные здания со стальным или железобетонным каркасом. Панельные здания при тех же условиях получают большую степень разрушения.

Радиус разрушения зданий в городе (R_p) при взрыве фугасного боеприпаса может быть определен исходя из условия, что энергия взрывной (сферической) ударной волны, действующей на площадь преграды удаленной от центра взрыва на расстояние равном радиусу разрушения (E_B), больше или равна энергии, необходимой для разрушения преграды (U_{ps}).

$$\text{Известно, что } E_B = \frac{E_0 \cdot \eta \cdot G_{\text{эф}}}{4\pi \cdot R_p^2} \cdot S$$

где: E_0 – энергия, выделяющаяся при взрыве 1 кг ВВ;

η – коэффициент, учитывающий долю энергии, идущей на разрушение;

$G_{\text{эф}} = K_{\text{эф}} \cdot G$ – эффективная мощность взрыва ВВ, приведенная к тротилу;

U_p – энергия, вызывающая заданную степень разрушения преграды;

d – толщина конструкций преграды (стены).

Приравнявая $E_B = U_{ps}$, получим $R^2 = \frac{E_o \cdot \eta \cdot G_{\text{эф}}}{U_p \cdot d \cdot 4\pi}$,

тогда $R = \sqrt{\frac{E_o \eta}{4\pi \cdot U_p}} \sqrt{\frac{G_{\text{эф}}}{d}}$,

при известных E_o , η и U_p получим

$$R = K \sqrt{\frac{G_{\text{эф}}}{d}}, \text{ м} \quad (8.1)$$

$G_{\text{эф}}$ - вес заряда взрывчатого материала (ВМ) в боеприпасе, приведен к весу тротила и равный:

$$G_{\text{эф}} = G K_{\text{эф}}, \text{ кг} \quad (8.2)$$

В формулах 7.1 и 7.2:

$K_{\text{эф}}$ - коэффициент эффективности ВВ (для тритонала $K_{\text{эф}}=1,53$);

K - коэффициент, зависящий от применяемого ВМ и материала строительной конструкции принимается:

при расчете разрушений отдельного здания: $K=0,6$ - для кирпичных;

$K=0,25$ - для железобетонных конструкций;

при оперативном определении разрушения на объекте экономики и в жилой застройки принимается усредненное значение $K=0,5 \div 0,6$.

d - толщина стен, принимают:

$d=0,3$ м - для панельных зданий и $d=0,5$ - для кирпичных зданий.

G - вес заряда ВМ в применяемом противником боеприпасе, кг;

$K_{\text{эф}}$ - коэффициент эффективности ВМ по отношению к тротилу, принимается по таблице 8.1

Таблица 8.1

Вид ВМ	Тротил	Тритонал	Грему-чая ртуть	ТНРС	Гексоген	ТЭН	Тетрил	Аммотол	Аммонселитра	Дымный порох
$K_{\text{эф}}$	1,0	1,53	0,41	0,39	1,3	1,39	1,12	0,99	0,34	0,66

Вес заряда боеприпаса можно определить по табл. 8.2.

Вес G заряда ВМ в боеприпасах.

Калибр авиабомбы фунтов Индекс ракеты	Все ВВ, кг (тротил)	Число разрушаемых перекрытий, ед
100	28	1-2
250	62	1-2
500	128	2-3
750	177	3-4
1000	270	4-5
2000	536	4-5
3000	896	7-8
УР "Булпап"	170 (тротил)	4-5
УР "Мейверик"	-	1-2
УР "Мартель"	55	2-3

Ориентировочно, для оперативных расчетов иногда можно принять, что вес заряда ВМ в боеприпасе равен одной четвертой от калибра боеприпаса в фунтах.

Защитные сооружения могут так же разрушаться как при прямом попадании боеприпаса, так и при взрыве боеприпасов вблизи них.

Встроенные защитные сооружения при прямом попадании боеприпаса в здание разрушаются при условии, если взрыв произошел на поверхности перекрытия защитного сооружения, то есть при пробивании боеприпасом всех междуэтажных перекрытий здания.

Отдельно стоящее сооружение при прямом попадании боеприпаса будет разрушено.

Радиус разрушения при взрыве на поверхности защитной толщ перекрытия убежища можно определить по формуле:

$$r = m \cdot K \cdot \sqrt[3]{G_{\text{эф}}}, \text{ м} \quad (8.3)$$

где m - коэффициент, учитывающий забивку, принимается равным от 1 до 1,3. При отсутствии грунтовой засыпки $m=1,0$;

K - коэффициент податливости материала разрушению взрывом (для железобетона $K=0,3$).

Поражающее действие обычного оружия на промышленные и жилые зоны оценивается степенью поражения этих зон. При этом под промышленной и жилой зоной следует понимать отдельные объекты экономики или жилые массивы.

Степень поражения зоны "Д" определяется как отношение площади промышленной или жилой зоны " S_p ", оказавшейся в пределах полных и сильных разрушений застройки, к площади застройки рассматриваемой зоны " S_3 ":

$$D = \frac{S_p}{S_3} - \text{для объекта экономики;} \quad (8.4)$$

$$D = \frac{S_p}{S_{жз}} - \text{для жилой зоны.}$$

Здесь: $S_p = \pi \cdot R_p^2$, $S_з = S_{об} \cdot \rho$

$S_{об}$ - площадь объекта экономики;

ρ - плотность застройки;

$S_{жз}$ - плотность жилой зоны.

В зависимости от величины степени поражения "Д" считают, что промышленная и жилая зона может получить четыре степени разрушения: слабую, среднюю, сильную и полную (см. таблицу 8.3), исходя из этих условий и оцениваются показатели обстановки на объекте.

Показатели обстановки для жилой зоны при прогнозировании определяются исходя из условия, что каждая из жилых зон может получить степень поражения равную 0,3 и 0,7.

Характер разрушения промышленной и жилой зоны в зависимости от степени поражения можно определить по таблице 8.3.

Таблица 8.3

Степень поражения	Степень разрушения	Плотность тротила, т/км ²		
		способ бомбометания		Высокоточное оружие
		площадное	прицельное	
менее 0,2	слабая	10	5	4
$0,2 < D < 0,5$	средняя	20	15	12
$0,5 \leq D < 0,8$	сильная	40	30	18
$D \geq 0,8$	полная	80	50	40

Из таблицы 8.3 видно, что степени поражения и разрушения объекта или жилой зоны можно определить зная плотность тротила в т/км² и способ бомбометания.

8.3. Прогнозирование инженерной обстановки в промышленной и жилой зонах.

Обстановка, которая может возникнуть после применения противником обычных средств поражения, оценивается в три этапа. На первом этапе осуществляется прогноз обстановки в мирное время с целью обоснованного планирования мероприятий ГО, определения сил и средств для проведения АСДНР в очаге поражения. На втором этапе оценка обстановки производится сразу после получения органами управления ГО данных о воздействии противника с целью подготовки предложений для принятия решения начальником ГО. На этом этапе уточняются результаты прогнозирования последствий нападения противника, полученные при заблаговременной оценке обстановки.

И на третьем этапе осуществляется уточнение обстановки с учетом данных разведки.

Для оценки обстановки на первом этапе принимаются предпосылки: варианты загрузки средств доставки с учетом наиболее эффективного воздействия противником по объектам; бомбометание по объектам экономики осуществляется прицельно по наиболее важным элементам; по жилой зоне бомбометание производится как по площадной цели; поражение категорированных промышленных объектов осуществляется высокоточным оружием; к моменту нападения противника все защитные сооружения приведены в готовность и заполнены по нормам. На первом и втором этапах определение показателей осуществляется исходя из степени поражения объекта определенной по формуле (8.4).

При этом площадь разрушения (S_p) определяется по формуле

$$S_p = S_{p.бп.} \cdot N_c \cdot n_{бп} \quad (8.5)$$

Здесь: $S_{p.бп.} = \pi R_p^2$, N_c - количество самолетов, $n_{бп}$ - количество боеприпасов.

S_3 в формуле () определяется исходя из площади объекта ($S_{об}$) и плотности застройки "ρ" в долях или процентах.

Оценка инженерной обстановки

При оценке возможной инженерной обстановки на объекте или в жилой зоне оценивается: количество разрушенных и заваленных защитных сооружений (ЗС); протяженность завалов на внутривоздушных проездах и на маршрутах ввода сил; количество аварий на коммунально-энергетических сетях (КЭС); объем завалов, подлежащих разборке для извлечения из под них пострадавших; количество участков в застройке подлежащих обрушению; трудоемкость выполнения инженерно-спасательных работ (ИСР); численность личного состава для проведения ИСР и потребное количество инженерной техники. Для определения показателей инженерной обстановки необходимо иметь исходные данные: площадь объекта или жилой зоны, плотность застройки объекта; количество убежищ и укрытий.

Количество заваленных защитных сооружений определяют по формуле:

$$P = K \cdot C, \text{ ед.} \quad (8.6)$$

где: K - количество защитных сооружений, ед.;

C - коэффициент, равный относительной доле ЗС, заваленных при воздействии противника, от общего числа рассматриваемых ЗС на объекте экономики и принимается по таблице 8.4.

Значения коэффициента «С» для защитных сооружений на объекте экономики

Степень разрушения объектов экономики	Коэффициент «С»	
	Для убежищ	Для укрытий
Слабая	0,1	0,2
Средняя	0,2	0,4
Сильная	0,3	0,6
Полная	0,4	0,8

Количество разрушенных убежищ принимают в 5 раз меньше количества заваленных, а разрушенных укрытий в 4 раза меньше количества заваленных укрытий.

Протяженность заваленных внутри объектовых проездов (км) и количество аварий на КЭС (ед.) принимают в зависимости от площади объекта и степени его разрушения:

$$P = S_{\text{об}} \cdot C \quad (8.7)$$

где: $S_{\text{об}}$ - площадь объекта экономики, км²;

C - коэффициент, принимаемый по таблице 7.4.

Таблица 8.4

Значение коэффициента «С» (в долях)

Степень разрушения объекта экономики	Коэффициент «С»	
	для маршрутов ввоза сил	для КЭС
Средняя	0,2	4
Сильная	0,3	6
Полная	0,4	12

Ориентировочно принимают, что пятую часть от заваленных проездов придется устраивать разравниванием по верху.

Общее количество аварий на КЭС можно распределить: на системах теплоснабжения - 15% электроснабжения, канализации и водоснабжения по 20% и газоснабжения 25%.

Количество заваленных защитных сооружений жилой зоны определяют в зависимости от ее степени поражения по формуле:

$$P = K \cdot C \cdot K_{\text{п}}, \text{ ед.} \quad (8.8)$$

где C - коэффициент, принимаемый по таблице 8.5;

$K_{\text{п}}$ - коэффициент пересчета, равный $K_{\text{п}} = \frac{D}{0,7}$;

D - реальная степень поражения.

На первом этапе прогнозирования Д принимают равным 0,3 и 0,7.

Таблица 8.6

Значение коэффициента "С" для жилой зоны города (в долях).

Показатели инженерной обстановки	Коэффициент
Количество заваленных убежищ	0,35
Количество заваленных укрытий	0,7
Протяженность завалов на маршрутах	0,18
Количество аварий на КЭС	1,4

Примечание. Значение "С" соответствует степени поражения жилой зоны города $D = 0,7$.

Количество разрушенных убежищ принимают в пять раз меньше заваленных, а соответствующие показатели для укрытий в 4 раза меньше количества заваленных укрытий.

Протяженность завалов на маршрутах ввода сил ГО (км) и количество аварий на КЭС (ед) оценивают в зависимости от площади рассматриваемой жилой зоны и степени ее поражения:

$$P = S_{ж.з.} \cdot C \cdot K_{п} \quad (8.9)$$

здесь $S_{ж.з.}$ - площадь жилой зоны, км²
 C - коэффициент принимается по таблице 8.6.

Распределение общего количества аварий по видам то же, что и для аварий для КЭС объектов экономики.

Анализ возможной инженерной обстановки в случае нанесения противником по объекту экономики или жилой зоне удара обычными средствами поражения показывает, что основными задачами, в этом случае, будут: вскрытие заваленных защитных сооружений и подача в них воздуха; проделывание проездов в завалах; разборка завалов для извлечения пострадавших, ликвидация аварий на КЭС, обрушение конструкций зданий в районе проведения работ.

Трудоемкость выполнения этих задач оперативно можно определить по формулам:

$$W_{сум}^{л.с.} = \sum_{i=1}^n P_i V_i, \text{ чел. час.} \quad W_{сум}^{мех} = \sum_{i=1}^n P_i V_i, \text{ маш. час.} \quad (8.10)$$

где $W_{сум}^{л.с.}$; $W_{сум}^{мех}$ - суммарная трудоемкость задач;

P_i - объем i -той задачи;

V_i - трудоемкость i -той задачи на единицу объема.

Потребное количество личного состава и инженерной техники определяется в зависимости от сроков и условий выполнения задачи.

$$N_{\text{сум}}^{\text{л.с.}} = \frac{W_{\text{сум}}^{\text{л.с.}} \cdot n}{T} \cdot K_{\text{усл}}, \text{ чел.} \quad N_{\text{сум}}^{\text{мсх}} = \frac{W_{\text{сум}}^{\text{мсх}} \cdot K_{\text{усл}}}{T \cdot K_{\text{т.г.}}}, \text{ ед.} \quad (8.11)$$

где n - количество смен в сутки;

$K_{\text{усл}}$ - коэффициент условий выполнения задач

$$K_{\text{усл}} = K_{\text{т}} \cdot K_{\text{зар}} \cdot K_{\text{в.г.}} \dots K_{\text{п}} \quad (8.12)$$

$K_{\text{т}}$; $K_{\text{зар}}$; $K_{\text{в.г.}}$... $K_{\text{п}}$ - коэффициенты, зависящие от времени суток, зараженности местности, времени года и т.д. Обычно их значения задаются сборником нормативов.

$K_{\text{т.г.}}$ - коэффициент технической готовности, принимается равным 0,85-0,9 в зависимости от состояния техники.

Оценка пожарной обстановки.

При оценке пожарной обстановки определяется: количество участков, на которых возможно образование отдельных, сплошных пожаров и огневых штормов; обеспеченность водой для тушения пожаров на объектах ведения АСДНР; протяженность фронта огня на маршрутах ввода сил и на объектах экономики; силы и средства противопожарного обеспечения.

Оценка двух последних показателей отличается от определения соответствующих показателей при ядерном ударе. При этом ниже рекомендации по оценке приведены для условий, когда до 40% бомбовой нагрузки приходится на долю зажигательных средств.

Протяженность фронта огня на объекте оценивают по формуле:

$$P = 0,24 \cdot S \cdot K'_{\text{п}} \quad (8.13)$$

где S - площадь объекта (жилой зоны);

$K'_{\text{п}}$ - коэффициент, определяемый по таблице 8.7.

Таблица 8.7

Значения $K'_{\text{п}}$ в зависимости от степени поражения

Степень поражения объекта (жилой зоны) (Д)	Коэффициент $K'_{\text{п}}$
$Д \ll 0,6$	$Д / 0,6$
$Д = 0,8$	0,9
$Д = 0,8$	0,7

Протяженность фронта огня на маршрутах ввода сил ГО составляет 20% от протяженности фронта огня на объектах.

Силы и средства противопожарного обеспечения АСДНР ориентировочно определяют исходя из нормы, в соответствии с которой одно пожарное отделение с пожарной машины может выполнить работу по тушению пожара на участке с фронтом огня не более 50 м.

На втором этапе, прогнозирования после нападения противника, оценку пожарной обстановки производят в кратчайший срок в течение до 30 минут, используя при этом справочник противопожарной службы ГО.

Оценка медицинской обстановки

В этой главе под оценкой медицинской обстановки понимается определение потерь населения на объектах экономики и жилых зонах с оценкой количества пострадавших, оказавшихся в завалах. Эти данные необходимы не только для расчета необходимого количества сил и средств медицинской службы для оказания первой медицинской, врачебной и специализированной помощи, но и для определения потребностей в силах и средствах для проведения инженерно-спасательных работ. Для расчета потерь необходимо иметь данные о характере и степени защищенности населения.

Математическое ожидание потерь (в дальнейшем будем называть - потеря) населения в жилой зоне могут быть определены по формуле:

$$M(N) = \sum_{i=1}^n N_i C_i, \text{ чел.} \quad (8.14)$$

где N_i - численность населения по i -му варианту защищенности;
 n - число i -тых степеней защиты;
 C_i - коэффициент потерь, равный вероятности поражения укрываемых (в долях) по i -му варианту защищенности при заданной степени поражения жилой зоны, определяемой по таблице 8.6.

Потери среди рабочих и служащих объекта экономики определяются также по формуле (8.14), в которой C_i - коэффициент потерь, равный вероятности поражения укрываемых (в долях) по i -му варианту защищенности при заданной степени разрушения объекта экономики определяется по таблице 8.9.

Таблица 8.8

Значение коэффициента потерь « C_i » для жилой зоны

Степень поражения жилой зоны	Защищенность населения					
	незащищено		в убежищах		в укрытиях	
	В и д ы п о т е р ь					
	общ.	сан.	общ.	сан.	общ.	сан.
0,1	4	3	0,3	0,2	0,5	0,4
0,2	8	6	0,7	0,5	1,0	0,75
0,3	10	7,5	1,0	0,7	1,5	1,0
0,4	12	9	1,5	1,0	2	1,5
0,5	16	12	1,8	1,2	5	3,5
0,6	28	21	2,5	1,6	10	7
0,7	40	30	5	3	15	10
0,8	80	60	7	4,5	20	15
0,9	90	65	10	7	25	18
1,0	100	70	15	10	30	20

Значение коэффициента потерь « С_і » для объекта экономики

Степень разрушения промышленной зоны (ОЭ)	Защищенность населения					
	незащищено		в убежищах		в укрытиях	
	В и д ы п о т е р ь					
	общ.	сан.	общ.	сан.	общ.	сан.
слабая	8	3	0,3	0,1	1,2	0,4
средняя	12	4	1	0,3	3,5	1
сильная	80	25	2,5	0,8	30	10
полная	100	30	7	2,5	40	15

Количество заваленных людей принимают равным 10 % от санитарных потерь незащищенного населения и 4 % от санитарных потерь защищенного населения.

Расчет можно провести по формулам:

$$N_{зав} = 0,1N_n^c + 0,04N_з^c, \text{ чел.};$$

$$W = V \cdot N_{зав}, \text{ чел.час.}$$

где $N_{зав}$ - количество заваленных людей, чел.;
 N_n^c - санитарные потери незащищенных людей, чел.;
 $N_з^c$ - санитарные потери защищенных людей, чел.
 W - трудоемкость на откопку людей, чел.час;
 V - трудоемкость на одного человека, чел.час.

Исходные данные для прогнозирования возможной обстановки, в случае применения противником обычных средств поражения по объектам экономики, готовятся дифференцированно в зависимости от постановки решаемой задачи и от того, в каком: объектовом или в территориальном (районном, городском) звене она решается.

В случае прогнозирования обстановки органом управления (отделом, сектором) по ГОЧС объекта, исходные данные задаются возможными координатами попаданий боеприпасов противника и их характеристиками. При этом рассматривается несколько (2-3) вариантов воздействия противника с нанесением объекту ущерба 0,3; 0,5 и 0,7 (30, 50 и 70%). За точки попаданий, в этом случае принимаются наиболее важные цеха и коммуникации, от которых в большей степени зависит производственный успех всего объекта.

В том случае, когда возможная обстановка на объектах экономики рассматриваемой территории прогнозируется или оценивается территориальным (город, район) органом управления по ГОЧС, тогда воздействие противника по объектам задается указанием количества и типов участвующих в ударе носителей ОСП.

ПРИМЕР.

Исходные данные.

4 самолета F-111 нанесли удар по машиностроительному заводу и прилегающему к нему жилому микрорайону. При этом 2 самолета атаковали завод и два - микрорайон.

Возможный вариант боевой загрузки 24 ФАБ-750 или 6 ФАБ-3000. Площадь завода - 0,15 км², плотность застройки - 30 %, площадь микрорайона - 0,08 км². Численность рабочей смены на заводе - 3000 чел. Характеристика защищенности рабочих смотри план завода.

Исполнить: Оценить медицинскую и инженерную обстановку на заводе.

РЕШЕНИЕ :

1. Определяем радиус разрушения одной бомбой указанного калибра

$$\Phi_{AB^R - 750} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{G_{эф}}{d}} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{177 \cdot 1,53}{0,5}} = 14 \text{ , м}$$

$$\Phi_{AB^R - 3000} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{896 \cdot 1,53}{0,5}} = 31 \text{ , м}$$

где d - толщина стены,
d=0,3 - железобетонной;
d=0,5 - кирпичной.

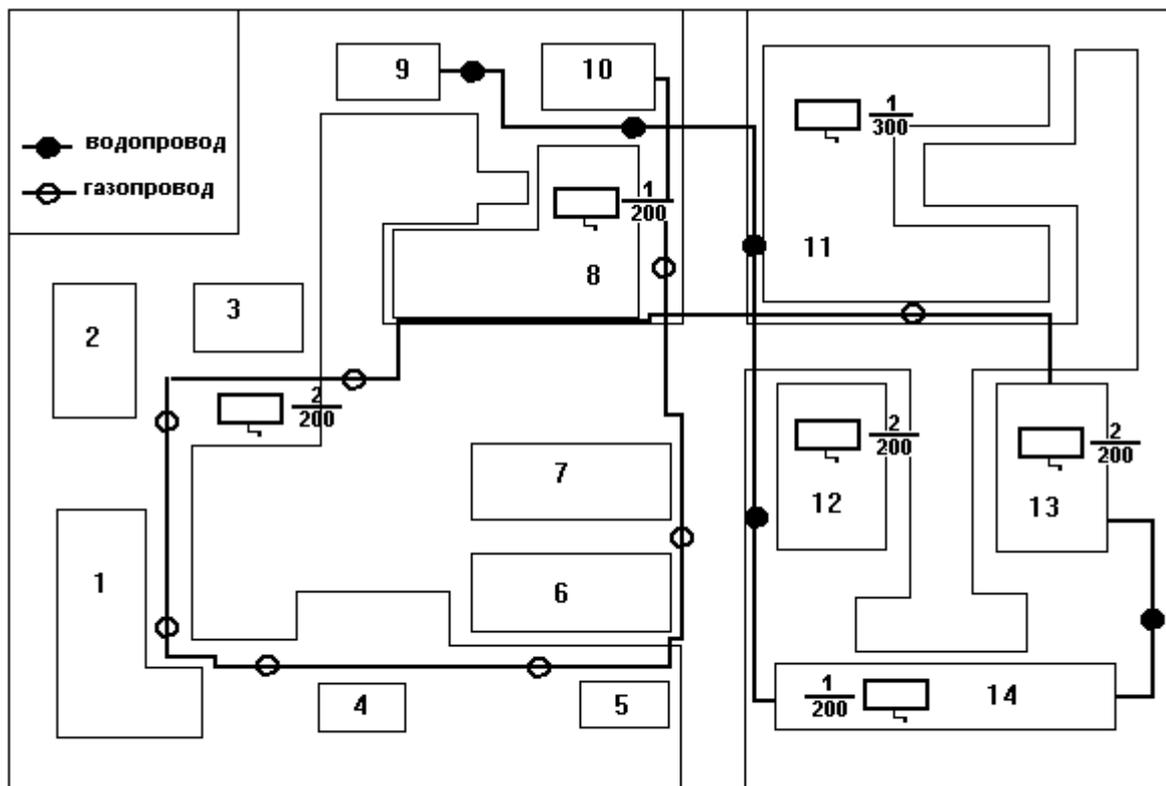


Рис. План машиностроительного завода (учебник)

ОБЩИЕ ДАННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗДАНИЙ

Показатели	Хар-ка	№	Наименование	Н _{од}	Тип	НРС
Наибольшая работающая смена, чел	3000	1	Заводоуправление	18	кирп.	100
		2	КБ и столовая	18	кирп.	150
Количество убежищ/местимость, ед./чел.	6/1400	3	Помещение ВОХР	4	кирп.	10
		4	Медпункт	2	кирп.	20
Количество укрытий (подвалов)/местимость, ед./чел.	3/600	6,7	Склады	12	кирп.	4
		8	Механический цех	8	карк.	200
Площадь объекта, км ²	0,15	9	Водонапорная башня	9	кирп.	3
		10	ГРП	8	кирп.	3

2. Определяем площадь разрушения от одной бомбы

$$S_{\Phi AB-750} = \Pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 14^2 = 615 \text{ м}^2$$

$$S_{\Phi AB-3000} = 3,14 \cdot 31^2 = 3018 \text{ м}^2$$

3. Определяем суммарную площадь разрушения на заводе при различных вариантах загрузки.

$$S_p^{\Phi AB-750} = 615 \cdot 24 \cdot 2 = 29520 \text{ м}^2$$

$$S_p^{\Phi AB-3000} = 3018 \cdot 6 \cdot 2 = 36216 \text{ м}^2$$

4. Определяем степень поражения завода.

$$D_{\Phi AB-750} = \frac{29520}{45000} = 0,7 \quad \text{/степень разрушения сильная/}$$

$$D_{\Phi AB-3000} = \frac{36216}{45000} = 0,8 \quad \text{/степень разрушения полная/}$$

5. Определяем потери на заводе.

а) общие:

$$M(N) = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i = 1400 \cdot 0,07 + 600 \cdot 0,4 + 1000 \cdot 1 = 98 + 240 + 1000 = 1338 \text{ чел.}$$

б) санитарные:

$$M(N) = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i = 1400 \cdot 0,025 + 600 \cdot 0,15 + 1000 \cdot 0,3 = 35 + 90 + 300 = 425 \text{ , чел.}$$

в) безвозвратные:

$$1338 - 425 = 913 \text{ чел.}$$

6. Оцениваем инженерную обстановку на объекте:
количество заваленных убежищ

$$P = K \cdot C = 6 \cdot 0,4 \approx 3 \text{ уб.}$$

количество разрушенных убежищ

$$P = 3 : 5 = 0,4 \approx 1 \text{ уб.}$$

количество заваленных укрытий

$$P_{укр} = K \cdot C_i = 3 \cdot 0,8 \approx 1 \text{ укр.}$$

количество разрушенных укрытий (подвалов)

$$P = 3 : 4 = 1 \text{ укр.}$$

Будем считать, что рабочие, укрывающиеся в этом подвале, (Δ) оказались в завалах ($600 : 3 = 200$ чел.).

протяженность завалов на маршрутах

$$P = S_{оз} \cdot C = 0,15 \cdot 0,4 = 0,06 \text{ км} = 60 \text{ м}$$

из них высотой завала более 0,5 м составляет

$$P = 60 \cdot 0,2 = 12 \text{ м}$$

количество аварий на КЭС

$$P = 0,15 \cdot 12 = 1,8 \approx 2 \text{ аварии}$$

Объемы основных задач:

№ п/п	Наименование задачи	Единица измерения	Объем	Примечания
1	Вскрытие заваленных ЗС	ед.	6	
2	Ликвидация аварий на КЭС	ав.	2	
3	Продельывание проездов в завалах	м.	60	
4	Откопка пострадавших из-под завалов	чел.	200	

7. Определяем трудозатраты ($W_{\text{общ}}$) и потребное количество личного состава и техники ($N_{\text{л.с.}}$, $N_{\text{т}}$) для проведения ИСР. (стр. 36 нормат.)

$$W_{\text{общ}}^{\text{л.с.}} = \sum W_i^{\text{л.с.}} \cdot n = 6 \cdot 30 + 50 \cdot 2 + 0,06 \cdot 30 + 200 \cdot 12 = 2681,8 \approx 2682 \text{ чел-час.}$$

$$W_{\text{общ}}^{\text{тех.}} = \sum W_i^{\text{т.}} \cdot n = 6 \cdot 6 + 2 \cdot 2,5 + 0,06 \cdot 10 = 42 \text{ маш.час.}$$

Принимаем что спасательные работы приказано провести в течение 10 часов, в одну смену. Тогда:

$$N_{\text{л.с.}} = \frac{W_{\text{общ}}^{\text{л.с.}}}{T} = \frac{2682}{10} = 268 \text{ чел.}$$

$$N_{\text{тех.}} = \frac{W_{\text{общ}}^{\text{тех.}}}{T} = \frac{42}{10} = 4 \text{ ед.}$$

Контрольные вопросы:

1. Что понимается под очагом поражения обычным оружием? Способы воздействия обычными средствами поражения.
2. Действия на людей и сооружения воздушной ударной волны.
3. Как определяется степень поражения объекта площади разрушения и площади застройки?
4. Как можно определить радиус разрушения от боеприпаса в здании?
5. Какие показатели инженерной обстановки обычно оцениваются? Как?
6. Как оценивается возможная инженерная обстановка в жилой зоне?
7. Как оценивается возможная пожарная обстановка на объекте?
8. Как определяются потери населения?
9. Определить степень поражения объекта площадью $0,03 \text{ км}^2$ с плотностью застройки равной $0,2$. Противник применил по объекту три ФАБ-3000.

ГЛАВА 9. ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТА ЭКОНОМИКИ, В ЖИЛЫХ ЗОНАХ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЫЧНЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ

9.1. Понятие об очаге поражения и краткая характеристика поражающих факторов обычных средств

Очагом поражения обычными средствами называется территория, в пределах которой под воздействием поражающих факторов обычных средств поражения (ОСП) возникают разрушения зданий и сооружений, пожары, поражения людей и гибель сельскохозяйственных животных. В отличие от очага ядерного поражения этот очаг носит не сплошной, а местный (локальный) характер. При воздействии противником ОСП по городам они могут возникать на важных объектах экономики, а также в пределах жилой застройки. При этом воздействие будет осуществляться выборочно, в первую очередь будут поражаться пожаро-, взрыво-, химически- и радиационно-опасные объекты.

Очаги поражения подразделяют на простые и сложные (комбинированные). Простые очаги характеризуются одновременным применением только фугасных, осколочных и зажигательных боеприпасов. Сложные – одновременным применением боеприпасов различных типов.

Воздействие боеприпасов на людей, здания и сооружения подразделяется на прямое и косвенное. Прямое воздействие характеризуется непосредственным воздействием поражающих факторов: ударное или пробивное действие; действие взрывной и воздушной ударной волны; осколочное и огневое действие.

Ударное действие характерно для всех типов боеприпасов, но наибольшую опасность представляют специально созданные, для поражения этим поражающим фактором, бронебойные и бетонобойные боеприпасы.

Действием взрывной волны характеризуются фугасные боеприпасы и боеприпасы объемного взрыва. Взрывная волна вызывает разрушения и выброс материалов среды за счет выделения большого количества нагретых газов с температурой до 5000°C и давлением до 20000 кгс/см^2 .

Действие воздушной ударной волны также характерно для боеприпасов объемного взрыва и фугасных боеприпасов. Воздушная ударная волна вызывает разрушения за счет движения воздуха. Длительность действия этой волны в 10 и более раз меньше длительности действия воздушной ударной волны ядерного взрыва. Поэтому разрушающее действие воздушной ударной волны от взрыва обычного боеприпаса, при одинаковых давлениях, значительно меньше, чем действие воздушной ударной волны ядерного взрыва. При воздействии боеприпасов объемного взрыва здания и сооружения могут быть разрушены в результате действия воздушной ударной волны, а также затекания газозвуковой смеси во входы, каналы воздухооборудования с последующей детонацией.

Осколочные поражения и огневое воздействие возникают от взрыва всех типов боеприпасов, но наибольшую опасность поражения этими факторами представляют специальные, осколочные и зажигательные боеприпасы. Показателями зажигательных средств являются время горения (от 5 до 15 мин) и температура

горения (от 1200⁰С до 3000⁰С). Показателями осколочных боеприпасов являются плотность осколков и дальность их разлета.

Основными поражающими факторами при косвенном воздействии являются: пожары; загазованность; катастрофическое затопление территории и мест проведения АСДНР водой; заражение территорий СДЯВ (АХОВ).

9.2. Поражающее действие обычных средств поражения на здания, сооружения, промышленные и жилые зоны

Разрушение зданий и сооружений в очаге поражения возможно как при прямом попадании, так и при взрыве вблизи них. Разрушения больших зданий (как по размерам в плане, так и по высоте) обычными средствами поражения будет носить, как правило, локальный характер. При этом часть здания может быть полностью разрушена, в то же время оставшаяся часть может не иметь каких-либо серьезных повреждений.

Принято считать, что здания могут получить полное, сильное, среднее и слабое разрушение. Полное разрушение характеризуется разрушением и обрушением от 50 до 100% объема зданий, сильное - разрушением от 30 до 50% объема зданий, среднее - до 30%, при этом подвалы сохраняются, часть помещений здания пригодна для использования. Слабое разрушение характеризуется разрушением второстепенных элементов здания (оконных, дверных заполнений и перегородок), при этом здание, после небольшого ремонта может быть использовано. При оценке характера разрушений в очаге поражения необходимо учитывать, что наиболее стойким к воздействию взрыва являются кирпичные здания с массивными стенами, с большим количеством внутренних перегородок, а также промышленные здания со стальным или железобетонным каркасом. Панельные здания при тех же условиях получают большую степень разрушения.

Радиус разрушения R_p зданий при взрыве фугасного боеприпаса может быть определен исходя из условия, что энергия взрывной (сферической) ударной волны E_B , действующей на площадь преграды S , удаленной от центра взрыва на расстояние, равное радиусу разрушения R_p , больше или равна энергии U_p , необходимой для разрушения преграды. Энергия взрывной волны E_B , действующей на стенку, и энергия U_p , характеризующая прочность стены, могут быть описаны зависимостями:

$$E_B = \frac{E_0 \cdot \eta \cdot G_{\text{эф}}}{4\pi \cdot R_p^2} \cdot S; \quad U_p = U_0 S d;$$

- где E_0 – энергия, выделяющаяся при взрыве 1 кг взрывчатого вещества (ВВ), кг;
 η – коэффициент, учитывающий долю энергии, идущей на разрушение;
 $\pi=3,14$;
 $G_{\text{эф}}$ - вес заряда ВВ в боеприпасе, приведенный к весу тротила и равный: $G_{\text{эф}} = K_{\text{эф}} \cdot G$, кг;
 G - вес заряда ВВ, кг;
 $K_{\text{эф}}$ - коэффициент эффективности ВВ, принимаемый по табл. 9.1;
 U_p – энергия, требуемая для разрушения единицы объема преграды, кДж/м³;
 d – толщина преграды, м.

Приравнивая энергии $E_b = U_p$ и решая относительно R_p , получим

$$R_p = \sqrt{\frac{E_0 \cdot \eta \cdot G_{эф}}{4\pi \cdot U_0}} \cdot \sqrt{\frac{G_{эф}}{d}}, \text{ м}, \quad (9.1)$$

или

$$R_p = K \sqrt{\frac{G_{эф}}{d}}, \text{ м}, \quad (9.1)$$

где K - коэффициент с размерностью $\text{м}^{3/2}/\text{кг}^{1/2}$.

В формуле (9.2) коэффициент K , зависящий от применяемого ВВ и материала строительной конструкции, принимается равным:

при расчете разрушений отдельного здания:

$K=0,6$ – для кирпичных;

$K=0,25$ – для железобетонных конструкций;

при оперативном определении характера разрушений на объекте экономики и в жилой застройке принимается усредненное значение $K=0,5 \div 0,6$.

Толщина стен, принимается равной:

$d=0,3$ м – для панельных зданий и $d=0,5$ - для кирпичных зданий.

Таблица 9.1

Коэффициент эффективности ВВ по отношению к тротилу

Вид ВМ	Тротил	Тритонал	Грему-чая ртуть	ТНРС	Гексо-ген	ТЭН	Тетрил	Ам-монал	Аммон. селитра	Дым-ный порох
$K_{эф}$	1,0	1,53	0,41	0,39	1,3	1,39	1,12	0,99	0,34	0,66

Вес заряда боеприпаса можно определить по табл. 9.2.

Вес G заряда ВМ в боеприпасах

Калибр авиабомбы (фунтов) Индекс ракеты	Все ВВ, кг (тротил)	Число разрушаемых перекрытий, ед
100	28	1-2
250	62	1-2
500	128	2-3
750	177	3-4
1000	270	4-5
2000	536	4-5
3000	896	7-8
УР "Булпап"	170 (тротил)	4-5
УР "Мейверик"	-	1-2
УР "Мартель"	55	2-3

Ориентировочно, для оперативных расчетов, можно принять, что вес заряда ВВ в боеприпасе равен одной четвертой от калибра боеприпаса в фунтах.

Защитные сооружения могут так же разрушаться как при прямом попадании боеприпаса, так и при взрыве боеприпасов вблизи них.

Встроенные защитные сооружения при прямом попадании боеприпаса в здание разрушаются при условии, если взрыв произошел на поверхности перекрытия защитного сооружения, то есть при пробивании боеприпасом всех междуэтажных перекрытий здания.

Отдельно стоящее сооружение при прямом попадании боеприпаса будет разрушено.

Радиус разрушения при взрыве на поверхности защитной толщи перекрытия убежища можно определить по формуле:

$$r = m \cdot K \cdot \sqrt[3]{G_{\text{эф}}}, \text{ м} \quad (9.3)$$

где m - коэффициент, учитывающий забивку, принимается равным от 1 до 1,3. При отсутствии грунтовой засыпки $m=1,0$;

K - коэффициент податливости материала разрушению взрывом (для железобетона $K=0,3$).

Поражающее действие обычного оружия на промышленные и жилые зоны оценивается степенью поражения этих зон. При этом под промышленной и жилой зоной следует понимать отдельные объекты экономики или жилые массивы.

Степень поражения зоны "Д" определяется как отношение площади промышленной или жилой зоны " S_p ", оказавшейся в пределах полных и сильных разрушений застройки, к площади застройки рассматриваемой зоны " S_3 ":

$$D = \frac{S_p}{S_3} - \text{для объекта экономики,} \quad (9.4)$$

где $S_p = \pi \cdot R_p^2$, $S_3 = S_{об} \cdot \rho$;

$S_{об}$ - площадь объекта экономики или жилой зоны;

ρ - плотность застройки.

В зависимости от величины степени поражения "Д" считают, что промышленная и жилая зоны могут получить четыре степени разрушения: слабую, среднюю, сильную и полную (см. таблицу 9.3). Исходя из этих условий оцениваются показатели обстановки на объекте.

При прогнозировании показатели обстановки для жилой зоны определяются исходя из условия, что каждая из жилых зон может получить степень поражения, равную 0,3 и 0,7.

Характер разрушения промышленной и жилой зоны, в зависимости от степени поражения, можно определить по таблице 9.3.

Таблица 9.3

Степень поражения	Степень разрушения	Плотность тротила, т/км ²		
		способ бомбометания		Высокоточное оружие
		площадное	прицельное	
менее 0,2	слабая	10	5	4
$0,2 < Д < 0,5$	средняя	20	15	12
$0,5 \leq Д < 0,8$	сильная	40	30	18
$Д \geq 0,8$	полная	80	50	40

Из таблицы 9.3 видно, что степени поражения и разрушения объекта или жилой зоны можно определить, зная плотность тротила в т/км² и способ бомбометания.

9.3. Прогнозирование инженерной обстановки в промышленной и жилой зонах

Обстановка, которая может возникнуть после применения противником обычных средств поражения, оценивается в три этапа. На первом этапе осуществляется прогноз обстановки в мирное время с целью обоснованного планирования мероприятий ГО, определения сил и средств для проведения АСДНР в очаге поражения. На втором этапе оценка обстановки производится сразу после получения органами управления ГО данных о воздействии противника с целью подготовки предложений для принятия решения начальником ГО. На этом этапе уточняются результаты прогнозирования последствий нападения противника, полученные при заблаговременной оценке обстановки. И на третьем этапе осуществляется уточнение обстановки с учетом данных разведки.

Для оценки обстановки на первом этапе принимаются предпосылки: варианты загрузки средств доставки с учетом наиболее эффективного воздействия про-

тивником по объектам; бомбометание по объектам экономики осуществляется прицельно по наиболее важным элементам; по жилой зоне бомбометание производится как по площадной цели; поражение категорированных промышленных объектов осуществляется высокоточным оружием; к моменту нападения противника все защитные сооружения приведены в готовность и заполнены по нормам. На первом и втором этапах определение показателей осуществляется исходя из степени поражения объекта определенной по формуле (9.4).

При этом площадь разрушения S_p определяется по формуле

$$S_p = S_{p.бп.} \cdot N_c \cdot n_{бп.}, \quad (9.5)$$

где $S_{p.бп.} = \pi R_p^2$ - площадь разрушения одним боеприпасом;

N_c - количество самолетов;

$n_{бп.}$ - количество боеприпасов в боекомплекте одного самолета.

Оценка инженерной обстановки

При оценке возможной инженерной обстановки на объекте или в жилой зоне оценивается: количество разрушенных и заваленных защитных сооружений (ЗС); протяженность завалов на внутризаводских проездах и на маршрутах ввода сил; количество аварий на коммунально-энергетических сетях (КЭС); объем завалов, подлежащих разборке для извлечения из-под них пострадавших; количество участков в застройке, подлежащих обрушению; трудоемкость выполнения инженерно-спасательных работ (ИСР); численность личного состава для проведения ИСР и потребное количество инженерной техники. Для определения показателей инженерной обстановки необходимо иметь исходные данные: площадь объекта или жилой зоны; плотность застройки объекта; количество убежищ и укрытий.

Количество заваленных защитных сооружений определяют по формуле

$$P = K \cdot C, \text{ ед.}, \quad (9.6)$$

где K - количество защитных сооружений, ед.;

C - коэффициент, равный относительной доле ЗС, заваленных при воздействии противника, от общего числа рассматриваемых ЗС на объекте экономики и принимаемый по таблице 9.4.

Таблица 9.4

Значения коэффициента «С» для защитных сооружений на объекте экономики

Степень разрушения объектов экономики	Коэффициент С	
	Для убежищ	Для укрытий
Слабая	0,1	0,2
Средняя	0,2	0,4
Сильная	0,3	0,6
Полная	0,4	0,8

Количество разрушенных убежищ принимают в 5 раз меньше количества заваленных, а разрушенных укрытий - в 4 раза меньше количества заваленных укрытий.

Протяженность заваленных внутри объектовых проездов (км) и количество аварий на КЭС (ед) принимают в зависимости от площади объекта и степени его разрушения

$$P = S_{\text{об}} \cdot C, \quad (9.7)$$

где $S_{\text{об}}$ - площадь объекта экономики, км²;

C - коэффициент, принимаемый по таблице 9.4.

Таблица 9.4

Значение коэффициента «С» (в долях)

Степень разрушения объекта экономики	Коэффициент С	
	для маршрутов ввоза сил	для КЭС
Средняя	0,2	4
Сильная	0,3	6
Полная	0,4	12

Ориентировочно принимают, что пятую часть от заваленных проездов придется устраивать разравниванием поверху.

Общее количество аварий на КЭС можно распределить: на системах тепло-снабжения - 15% электроснабжения, канализации и водоснабжения по 20% и газоснабжения - 25%.

Количество заваленных защитных сооружений жилой зоны определяют в зависимости от ее степени поражения по формуле

$$P = K \cdot C \cdot K_{\text{п}}, \text{ ед}, \quad (9.8)$$

где C - коэффициент, принимаемый по таблице 9.5;

$K_{\text{п}}$ - коэффициент пересчета, равный $K_{\text{п}} = \frac{D}{0,7}$;

D - реальная степень поражения.

На первом этапе прогнозирования D принимают равным 0,3 и 0,7.

Таблица 9.6

Значение коэффициента С для жилой зоны города (в долях)

Показатели инженерной обстановки	Коэффициент
Количество заваленных убежищ	0,35
Количество заваленных укрытий	0,7
Протяженность завалов на маршрутах	0,18
Количество аварий на КЭС	1,4

Примечание: Значение С" соответствует степени поражения жилой зоны города $D = 0,7$.

Количество разрушенных убежищ принимают в пять раз меньше заваленных, а соответствующие показатели для укрытий в 4 раза меньше количества заваленных укрытий.

Протяженность завалов на маршрутах ввода сил ГО (км) и количество аварий на КЭС (ед) оценивают в зависимости от площади рассматриваемой жилой зоны и степени ее поражения

$$P = S_{ж.з.} \cdot C \cdot K_{п}, \quad (9.9)$$

где $S_{ж.з.}$ – площадь жилой зоны, км²;

C – коэффициент принимается по таблице 9.6.

Распределение общего количества аварий по видам то же, что и для аварий для КЭС объектов экономики.

Анализ возможной инженерной обстановки в случае нанесения противником по объекту экономики или жилой зоне удара обычными средствами поражения показывает, что основными задачами, в этом случае, будут: вскрытие заваленных защитных сооружений и подача в них воздуха; проделывание проездов в завалах; разборка завалов для извлечения пострадавших; ликвидация аварий на КЭС; обрушение конструкций зданий в районе проведения работ.

Трудоемкость выполнения этих задач оперативно можно определить по формулам:

$$W_{сум}^{л.с.} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot V_i, \text{ чел.ч.} \quad W_{сум}^{мсх} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot V_i, \text{ маш.ч.} \quad (9.10)$$

где $W_{сум}^{л.с.}$; $W_{сум}^{мсх}$ – суммарная трудоемкость и машиноёмкость выполняемых работ;

P_i – объем i -ой работы;

V_i – трудоемкость i -ой работы на единицу объема.

Потребное количество личного состава и инженерной техники определяется в зависимости от сроков и условий выполнения задачи

$$N_{\text{сум}}^{\text{л.с.}} = \frac{W_{\text{сум}}^{\text{л.с.}} \cdot n}{T} \cdot K_{\text{усл}}, \text{ чел}; \quad N_{\text{сум}}^{\text{тсх}} = \frac{W_{\text{сум}}^{\text{тсх}} \cdot K_{\text{усл}}}{T \cdot K_{\text{Т,Г}}}, \text{ ед}, \quad (9.11)$$

где n – количество смен в сутки;

$K_{\text{усл}}$ – коэффициент условий выполнения задач

$$K_{\text{усл}} = K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{зар}} \cdot K_{\text{в.г.}} \dots K_{\text{п}}, \quad (9.12)$$

где $K_{\text{Т}}$; $K_{\text{зар}}$; $K_{\text{в.г.}}$... $K_{\text{п}}$ – коэффициенты, зависящие от времени суток, зараженности местности, времени года и т.д. Обычно их значения задаются сборником нормативов.

$K_{\text{т.г.}}$ – коэффициент технической готовности, принимается равным 0,85-0,9 в зависимости от состояния техники.

Оценка пожарной обстановки

При оценке пожарной обстановки определяется: количество участков, на которых возможно образование отдельных, сплошных пожаров и огневых штормов; обеспеченность водой для тушения пожаров на объектах ведения АСДНР; протяженность фронта огня на маршрутах ввода сил и на объектах экономики; силы и средства противопожарного обеспечения.

Оценка двух последних показателей отличается от определения соответствующих показателей при ядерном ударе. При этом ниже приведены рекомендации по оценке показателей для условия, когда до 40% бомбовой нагрузки приходится на долю зажигательных средств.

Протяженность фронта огня на объекте оценивают по формуле

$$P = 0,24 \cdot S \cdot K_{\text{пож}}, \quad (9.13)$$

где S – площадь объекта (жилой зоны);

$K_{\text{пож}}$ – коэффициент, определяемый по таблице 9.7.

Таблица 9.7

Значения $K_{\text{пож}}$ в зависимости от степени поражения

Степень поражения объекта (жилой зоны) D	Коэффициент $K_{\text{пож}}$
$D \ll 0,6$	$D / 0,6$
$D = 0,8$	0,9
$D = 0,8$	0,7

Протяженность фронта огня на маршрутах ввода сил ГО составляет 20% от протяженности фронта огня на объектах.

Силы и средства противопожарного обеспечения АСДНР ориентировочно определяют исходя из нормы, в соответствии с которой одно пожарное отделение с пожарной машиной может выполнить работу по тушению пожара на участке с фронтом огня не более 50 м.

На втором этапе прогнозирования после нападения противника оценку пожарной обстановки производят в кратчайший срок - в течение до 30 минут - используя при этом справочник противопожарной службы ГО.

Оценка медицинской обстановки

В этой главе под оценкой медицинской обстановки понимается определение потерь населения на объектах экономики и жилых зонах с учетом количества пострадавших, оказавшихся в завалах. Эти данные необходимы не только для расчета необходимого количества сил и средств медицинской службы для оказания первой медицинской, врачебной и специализированной помощи, но и для определения потребностей в силах и средствах для проведения инженерно-спасательных работ. Для расчета потерь необходимо иметь данные о характере и степени защищенности населения.

Математическое ожидание потерь (в дальнейшем будем называть – потери) населения в жилой зоне могут быть определены по формуле

$$M(N) = \sum_{l=1}^n N_i C_i, \text{ чел.}, \quad (9.14)$$

где N_i - численность населения по i -му варианту защищенности;
 n - число i -ых степеней защиты;
 C_i - коэффициент потерь, равный вероятности поражения укрываемых (в долях) по i -му варианту защищенности при заданной степени поражения жилой зоны, определяемый по таблице 9.6.

Потери среди рабочих и служащих объекта экономики определяются также по формуле (9.14), в которой C_i - коэффициент потерь, равный вероятности поражения укрываемых (в долях) по i -му варианту защищенности при заданной степени разрушения объекта экономики, определяемый по таблице 9.9.

Таблица 9.8

Значение коэффициента потерь C_i для жилой зоны (в %)

Степень поражения жилой зоны	Защищенность населения					
	незащищено		в убежищах		в укрытиях	
	В и д ы п о т е р ь					
	общ.	сан.	общ.	сан.	общ.	сан.
0,1	4	3	0,3	0,2	0,5	0,4
0,2	8	6	0,7	0,5	1,0	0,75
0,3	10	7,5	1,0	0,7	1,5	1,0
0,4	12	9	1,5	1,0	2	1,5
0,5	16	12	1,8	1,2	5	3,5
0,6	28	21	2,5	1,6	10	7
0,7	40	30	5	3	15	10
0,8	80	60	7	4,5	20	15
0,9	90	65	10	7	25	18
1,0	100	70	15	10	30	20

Значение коэффициента потерь C_i для объекта экономики (в %)

Степень разрушения промышленной зоны (ОЭ)	Защищенность населения					
	незащищено		в убежищах		в укрытиях	
	В и д ы п о т е р ь					
	общ.	сан.	общ.	сан.	общ.	сан.
слабая	8	3	0,3	0,1	1,2	0,4
средняя	12	4	1	0,3	3,5	1
сильная	80	25	2,5	0,8	30	10
полная	100	30	7	2,5	40	15

Количество заваленных людей принимают равным 10 % от санитарных потерь незащищенного населения и 4 % от санитарных потерь защищенного населения.

Расчет можно провести по формулам

$$N_{зав} = 0,1N_n^c + 0,04N_z^c, \text{ чел.};$$

$$W = V \cdot N_{зав}, \text{ чел.ч.}$$

где $N_{зав}$ - количество заваленных людей, чел.;

N_n^c - санитарные потери незащищенных людей, чел.;

N_z^c - санитарные потери защищенных людей, чел.

W - трудоемкость на откопку людей, чел.ч;

V - трудоемкость на одного человека, чел.ч.

Исходные данные для прогнозирования возможной обстановки, в случае применения противником обычных средств поражения по объектам экономики, готовятся дифференцированно, в зависимости от уровня решаемой задачи и от того, в каком - объектовом или в территориальном (районном, городском) - звене она решается.

В случае прогнозирования обстановки органом управления (отделом, сектором) ГОЧС объекта, исходные данные задаются возможными координатами попаданий боеприпасов противника и их характеристиками. При этом рассматривается несколько (2-3) вариантов воздействия противника с нанесением объекту ущерба 0,3; 0,5 и 0,7 (30, 50 и 70%). За точки попаданий, в этом случае, принимаются наиболее важные цеха и коммуникации, от которых в большей степени зависит производственный успех всего объекта.

В том случае, когда возможная обстановка на объектах экономики, рассматриваемой территории, прогнозируется или оценивается территориальным (город, район) органом управления ГОЧС, тогда воздействие противника по объектам задается указанием количества и типов участвующих в ударе носителей ОСП.

ПРИМЕР.

Исходные данные.

4 самолета F-111 нанесли удар по машиностроительному заводу и прилегающему к нему жилому микрорайону. При этом 2 самолета атаковали завод и два - микрорайон.

Возможный вариант боевой загрузки 24 ФАБ-750 или 6 ФАБ-3000. Площадь завода - 0,15 км², плотность застройки - 30 %, площадь микрорайона - 0,08 км². Численность рабочей смены на заводе - 3000 чел. Характеристика защищенности рабочих - смотри план завода.

Исполнить: Оценить медицинскую и инженерную обстановку на заводе.

Решение:

1. Определяем радиус разрушения одной бомбой указанного калибра

$$\text{для ФАБ} - 750 \quad R_p = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{эф}}}{d}} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{177 \cdot 1,53}{0,5}} = 14, \text{ м},$$

$$\text{для ФАБ} - 3000 \quad R_p = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{896 \cdot 1,53}{0,5}} = 31, \text{ м},$$

где d - толщина стены;
d=0,3 - железобетонной;
d=0,5 - кирпичной.

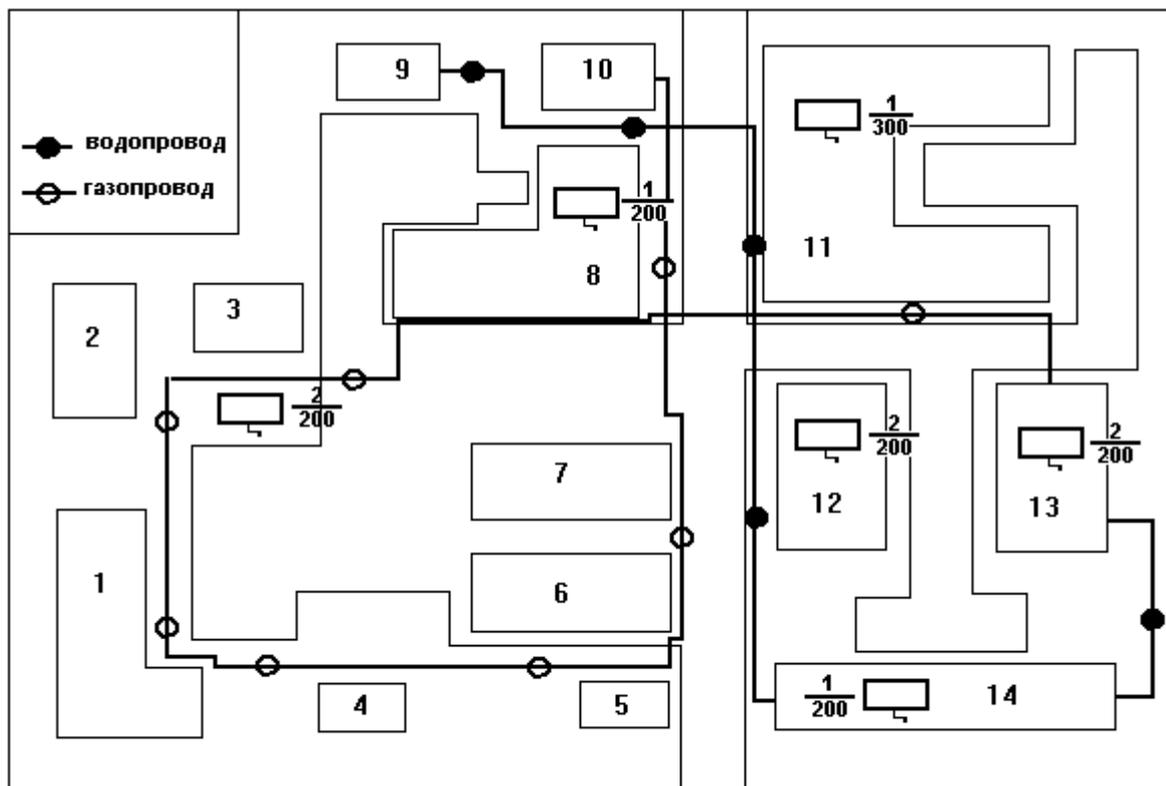


Рис.9.1. План машиностроительного завода (учебник)

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗДАНИЙ

Показатели	Хар-ка	№	Наименование	Н _м	Тип	НРС
Наибольшая работающая смена, чел	3000	1	Заводоуправление	18	кирп.	100
		2	КБ и столовая	18	кирп.	150
Количество убежищ/местимость, ед./чел.	6/1400	3	Помещение ВОХР	4	кирп.	10
		4	Медпункт	2	кирп.	20
Количество укрытий (подвалов)/местимость, ед./чел.	3/600	6,7	Склады	12	кирп.	4
		8	Механический цех	8	карк.	200
Площадь объекта, км ²	0,15	9	Водонапорная башня	9	кирп.	3
		10	ГРП	8	кирп.	3

Примечание: Н – высота здания, м;
НРС – наибольшая работающая смена.

2. Определяем площадь разрушения от одной бомбы

$$S_{\Phi AB-750} = \Pi \cdot R_p^2 = 3,14 \cdot 14^2 = 615 \text{ м}^2,$$

$$S_{\Phi AB-3000} = 3,14 \cdot 31^2 = 3018 \text{ м}^2,$$

3. Определяем суммарную площадь разрушения на заводе при различных вариантах загрузки

$$S_p^{\Phi AB-750} = 615 \cdot 24 \cdot 2 = 29520 \text{ м}^2,$$

$$S_p^{\Phi AB-3000} = 3018 \cdot 6 \cdot 2 = 36216 \text{ м}^2.$$

4. Определяем степень поражения завода

$$D_{\Phi AB-750} = \frac{29520}{45000} = 0,7 \quad \text{/степень разрушения сильная/},$$

$$D_{\Phi AB-3000} = \frac{36216}{45000} = 0,8 \quad \text{/степень разрушения полная/}.$$

5. Определяем потери на заводе:

а) общие:

$$M(N) = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i = 1400 \cdot 0,07 + 600 \cdot 0,4 + 1000 \cdot 1 = 98 + 240 + 1000 = 1338 \text{ чел};$$

б) санитарные:

$$M(N) = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i = 1400 \cdot 0,025 + 600 \cdot 0,15 + 1000 \cdot 0,3 = 35 + 90 + 300 = 425 \text{ чел};$$

в) безвозвратные:

$$N_6 = 1338 - 425 = 913 \text{ чел.}$$

6. Оцениваем инженерную обстановку на объекте:
количество заваленных убежищ

$$P = K \cdot C = 6 \cdot 0,4 \approx 3 \text{ уб,}$$

количество разрушенных убежищ

$$P = 3 : 5 = 0,6 \approx 1 \text{ уб,}$$

количество заваленных укрытий

$$P_{укр} = K \cdot C_i = 3 \cdot 0,8 \approx 3 \text{ укр,}$$

количество разрушенных укрытий (подвалов)

$$P = 3 : 4 \approx 1 \text{ укр.}$$

Будем считать, что рабочие, укрывающиеся в этом подвале (Δ), оказались в завалах ($600 : 3 = 200$ чел.).

Протяженность завалов на маршрутах

$$P = S_{оз} \cdot C = 0,15 \cdot 0,4 = 0,06 \text{ км} = 60 \text{ м,}$$

из них высотой завала более 0,5 м составляет

$$P = 60 \cdot 0,2 = 12 \text{ м.}$$

Количество аварий на КЭС

$$P = 0,15 \cdot 12 = 1,8 \approx 2 \text{ аварии}$$

Объемы основных задач

№ п/п	Наименование задачи	Единица измерения	Объем	Примечания
1	Вскрытие заваленных ЗС	ед	6	
2	Ликвидация аварий на КЭС	ав	2	
3	Продельвание проездов в завалах	м	60	
4	Откопка пострадавших из-под завалов	чел	200	

7. Определяем трудозатраты ($W_{\text{общ}}$) и потребное количество личного состава и техники ($N_{\text{л.с.}}$, $N_{\text{т}}$) для проведения ИСР. (стр. 36 нормат.)

$$W_{\text{общ}}^{\text{л.с.}} = \sum W_i^{\text{л.с.}} \cdot n = 6 \cdot 30 + 50 \cdot 2 + 0,06 \cdot 30 + 200 \cdot 12 = 2681,8 \approx 2682 \text{ чел-ч,}$$

$$W_{\text{общ}}^{\text{тех.}} = \sum W_i^{\text{т.}} \cdot n = 6 \cdot 6 + 2 \cdot 2,5 + 0,06 \cdot 10 = 42 \text{ маш.ч.}$$

Принимаем, что спасательные работы приказано провести в течение 10 часов, в одну смену. Тогда:

$$N_{\text{л.с.}} = \frac{W_{\text{общ}}^{\text{л.с.}}}{T} = \frac{2682}{10} = 268 \text{ чел,}$$

$$N_{\text{тех.}} = \frac{W_{\text{общ}}^{\text{тех.}}}{T} = \frac{42}{10} = 4 \text{ ед.}$$

Контрольные вопросы:

1. Что понимается под очагом поражения обычными средствами? Способы воздействия обычными средствами поражения.
2. Действия на людей и сооружения воздушной ударной волны.
3. Как определяется степень поражения объекта площади разрушения и площади застройки?
4. Как можно определить радиус разрушения от боеприпаса в здании?
5. Какие показатели инженерной обстановки обычно оцениваются? Как?
6. Как оценивается возможная инженерная обстановка в жилой зоне?
7. Как оценивается возможная пожарная обстановка на объекте?
8. Как определяются потери населения?
9. Определить степень поражения объекта площадью $0,03 \text{ км}^2$ с плотностью застройки равной $0,2$. Противник применил по объекту три ФАБ-3000.

ГЛАВА 10. РАСЧЕТ ПОТРЕБНЫХ СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ВОЗМОЖНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

10.1. Общие положения

Одной из важных задач, обеспечивающих условия своевременного и эффективного проведения мероприятий и работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций и спасению населения, является заблаговременное прогнозирование состава сил и средств спасения и жизнеобеспечения пострадавшего населения.

Расчеты по определению состава группировки сил и средств должны проводиться на основе прогнозирования обстановки, в том числе и инженерной, которая может сложиться в той или иной чрезвычайной ситуации.

Состав сил и средств должен обеспечивать круглосуточную работу в две смены в мирное время, а в условиях радиоактивного заражения местности в соответствии с режимами нахождения формирований на этой территории. Он должен обеспечивать выполнение спасательных работ в мирное время в пределах 5-ти суток, а в военное время - 2-х суток.

Состав сил и средств мирного времени должен обеспечивать проведение мероприятий по поиску пострадавших, их спасению, оказанию медицинской и других видов помощи, тушению пожаров, локализации и ликвидации очагов вторичных последствий на объектах со взрыво-, газо- и пожароопасной технологией.

Состав сил и средств инженерного обеспечения должен быть строго увязан с задачами инженерного обеспечения, их объемами, способами выполнения этих задач, условиями, в которых они выполняются, погодными и другими условиями.

10.2. Расчет сил и средств деблокирования пострадавших из-под завалов

Опыт ликвидации чрезвычайных ситуаций последних лет показал, что разборку завала наиболее целесообразно проводить звеньями ручной разборки и спасательными механизированными группами. Состав звена и группы представлен в таблице 10.1 и 10.2.

Таблица 10.1

Состав и средства механизированной группы

№ п/п	СИЛЫ		СРЕДСТВА		Выполняемые работы
	Специальность	Кол-во (чел.)	Вид средства	Кол-во (ед.)	
1.	Командир группы	1			
2.	Крановщик	2	Автокран (16-25т)	1	Подъем и перемещение ж/б конструкции и поддонов с мелкими обломками
	Стропальщик	4			
3.	Экскаваторщик	2	Экскаватор (0,65 куб.м)	1	Загрузка мелких обломков в самосвалы
4.	Компрессорщик	2	Компрессорная станция	1	Дробление ж/б конструкций
5.	Газосварщик	2	Керосинорез (САГ)	1	Резка арматуры
6.	Бульдозерист	2	Бульдозер (130-240 л.с)	1	Сдвигание обломков конструкций, подготовка мест для автокрана и экскаватора
7.	Водитель	4	Самосвал	2	Вывоз обломков конструкций
8.	Загрузчики	4	Поддон (емк. 1,5 куб.м.)	1	Загрузка поддонов мелкими обломками конструкции
ИТОГО:		23 чел.			

Таблица 10.2

Состав и средства звена ручной разборки завалов

№ п/п	С и л ы		С р е д с т в а		Выполняемые работы
	Специальность	Кол-во (чел.)	Вид средства	Кол-во (ед.)	
1.	Спасатель-разведчик	3	Прибор для определения местонахождения заваленного человека или группы людей ;	1	Выявляют местонахождение заваленных, производят разборку завала
мотоперфораторы;			2		
разжимной прибор;			1		
спасательные ножи ;			1		
плунжерная распорка			1		

№ п/п	С и л ы		С р е д с т в а		Выполняемые работы
	Специальность	Кол-во (чел.)	Вид средства	Кол-во (ед.)	
2.	Спасатель	3	Лебедка; носилки; молоток; малая саперная лопата; ножовка по дереву; пожарный топор	1 1 2 2 1 1	Убирают обломки и устанавливают крепления; извлекают пострадавших
3.	Спасатель-командир звена	1			Общее руководство работами и контроль за соблюдением мер безопасности
И Т О Г О :		7 чел.		14 ед.	

Количество личного состава для комплектования механизированных групп может быть определено по следующей зависимости

$$N_{смг} = 0,15 \cdot \frac{W \cdot П_3}{T} \cdot K_3 \cdot K_c \cdot K_n, \text{ чел.} \quad (10.1)$$

где $N_{смг}$ - численность личного состава, необходимого для комплектования спасательных механизированных групп;

W - объем завала разрушенных зданий и сооружений, m^3 ;

$П_3$ - трудоемкость по разборке завала, чел.ч/ m^3 , принимается равная 1,8 чел.ч/ m^3 ;

T - общее время выполнения спасательных работ в часах;

K_3 - коэффициент, учитывающий структуры завала, принимаемый по табл. 10.3;

K_c - коэффициент, учитывающий снижение производительности в темное время суток, принимается равным 1,5;

K_n - коэффициент, учитывающий погодные условия, принимаемый по табл. 10.4.

Таблица 10.3

Значения коэффициента K_3 для завалов				
жилых зданий со стенами			промышленных зданий со стенами	
из местных материалов	из кирпича	из панелей	из кирпича	из панелей
0,1	0,2	0,75	0,65	0,9

Таблица 10.4

Температура воздуха, град.	> 25	25 ÷ 0	0 ÷ -10	-10 ÷ -20	< -20
K_n	1,5	1,0	1,3	1,4	1,6

Приведенная зависимость по определению личного состава для комплектования механизированных групп применима при условии, если неизвестно количество людей, находящихся в завале. Поэтому коэффициент 0,15 предполага-

ет (по опыту) долю разбираемого завала от его общего объема. Эта формула применяется при большом объеме разрушений в городе (населенном пункте).

Если известно количество людей, находящихся в завале, то объем завала для извлечения пострадавших можно определить по формуле

$$V_{зав} = 1,25 \cdot N_{зав} \cdot h_{зав}, \text{ м}^3, \quad (10.2)$$

где $N_{зав}$ - количество людей, находящихся в завале, чел;

$h_{зав}$ - высота завала, м;

$V_{зав}$ - объем завала, который необходимо разобрать для извлечения пострадавших.

Данная зависимость предполагает, что для извлечения одного пострадавшего требуется устроить в завале шахту (колодец) на всю высоту завала и размером в плане 1 x 1 м. Коэффициент 1,25 учитывает увеличение объема разбираемого завала за счет невозможности оборудования шахты указанных размеров (осыпание завала, извлечение крупных обломков, наклона шахты и т.п.).

Для определения количества формируемых спасательных механизированных групп необходимо общую численность личного состава разделить на численность одной группы (см. таблицу 10.1)

$$n_{смг} = \frac{N_{смг}}{23}, \text{ групп.} \quad (10.3)$$

Количество спасательных механизированных групп можно определить в прямой постановке, если в приведенные выше зависимости ввести производительность одной группы

$$n_{смг} = 0,15 \frac{W}{P_{смг} \cdot T}, \text{ групп, или} \quad (10.4)$$

$$n_{смг} = \frac{V_{зав}}{P_{смг} \cdot T}, \text{ групп}$$

где $P_{смг}$ - производительность одной механизированной группы на разборке завала, принимается равная 15 м³/ч.

Примечание: Численность личного состава спасательной механизированной группы принята с учетом ее работы в две смены.

Общее количество спасательных звеньев ($n_{р.з}$) ручной разборки, при этом составит

$$n_{р.з} = n \cdot k \cdot n_{смг}, \text{ ед.} \quad (10.5)$$

где n - количество смен в сутки при выполнении спасательных работ;

k - коэффициент, учитывающий соотношение между механизированными группами и звеньями ручной разборки в зависимости от структуры завала, определяется по таблице 10.3.

Значение коэффициента k

Количество звеньев ручной разборки в смену на одну механизированную группу при ведении спасательных работ в завалах				
зданий жилых, со стенами			зданий производственных, со стенами	
из местных материалов	из кирпича	из крупных панелей	из кирпича	из крупных панелей
9	8	3	2	1

Количество личного состава для укомплектования звеньев ручной разборки (N_{pz}), в этом случае, определяется как произведение их количества на численность

$$N_{pz} = 7 n_{p.z.} \quad (10.6)$$

Если все завалы разбираются только вручную, тогда необходимое количество звеньев ручной разборки можно определить по формуле

$$n_{p.z.} = \frac{V_{зав} \cdot n}{P_{зр} \cdot T}, \text{ ед,} \quad (10.7)$$

где $P_{зр}$ - производительность одного звена ручной разборки, принимаемая равной $1,2 \text{ м}^3/\text{ч}$;

n - количество смен в сутки при выполнении спасательных работ.

Количество личного состава для этих звеньев N_{pz} определяется по формуле (10.6).

Примечание: Производительность, принимаемая в вышеизложенных зависимостях при работе личного состава в средствах индивидуальной защиты уменьшается в 2 раза.

Численность разведчиков $N_{раз}$ принимается из условия, что на 5 спасательных механизированных групп формируется одно разведывательное звено в составе 3 чел.

10.3. Определение сил и средств для вскрытия убежищ и укрытий

Вскрытие защитных сооружений может осуществляться расчисткой завала над аварийным выходом; разборкой завала над перекрытием убежища с пробивкой проема в перекрытии; расчисткой завала у наружной стены здания, с устройством приямка и пробивкой проема из него в стене, ниже перекрытия убежища (подвала); устройством вертикальной шахты и галереи до стены.

Вскрытие может осуществляться бульдозером, экскаватором, а в ряде случаев и вручную.

Для вскрытия защитных сооружений каждый расчет бульдозера (экскаватора) усиливается обслуживающей бригадой в составе 3-х человек со средствами пожаротушения и ручным инструментом.

Следует отметить, что трудоемкость по вскрытию защитных сооружений расчетами в составе бульдозера или экскаватора примерно одинакова. Это связано с тем, что, имея разные производительности (у расчета бульдозера около 40 м³/час, а у экскаватора около 10-15 м³/час), бульдозеру для вскрытия убежища необходимо разобрать больший объем, чем экскаватору, что выравнивает их эффективность в выполнении работы.

Учитывая это, количество расчетов, необходимых для вскрытия защитных сооружений, можно определить по следующей зависимости

$$N_{рас} = \frac{K_{ззс} \cdot П_{зс}}{T}, \text{ ед,} \quad (10.8)$$

где $K_{ззс}$ - количество заваленных защитных сооружений, шт.

$П_{зс}$ - трудоемкость вскрытия одного защитного сооружения, маш.ч./соор., принимается при высоте завала 2 м равной 0,8 маш.ч./соор., 3 м - 1,5 маш.ч./соор., 4 м - 3 маш.ч./соор.

T - общее время вскрытия всех защитных сооружений, равное времени возможного пребывания людей в защитных сооружениях, т.е. $T = 48$ часов.

Примечание: Потребность в личном составе для формирования этих расчетов определяется исходя из количества смен в сутки при выполнении работ.

10.4. Расчет сил для оказания медицинской помощи, локализации и тушения пожаров и других работ

Количество отрядов первой медицинской помощи (ПМП), численность врачей и среднего медицинского персонала, общая численность личного состава для отрядов ПМП определяются

$$n_{пмп} = N^{сп} / 100, \text{ ед.}; N_{вр} = 8 n_{пмп}; N_{см} = 38 n_{пмп}; N_{пмп} = 146 n_{пмп}, \quad (10.9)$$

где $N^{сп}$ - численность санитарных потерь;

$N_{вр}$ - численность врачей;

$N_{см}$ - численность среднего медицинского персонала;

$N_{пмп}$ - общая численность личного состава отрядов первой медицинской помощи.

Потребное количество пожарных отделений для локализации и тушения пожаров

$$n_{пож} = n_{смг} / 5, \text{ ед,}$$

$$N_{пож} = 6 n_{пож}, \text{ чел,} \quad (10.10)$$

где $n_{пож}$ - количество пожарных отделений;

$N_{пож}$ - численность пожарников.

Общая численность личного состава формирований, участвующих в спасательных работах, будет равна

$$N_{л.с. ср} = N_{смг} + N_{р.з} + N_{разв} + N_{пмп} + N_{пож}, \text{ чел.} \quad (10.11)$$

Численность личного состава, участвующего в других неотложных работах, складывается из формирований, участвующих в расчистке завалов и ликвидации аварий на коммунально-энергетических сетях.

Расчистка подъездных путей

$$L_{пп} = 0,6 S_{раз}, \text{ км},$$

$$N_{пп} = \frac{n}{T} (30 \cdot L_{пп}) \cdot k_c \cdot k_n, \quad (10.12)$$

(0,6 км заваленных маршрутов на 1 км² разрушенной части города)

где T - общее время проведения работ;

L_{пп} - протяженность заваленных подъездных путей, км;

N_{пп} - численность личного состава, участвующего в расчистке подъездных путей;

K_c, K_n- коэффициенты, учитывающие погодные условия и время суток (см. ф.10.1).;

n - количество смен работы в сутки.

Ликвидация аварий на КЭС

$$K_{кэс} = 8 S_{разр}, \text{ ед},$$

(8 аварий на 1 км² разрушенной части города)

$$N_{кэс} = \frac{n}{T} (50 k_{кэс}) \cdot k_c \cdot k_n, \quad (10.13)$$

где k_{кэс} - количество аварий на КЭС, ед;

N_{кэс} - численность личного состава аварийно-технических команд.

Численность личного состава, участвующего в проведении неотложных работ

$$N_{л.с. днр} = N_{пп} + N_{кэс}, \text{ чел.} \quad (10.14)$$

Общая численность личного состава формирований для проведения АСДНР будет составлять

$$N_{л.с. сднр} = N_{л.с. ср} + N_{л.с. днр} \quad (10.15)$$

Количество патрульных постовых звеньев для охраны общественного порядка (n_{ооп}) и численность личного состава охраны (N_{ооп}) определяются

$$n_{ооп} = N_{л.с. сднр} / 100, \text{ ед}; \quad N_{ооп} = 7 n_{ооп}, \text{ чел.} \quad (10.16)$$

Количество и наименование основной инженерной техники, привлекаемой для проведения непосредственно спасательных работ, определяется оснащением спасательных механизированных групп из расчета, что каждая группа укомплектовывается бульдозером, экскаватором, автокраном и компрессором.

Количество бульдозеров для расчистки подъездных путей определяется по формуле

$$N_{б.пп} = \frac{1,2}{T} (10 L_{пп}) \cdot k_{усл},$$

где $L_{пп}$ - протяженность заваленных подъездных путей, км;

T - время выполнения работ в очагах, ч;

$k_{усл}$ - коэффициент условий выполнения задачи.

Инженерная техника для оснащения аварийно-технических команд определяется потребностью в укомплектовании аварийно-технических команд из расчета по одному бульдозеру, экскаватору и автокрану в каждую команду.

Потребное количество инженерной техники для ликвидации аварий на КЭС можно определить по формуле

$$N_{тех.КЭС} = \frac{1,2}{T} (2,5 \cdot k_{КЭС}) \cdot k_{усл}, \text{ ед,} \quad (10.17)$$

где $k_{кэс}$ - количество аварий на коммунально-энергетических сетях.

Для определения количества другой инженерной техники можно воспользоваться ориентированными нормативами: на 100 чел, участвующих в ликвидации чрезвычайной ситуации, потребуется по одной силовой и осветительной электростанции, по две компрессорных станции и по два сварочных аппарата.

При определении состава группировки сил и основных средств ликвидации чрезвычайной ситуации с массовым поражением людей можно воспользоваться оперативно-тактическими нормативами (табл.10.3).

Таблица 10.3

Оперативно-тактические нормативы *) потребности формирований и техники на одну тысячу общих потерь **)

Наименование формирований и инженерной техники	Требуется на одну тысячу потерь	Примечания
1	2	3
Поисково-спасательные звенья	70	На одну тысячу санитарных потерь
Спасательные механизированные группы:	6	
Звеньев ручной разборки	30	
Пожарных отделений	8	
Санитарных дружин	1	
Бригад специализированной медицинской помощи	4	
Звеньев охраны общественного порядка	8	
Команд ликвидации аварий на КЭС	4	

1	2	3
Инженерной техники, ед.	20	Бульдозер, экскаватор, автокран в равных соотношениях
Автосамосвалов, ед.	13	
Компрессорных станций, ед.	6	
Электростанций, ед.	7	Осветительных и силовых в равных соотношениях
Комплектов средств малой механизации	40	

*Примечания:**) Нормативы даны на усредненные условия. Во всех других случаях требуется вводить коэффициент условий работы
 **) без учета пораженных легкой степени.

Контрольные вопросы:

1. На основе каких показателей должны проводиться расчеты по определению сил и средств для проведения АСДНР при планировании?
2. Основные требования к составу сил и средств.
3. От каких основных факторов зависит выбор способа деблокирования пострадавших из-под завалов?
4. Дайте обоснование состава механизированной группы.
5. Дайте обоснование состава звена ручной разборки завала.
6. Как определить количество личного состава для комплектования механизированных групп и групп ручной разборки?
7. Как определить количество спасательных механизированных групп?
8. Определение потребных сил и средств для вскрытия убежищ и укрытий.
9. Как определить общую численность личного состава формирований, участвующих в спасательных работах?
10. Как определить численность личного состава, участвующего в других неотложных работах?
11. Общая численность личного состава формирований для проведения АСДНР.
12. Как определить потребное количество инженерной техники для проведения АСДНР?

Глава 7. Обстановка на территории города, сложившаяся после применения по нему ядерного оружия

Общие положения

При нанесении противником ядерных ударов по городам следует ожидать сложную медицинскую, инженерную и пожарную обстановку. Для оценки обстановки в штабах широко пользуются оперативными методами. С помощью этих методов по минимальным исходным данным о ядерных ударах, плотности населения и степени его защищенности в сжатые сроки рассчитывают основные параметры, характеризующие возможную медицинскую, инженерную и пожарную обстановку в городе.

Задача может решаться в мирное и военное время. В мирное время результаты решения данной задачи могут быть использованы при планировании, для выработки рекомендаций по устойчивости объектов и другим мероприятиям ГО, а также на учениях и штабных тренировках.

В военное время оценка обстановки проводится для принятия решений по ориентированию сил разведки и формирований для ведения аварийно-спасательных работ.

7.1. Степень поражения города и этапы оценки инженерной обстановки

Степень поражения города

Обстановка на территории города ориентировочно оценивается с помощью показателя характеризующего - степень поражения города.

Отношение площади города, называемой зоной поражения $S_{0,3}$, где избыточное давление во фронте воздушной ударной волны составляет $\Delta P_{\phi} \geq 30$ кПа ($0,3$ кгс/см²), ко всей его площади S_r , называется ущербом или степенью поражения города.

$$D = \frac{S_{0,3}}{S_r}, \quad (7.1)$$

Между степенью поражения города и характером разрушения застройки существует взаимосвязь (см.табл. 7.1).

Таблица 7.1

Степень поражения города и характер разрушения городской застройки

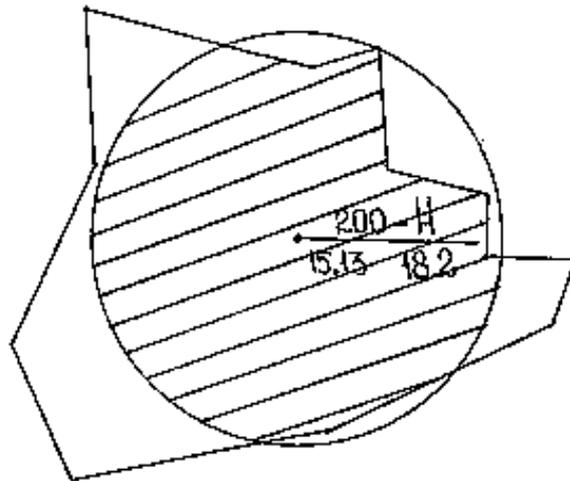
Степень поражения города, Д	Плотность ядерных ударов, кт/км ²	Характер разрушения застройки
1	2	3
$D < 0,2$	менее 1	слабая

1	2	3
$0,2 \leq Д < 0,5$	1 - 4	средняя
$0,5 \leq Д < 0,8$	4 - 9	сильная
$Д \geq 0,8$	более 9	полная

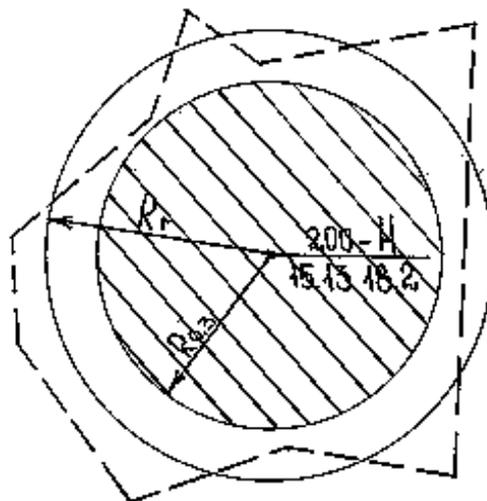
Степень поражения города можно определить двумя способами: графическим и аналитическим.

Рассмотрим последовательность определения степени поражения города при одиночном ядерном ударе противника.

Первый способ - графический (рис. 7.1, а):



б) Аналитический способ



$$R_{0,3} = 0,54; q = 0,33$$

q - мощность, кТ

R_r - радиус города

Рис. 7.1. Расчетные схемы определения степени поражения города $Д$ при одиночном ядерном ударе.

1. На план города или на карту наносятся данные о ядерном взрыве (эпицентр взрыва, мощность).

2. Очерчивается зона с радиусом поражения, где давление составляет 30 кПа.

3. Определяется площадь поражения города по координатной сетке плана города.

4. Определяется степень поражения города, как отношение $D = \frac{S_{0.3}}{S_r}$.

Второй способ - аналитический, когда город можно представить круговым объектом - отношение длины города к ширине не превышает 2 и за точку прицеливания принят центр города (рис. 7.1, б):

1. Определяется радиус поражения города с использованием справочников для наземного взрыва. Радиус $R_{0.3}$ можно определить по приближенной формуле

$$R_{0.3} = 0,54 q_{q,км}^{0,33}, \quad (7.2)$$

где q - мощность боеприпаса в кт.

2. Определяется зона поражения города $S_{0.3} = \Pi \cdot R_{0.3}^2$.

3. Вычисляется степень поражения города $D = S_{0.3}/S_r$.

При групповом ядерном ударе по территории города степень его поражения определяется также двумя способами.

Первый способ - графический (рис. 7.2, а):

1. На план наносят зоны, где давление составляет 30 кПа в очаге поражения каждого взрыва.

2. Границы одноименных соприкасающихся зон возможного поражения объединяют и очерчивают по внешним контурам сплошными линиями.

3. Площадь поражения города определяется по координатной сетке каждого города.

4. Определяется степень поражения города.

Второй способ - аналитический (рис. 7.2, б):

1. При расчете групповой удар по территории города заменяется одиночным эквивалентным взрывом. Мощность эквивалентного взрыва $q_{эк}$ определяется по формуле

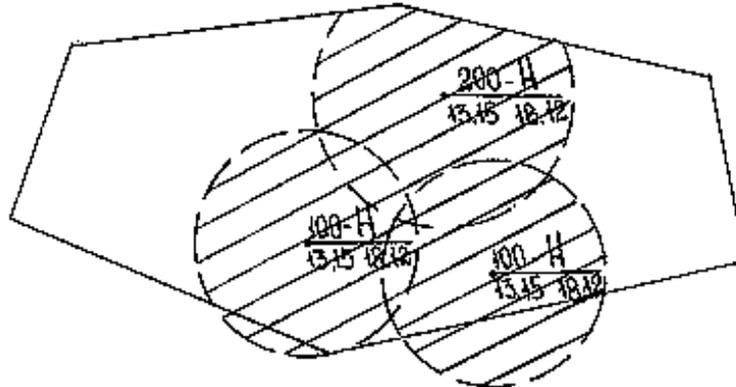
$$q_{эк} = \left[\sum_{i=1}^m n_i q_i^{2/3} \right]^{3/2}, \quad \text{кт}, \quad (7.3)$$

где n_i - количество боеприпасов в i -ой группе;

q_i - мощность боеприпасов в i -ой группе;

m - количество групп боеприпасов с одинаковой мощностью.

а) Графический способ



б) Аналитический способ

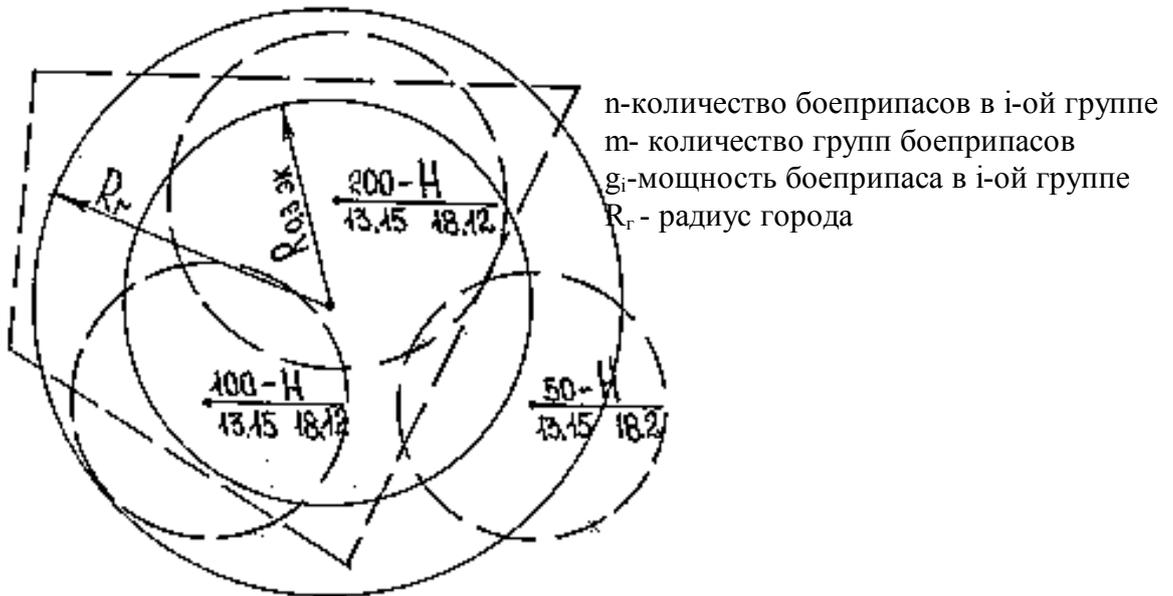


Рис. 7.2. Расчетные схемы определения степени поражения города Д при групповом ядерном ударе

Формула (7.3) получена с учетом предпосылки, что площади разрушения боеприпасов не перекрываются. Тогда площадь поражения эквивалентным боеприпасом можно выразить зависимостью

$$\Pi \cdot R_{\text{эк}}^2 = \Pi \cdot R_1^2 n_1 + \Pi \cdot R_2^2 n_2 + \dots + \Pi \cdot R_i^2 n_i = \Pi \sum_{i=1}^m R_i^2 n_i \quad \text{или} \quad R_{\text{эк}}^2 = \sum_{i=1}^m R_i^2 n_i$$

Из закона подобия имеем $\frac{R_{\text{эк}}}{R_i} = \frac{\sqrt[3]{q_{\text{эк}}}}{\sqrt[3]{q_i}}$ или $R_i = \frac{R_{\text{эк}} \sqrt[3]{q_i}}{\sqrt[3]{q_{\text{эк}}}}$.

Подставляя это выражение в первое уравнение, получим:

$$R_{\text{эк}}^2 = \sum_{i=1}^m \frac{R_{\text{эк}}^2 q_i^{2/3} n_i}{q_{\text{эк}}^{2/3}} \quad \text{или} \quad R_{\text{эк}}^2 = \frac{R_{\text{эк}}^2}{q_{\text{эк}}^{2/3}} \sum_{i=1}^m q_i^{2/3} n_i$$

Отсюда имеем $q_{\text{эк}}^{2/3} = \sum_{i=1}^m q_i^{2/3} n_i$, или $q_{\text{эк}} = \left[\sum_{i=1}^m (n_i q_i^{2/3}) \right]^{3/2}$,

(7.4)

При одинаковых по мощности боеприпасов формула (6.4) примет вид :

$$q_{\text{эк}} = n^{3/2} q \text{ , кт,} \quad (7.5)$$

где q - мощность одного боеприпаса., кт.

2. Вычисляется радиус поражения эквивалентного взрыва

$$R_{0,3.\text{эк}} = 0,54 q_{\text{эк}}^{0,33} \text{ , км} \quad (7.6)$$

3. Рассчитывается зона поражения города

$$S_{0,3.\text{эк}} = \Pi \cdot R_{0,3.\text{эк}}^2 \text{ , км}^2$$

4. Находится степень поражения города по формуле

$$D = \frac{S_{0,3.\text{эк}}}{S_r} \quad (7.7)$$

Этапы оценки обстановки.

Оценку обстановки проводят в три этапа:

Первый этап - предварительная (заблаговременная) оценка.

Расчеты проводят в мирное время с целью планирования мероприятий ГО, определения сил и средств для ведения спасательных работ. Определение потерь населения и объемов аварийно-спасательных работ в городе на первом этапе прогнозирования производят из условия, что город получил степень поражения $D=0,7$.

Второй этап - оценка обстановки производится сразу после получения органами управления ГО данных о воздействии противника с целью подготовки предложений для принятия решения. На этом этапе уточняются результаты прогнозирования последствий нападения противника, полученные в мирное время при заблаговременной оценке обстановки.

Третий этап - оценка обстановки с учетом данных разведки. Результаты оценки обстановки на данном этапе дают наиболее достоверную картину, складывающуюся в городе.

Для оценки обстановки на первом этапе принимают, что к моменту нападения противника все защитные сооружения приведены в готовность и заполнены по нормам.

7.2. Обстановка на территории города, пострадавшего от применения ядерного оружия

Обстановку на территории города в очаге ядерного поражения принято оценивать показателями.

Показатели целесообразно разделить на две группы:
показатели, непосредственно характеризующие инженерную обстановку;
показатели, характеризующие объем аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения.

Показатели инженерной обстановки в городе

К основным показателям инженерной обстановки в городе относят:
количество объектов экономики и зданий, получивших различные степени разрушения;

количество разрушенных и заваленных защитных сооружений;

количество защитных сооружений, требующих подачи воздуха;

количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или разрушенных конструкций зданий;

объем завалов;

количество аварий на коммунально-энергетических сетях (КЭС);

протяженность завалов и разрушений на маршрутах ввода сил.

Количество объектов экономики и зданий, а также защитных сооружений, получивших различный характер разрушения, вычисляется по формуле

$$P = R \cdot C \cdot K_n, \text{ ед}, \quad (7.8)$$

где R - количество объектов, зданий или защитных сооружений в городе, ед.:

C - вероятность разрушения объектов экономики, зданий или защитных сооружений при степени поражения города $D=0,7$;

K_n - коэффициент пересчета, равный

$$K_n = \frac{D}{0,7} \quad (7.9)$$

На первом этапе прогнозирования коэффициент K_n принимается равным 1.

Таблица 7.2

Вероятности C разрушения объектов, зданий и защитных сооружений при степени поражения города $D=0,7$

Показатели инженерной обстановки	Вероятность
1	2
Количество объектов и зданий, получивших:	
полные и сильные разрушения	0,70
средние разрушения, ед.	0,18

1	2	
Количество убежищ:	разрушенных	0,7
	заваленных	0,35
Количество укрытий:	разрушенных	0,45
	заваленных	0,7

Примечания: 1. Доля полных и сильных разрушений (с), при степени поражения города $D=0,7$, численно равна степени поражения города.

2. При $D>0,7$ количество объектов и зданий, получивших средние разрушения, равны разности между общим числом объектов и количеством объектов, получивших сильную и полную степени разрушения

3. Количество объектов и зданий, сильную и полную степени разрушения распределяются в соотношении:

40% - полные разрушения;

60% - сильные разрушения.

Вероятности, приведенные в табл. 7.2, получены на основе обобщения результатов расчетов по методике п.1.1.

Подача воздуха требуется примерно в 15% заваленных убежищ и в 15% заваленных укрытий.

Количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или разрушенных конструкций зданий, принимается равным числу зданий, получивших сильные разрушения.

Объем завалов определяется из условия, что при сильном разрушении зданий объем завалов состоит примерно 50% от объема завала в случае его полного разрушения.

$$W = (0,5C_3 + C_4) \cdot \frac{H \cdot S \cdot d \cdot \gamma}{100}, \text{ м}^3, \quad (7.10)$$

где C_3, C_4 - вероятность получения зданиями сильной и полной степеней разрушения;

H - средняя высота застройки, м;

d - доля застройки на рассматриваемой площадке;

γ - объемный вес завала на 100 м^3 строительного объема (п.1.2).

Протяженность аварий на КЭС определяется на основе данных о количестве аварий, приходящихся в среднем на 1 кв. км. города, попавшего в зону с избыточным давлением $\Delta P \geq 30$ кПа. Расчеты показывают, что в этой зоне будет от 3 до 4 аварий. Тогда общая численность аварий в пределах города может быть определена по формуле

$$P = S_r \cdot C \cdot K_n, \quad (7.11)$$

где S_r - площадь города, км^2 ;

C - коэффициент, принимаемый равным 0,28

Общее количество аварий на КЭС распределяют:

на системы теплоснабжения - 15%;

электроснабжения, водоснабжения и канализации - по 20%;

газоснабжения - 25%.

Протяженность завалов и разрушений на маршрутах ввода сил оценивается на основе статистических данных о протяженности магистралей в зависимости от площади города, а также расчетных данных по заваливаемости этих магистралей обломками разрушенных зданий. В среднем на 1 кв.км. города, попавшего в зону с избыточным давлением $\Delta P \geq 30$ кПа, приходится около 0,5 км заваленных маршрутов ввода сил определяется по формуле (7.11), в которой $C=0,35$.

Кроме основных показателей, при оценке инженерной обстановке могут определяться вспомогательные показатели, к которым относятся: дальность разлета обломков, высота завалов; структура завала и объемно-весовые характеристики обломков.

Дальность разлета обломков l и высота завала h при разрушении зданий в очаге ядерного взрыва определяется в соответствии с методиками, приведенными в п.1.2. Обобщенные зависимости имеют вид:

$$l=H; h = \frac{\gamma \cdot H}{100 + 5H}, \text{ м};$$

где H - высота зданий, м.

Структура завала и объемно-весовые характеристики завалов принимают в соответствии с рекомендациями, приведенными в п. 2.4.

Показатели аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения

К основным показателям аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения относят:

численность пострадавших людей;

число пострадавших, оказавшихся в завале;

число людей оказавшихся без кровли;

потребность во временном жилье;

пожарная обстановка в зоне разрушений;

реальная и химическая обстановка в очаге поражения.

Кратко рассмотрим рекомендации по определению этих показателей.

Потери в очагах поражения подразделяют на безвозвратные и санитарные. В сумме они составляют общую величину общих потерь населения. Эти характеристики являются основными показателями медицинской обстановки.

Безвозвратные потери - все случаи гибели людей за время образования очага ядерного поражения до оказания им помощи.

Санитарные потери - все случаи потерь трудоспособности на срок не менее одних суток как от непосредственного воздействия взрыва, так и от вторичных причин.

Для расчета потерь необходимо иметь исходные данные:
 численность населения в убежищах и их степень защиты;
 численность населения в укрытиях и их степень защиты;
 численность незащищенного населения.

Математическое ожидание потерь (в дальнейшем будем называть - потери) населения в городе на первом этапе прогнозирования может быть определено по формуле

$$M(N) = \sum_{i=1}^n N_i C_{i \text{ мф}}, \quad \text{чел.} \quad (7.12)$$

где N_i - численность населения по i - ому варианту защищенности, чел.;

$C_{i \text{ мф}}$ - вероятность (в долях) поражения населения от мгновенных поражающих факторов при степени поражения города $D=0,7$ с давлением на границе зоны поражения $\Delta P_{\text{ф}}=30$ кПа;

n - число вариантов защищенности.

Вероятности $C_{i \text{ мф}}$ поражения населения с различной защищенностью, а также для незащищенного населения приведены в табл.7.3.

Таблица 7.3.

Вероятности поражения населения ($C_{i \text{ мф}}$) при степени поражения города $D=0,7$

Защищенность населения, кПа	Вероятности поражения	
	Общие	Безвозвратные
300	0,20	0,17
200	0,25	0,21
100	0,36	0,28
50	0,46	0,37
35	0,54	0,43
20	0,60	0,47
Перекрытая щель	0,67	0,53
Открытая щель	0,82	0,67
Незащищенные	0,95	0,70

Санитарные потери определяются как разность между общими и безвозвратными потерями.

При прогнозировании потерь (на втором этапе) уточнение потерь для защищенного населения можно производить по формуле:

$$M(N) = K_n \sum_{i=1}^n N_i C_{i \text{ мф}}, \quad \text{чел.} \quad (7.13)$$

где K_n - коэффициент пересчета равный $K_n = D/0,7$.

Для незащищенного населения уточнить потери при прогнозировании по данным о воздействии противника (на втором этапе) можно на основании следующих рекомендаций:

если степень поражения города не превышает 0,8 то значение $C_{\text{имф}}$ в формуле (7.12) для безвозвратных потерь численно равно степени поражения города

$$C_{\text{имф}} = D \text{ при } D \leq 0,8 \quad (7.14)$$

при других значениях D значение $C_{\text{имф}}$ определяется по эмпирической формуле:

$$C_{\text{имф}} = 0,5 D + 0,4.$$

Величина $C_{\text{имф}}$ при определении санитарных потерь среди незащищенного населения на втором этапе прогнозирования определяется по табл. 7.4 в зависимости от величины безвозвратных потерь.

Таблица 7.4

Зависимость санитарных потерь от безвозвратных среди незащищенного населения ($C_{\text{имф}}$)

Безвозвратные	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,85	0,90
Санитарные	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10

Число пострадавших, оказавшихся в завалах, определяется из выражения (3.24)

Число людей, оказавшихся без крова, принимается равным числу людей, проживающих в завалах, получивших средние, сильные и полные разрушения.

Пожарную обстановку, в случае ядерного поражения в городе оценивают показатели:

площадь зоны массовых пожаров, км^2 ;

протяженность фронта огня в очагах ядерного поражения, км.

Расчеты рекомендуется проводить по формуле (7.11), в которой коэффициент C принимается по табл. 6.5, а K_n по табл. 7.6. Коэффициент C получен из условия, что в среднем на 1 кв.км. города, попавшего в зону с избыточным давлением $\Delta P_{\text{ф}} = 30$ кПа, ожидаются потери на площади $0,9 \text{ км}^2$ и приходится около 4.5 км фронта огня.

Таблица 7.5.

Значение коэффициента С для определение показателей пожаров

Показатели пожаров	Коэффициент С
Площадь зоны массовых пожаров, км ²	0,62
Протяженность фронта, км	3.1

Радиационная и химическая обстановка, сложившееся в городе, рассчитывается по специальным методикам и учитывается при проведении аварийно-спасательных работ.

Таблица 7.6.

Значение коэффициента К_п для определения показателей пожаров

Степень поражения города, Д	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	2,0
К _п	0,18	0,35	0,53	0,71	0,89	1,06	1	0,9	0,81	0,76	0,35

В заключении отметим, что оперативные методы прогнозирования получены на основе уравнений приведенных в п.1.1. Эти методы позволяют с достаточной точностью определить основные показатели обстановки, сложившейся в городе при применение ядерного оружия. Полученные данные в мирное время могут быть использованы для планирования мероприятий по защите населения, а в военное время - для организации аварийно-спасательных работ.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение степени поражения города и изложите сущность методики по определению этого показателя?
2. Назовите основные этапы оценки обстановки?
3. Перечислите основные показатели инженерной обстановки?
4. В чем заключается сущность методических подходов при определении показателей инженерной обстановки в районах воздействия противником ядерного оружия?
5. Назовите основные показатели аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения и кратко изложите сущность методических подходов при их определении?

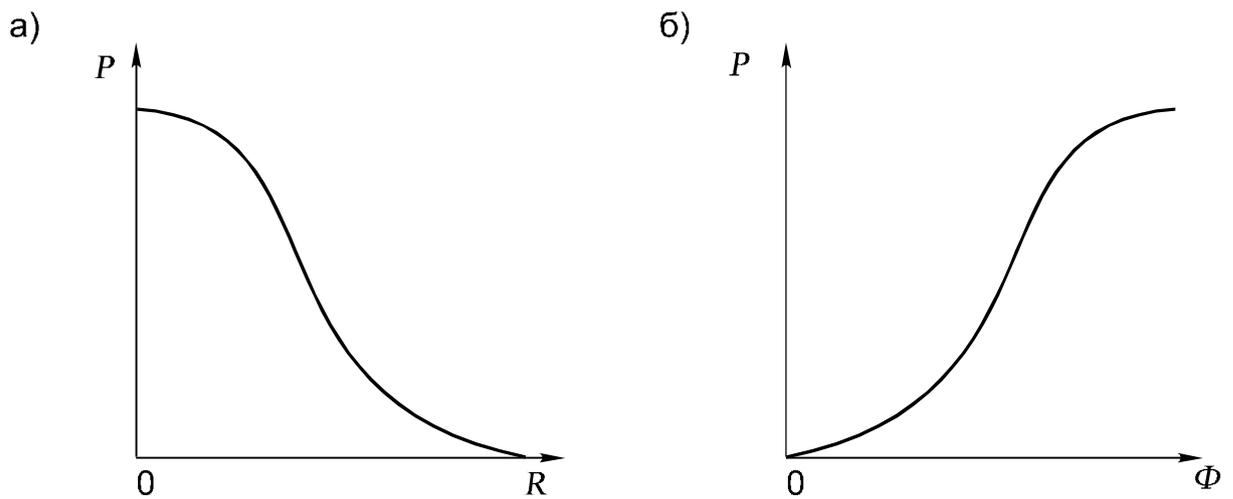
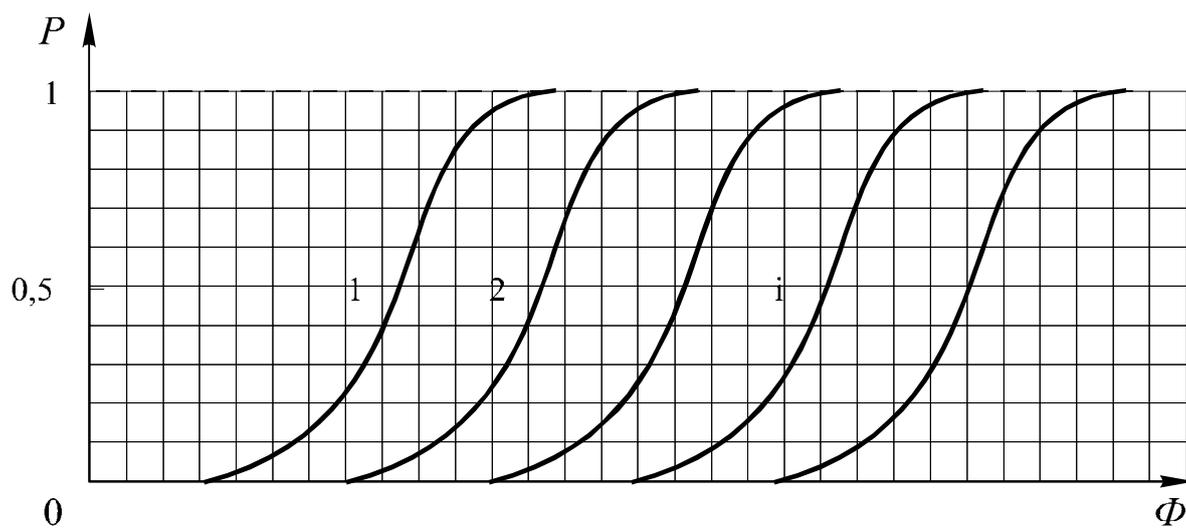


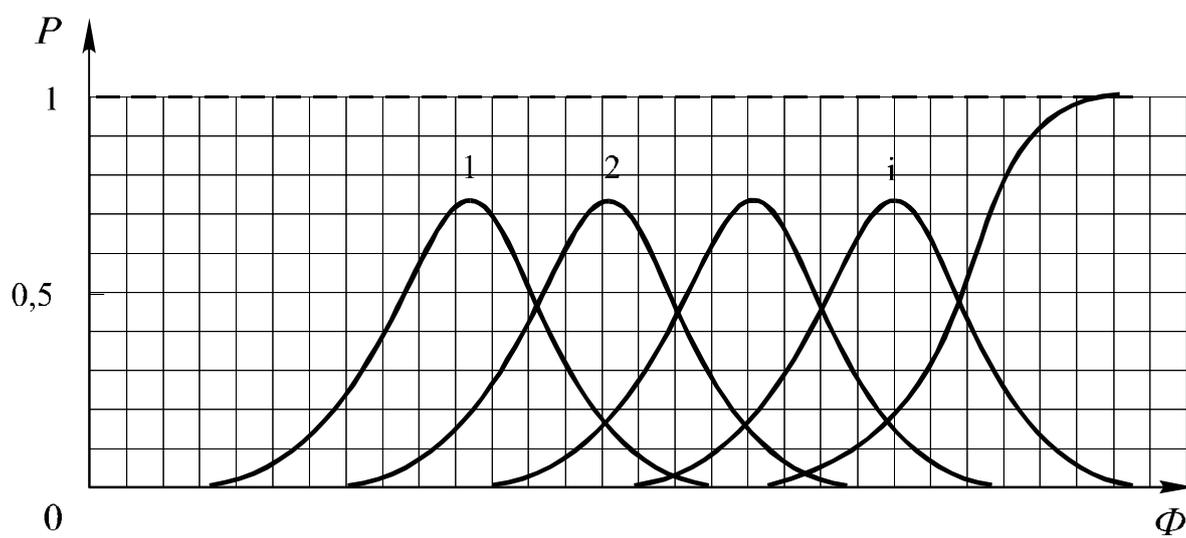
Рис.1.8. Координатный (*a*) и параметрический (*б*) законы разрушения (поражения):

P — вероятность; R — расстояние от центра очага до объекта; Φ — интенсивность поражающего фактора

a)



b)



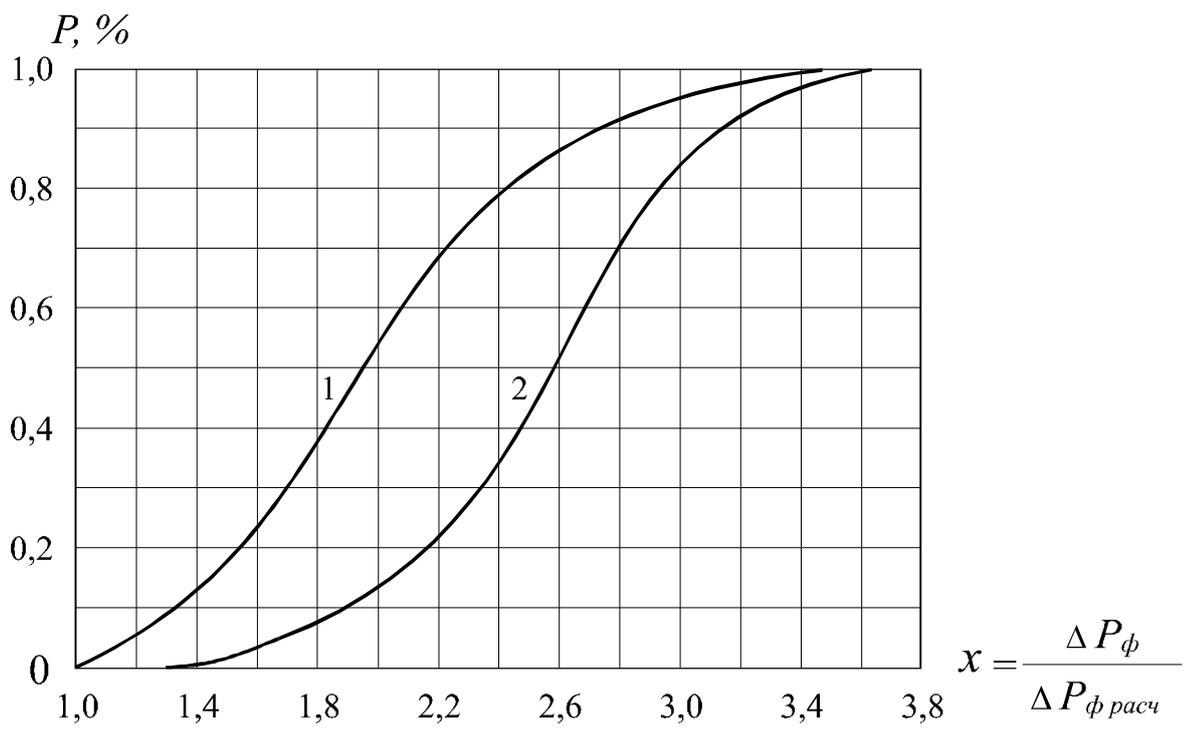


Рис.1.10. Общий вид законов поражения населения:

1 — общие потери; 2 — безвозвратные потери;

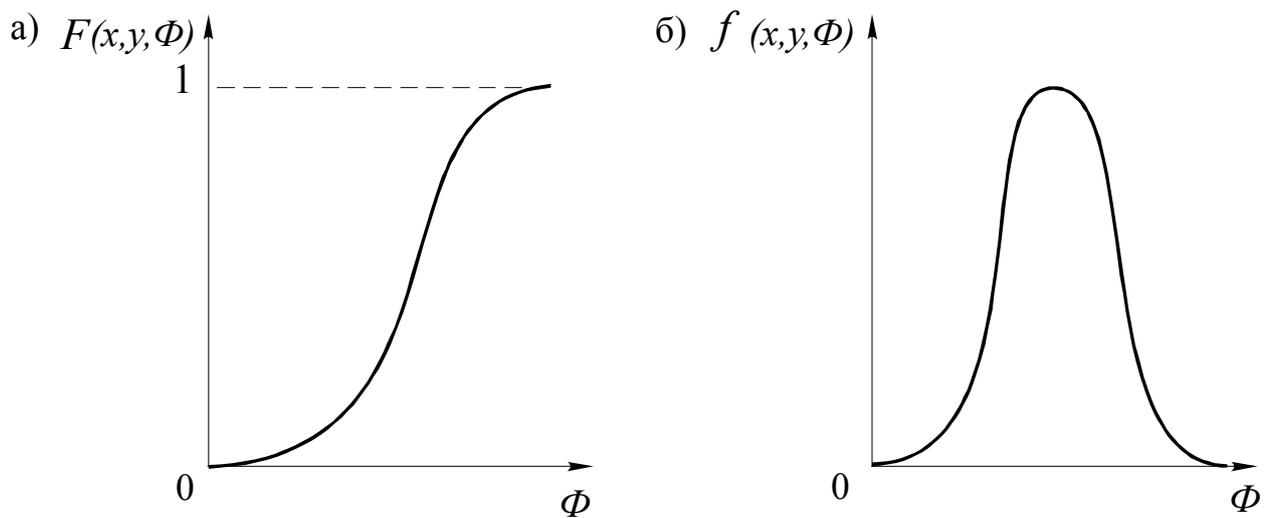


Рис.1.7. Законы распределения поражающих факторов:

a — функция распределения $F(x, y, \Phi)$;

б — функция плотности распределения вероятностей $f(x, y, \Phi)$;

x, y — координаты рассматриваемой точки;

Φ — поражающий фактор (случайная величина)

$\bar{\Phi}$ — переменная интегрирования случайной величины

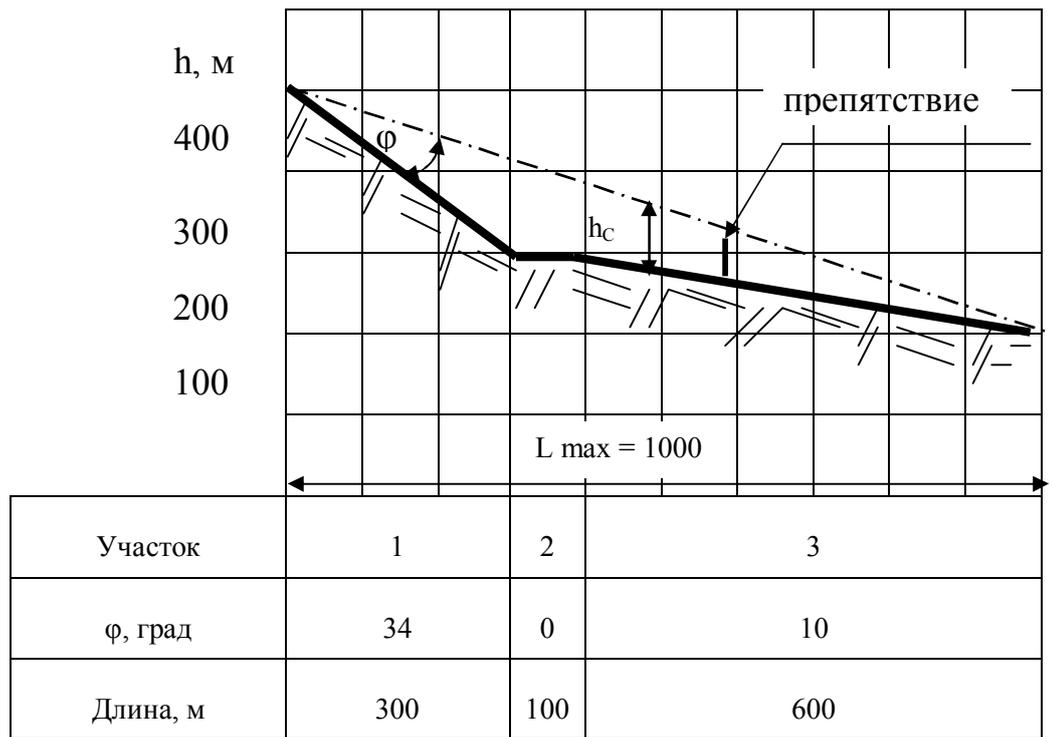


Рис. 3.5. Схема определения высоты лавинного снега перед препятствием.

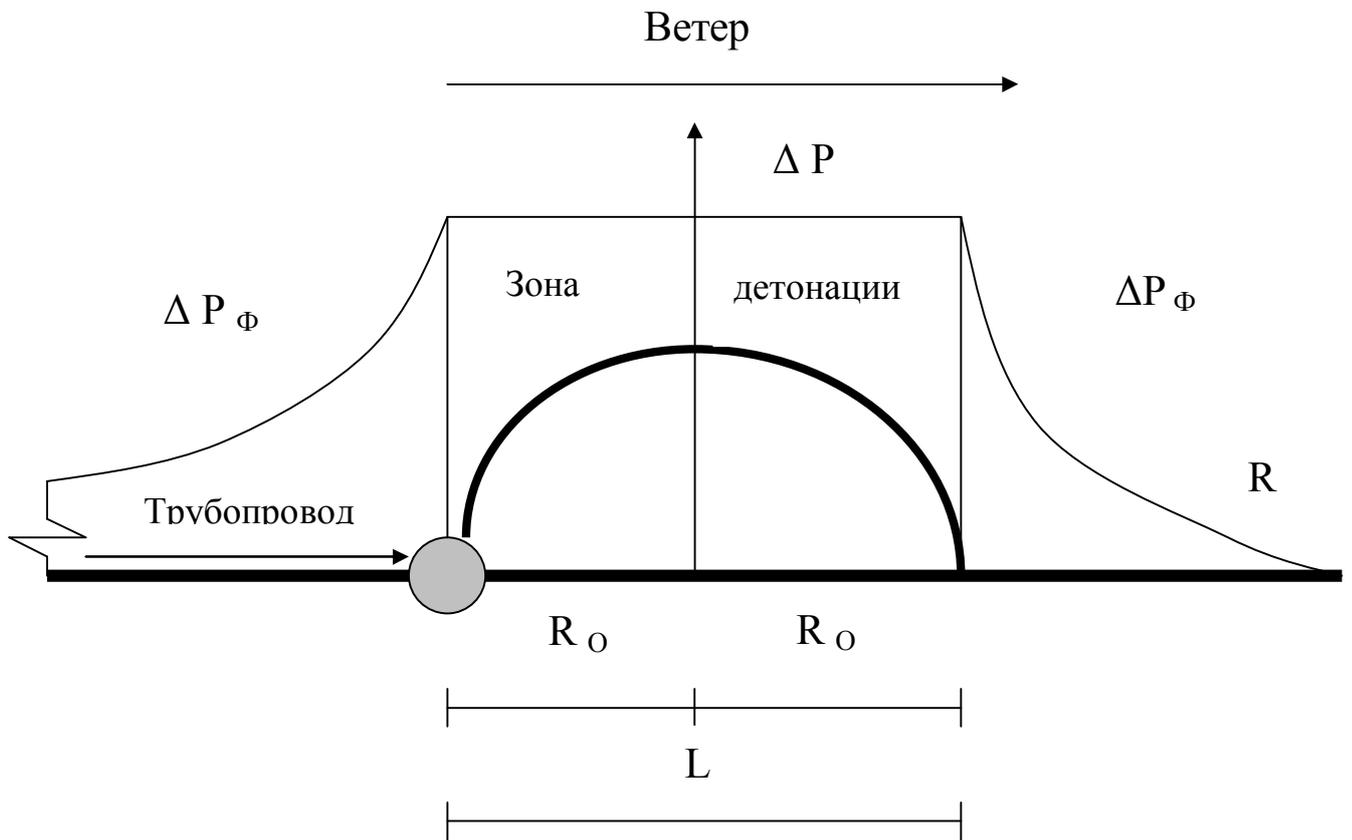
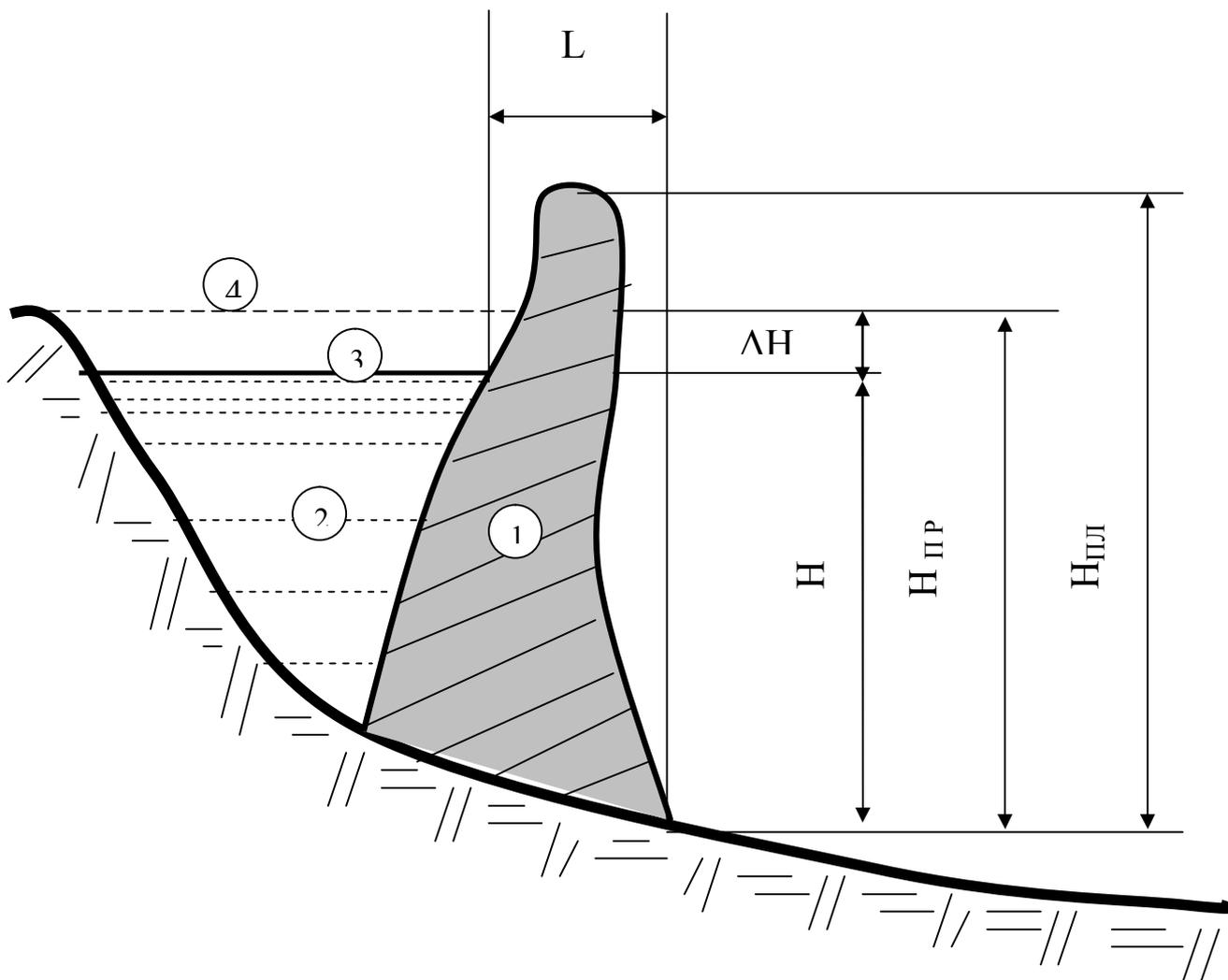


Рис. 6.2. Расчетная схема к определению давлений при аварии на газопроводе.

ΔP – давление в зоне детонации; ΔP_ϕ – давление во фронте воздушной ударной волны; R_0 – радиус зоны детонации; R – расстояние от расчетного центра взрыва; 1 – зона детонации; 2 – зона воздушной ударной



1 – ледник; 2- озеро; 3- уровень воды к началу прогноза; 4 – расчетный прорывной уровень;

L – кратчайшее расстояние по горизонтали между основными перемычками и границей поверхности воды в озере;

$H_{плл}$ – высота плотины (ледника);

$H_{пр}$ – глубина озера в момент прорыва;

H – глубина озера на момент прогнозирования; $\Delta H = H_{пр} - H$

Между магнитудой M и интенсивностью землетрясений J в баллах существует аналитическая зависимость, которая в литературе известна как **формула макросейсмического поля земли**

$$J = B \cdot M - C \cdot \lg \sqrt{D^2 + H^2} + E,$$

где D - эпицентральное расстояние, км;

H - глубина очага, км;

M - магнитуда землетрясений;

B, C, E - региональные константы.

Значения коэффициентов B, C, E в уравнении могут быть различными для конкретных регионов. Если значения констант неизвестны, они могут быть приняты равными $B=1,5; C=3,5; E=3,0$. Этой формулой пользуются при прогнозировании последствий случившегося землетрясения.

Математические ожидания M законов разрушения зданий

Классы зданий по ММСК-86	Степени разрушения зданий				
	Легкая $d=1$	Умеренная $d=2$	Тяжелая $d=3$	Частичное разрушение $d=4$	Обвал $d=5$
	Математические ожидания M законов разрушения				
$A1, A2$	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
$B1, B2$	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
$B1, B2$	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
$C7$	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
$C8$	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
$C9$	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5

Вычисление значений вероятностей $P_{Ai}(\phi)$ чаще всего производится по формуле нормального закона

$$P_{Ai}(\phi) = \frac{1}{\sigma_i \cdot \sqrt{2\pi}} \int_0^{\Phi} \varepsilon^{-\frac{(\bar{\Phi} - M_i)^2}{2\sigma_i^2}} d\bar{\Phi} \quad (1.3)$$

где $\bar{\Phi}$ - переменная интегрирования случайной величины;

$\pi = 3,14$;

M_i, σ_i - математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение случайной величины для i -й степени разрушения сооружений, определяемые на основании статистической обработки результатов экспериментов и натурных данных или расчётным путём.

Количество зданий P_j , получивших j -ую степень разрушений, определяется по формуле

$$P_j = \sum_{i=1}^n K_i \cdot C_{ij}, \text{ ед,}$$

где K_i - количество зданий i -го типа в городе;

C_{ij} - вероятность получения зданием i -го типа j -ой степени разрушения

n - число типов рассматриваемых зданий (максимальное число типов $n=6$ - А, Б, В, С7, С8, С9).

Вероятности C_i повреждения различных типов зданий в зависимости от интенсивности землетрясения

Типы зданий	Степень разрушения	Вероятности разрушения зданий при интенсивности разрушения в баллах						
		6	7	8	9	10	11	12
А	1	0,36	0,13	0	0	0	0	0
	2	0,12	0,37	0,02	0	0	0	0
	3	0,02	0,34	0,14	0	0	0	0
	4	0	0,13	0,34	0,02	0	0	0
	5	0	0,03	0,50	0,98	1	1	1
Б	1	0,09	0,4	0,01	0	0	0	0
	2	0,01	0,34	0,15	0	0	0	0
	3	0	0,13	0,34	0,02	0	0	0
	4	0	0,03	0,34	0,14	0	0	0
	5	0	0	0,16	0,84	1	1	1
В	1	0,01	0,36	0,13	0	0	0	0
	2	0	0,11	0,37	0,02	0	0	0
	3	0	0,03	0,34	0,14	0	0	0
	4	0	0	0,13	0,34	0,03	0	0
	5	0	0	0,03	0,50	0,97	1	1
С7	1	0	0,09	0,4	0,01	0	0	0
	2	0	0,01	0,34	0,15	0	0	0
	3	0	0	0,13	0,34	0	0,02	0
	4	0	0	0,03	0,34	0,1	0,14	0
	5	0	0	0	0,16	0,09	0,84	1
С8	1	0	0,01	0,36	0,13	0	0	0
	2	0	0	0,1	0,37	0,02	0	0
	3	0	0	0,02	0,34	0,14	0	0
	4	0	0	0	0,13	0,34	0,020	0
	5	0	0	0	0,03	0,50	,98	1
С9	1	0	0	0,09	0,4	0,01	0	0
	2	0	0	0,01	0,34	0,15	0	0
	3	0	0	0	0,13	0,34	0,02	0
	4	0	0	0	0,03	0,34	0,14	0
	5	0	0	0	0	0,16	0,84	1

Общий объем завалов определяется из условия, что при частичном разрушении зданий объем завалов составляет примерно 50 % от объема завала при его полном разрушении:

$$W=(0.5C_4+C_5) \frac{H \cdot S \cdot d \cdot \gamma}{100}, \text{ м}^3,$$

где C_4 C_5 - вероятность получения здания 4-ой и 5-ой степени разрушения;

H - средняя высота застройки, м;

d - доля застройки на рассматриваемой площади (плотность застройки);

γ - коэффициент объема, принимаемый для промышленных зданий равным 20, для жилых - 40.

Потери при разрушительных землетрясениях определяются из условия:

$$M(N)=R \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i, \text{ чел.}$$

где R – вероятность размещения людей в зоне риска в зданиях (в среднем $R= 0.83$);

N_i – численность людей в зданиях i - ой группы, чел;

C_i – вероятность поражения людей в зданиях i -ой группы, определяется по таблице

Вероятности C_i общих и безвозвратных потерь людей в различных типах зданий (по классификации MMSK-86) при землетрясениях

Типы зданий	Степень поражения людей	Вероятность потерь людей в различных типах зданий при интенсивности землетрясения в баллах						
		6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	Общие	0,004	0,14	0,70	0,96	0,97	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0,05	0,38	0,59	0,6	0,6	0,6
Б	Общие	0	0,03	0,39	0,90	0,97	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0,01	0,18	0,53	0,6	0,6	0,6
В	Общие	0	0	0,14	0,70	0,96	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0	0,05	0,38	0,59	0,6	0,6
С7	Общие	0	0	0,03	0,39	0,90	0,97	0,97
	Безвозвратные	0	0	0,01	0,18	0,53	0,6	0,6
С8	Общие	0	0	0,004	0,14	0,70	0,96	0,97
	Безвозвратные	0	0	0	0,05	0,38	0,59	0,6
С9	Общие	0	0	0	0,03	0,39	0,90	0,97
	Безвозвратные	0	0	0	0,01	0,18	0,53	0,6

Численность личного состава, необходимого для комплектования спасательных механизированных групп ($N_{смг}$), определяется:

$$N_{смг} = 0,15 \cdot \frac{W \cdot П_3}{T} \cdot K_3 \cdot K_c \cdot K_n, \text{ чел,}$$

- где W - объем завала разрушенных зданий и сооружений, $м^3$;
 $П_3$ - трудоемкость по разборке завала, чел.ч/ $м^3$, принимается равная 1,8 чел.ч/ $м^3$;
 T - общее время выполнения спасательных работ в часах;
 K_3 - коэффициент, учитывающий структуры завала;
 K_c - коэффициент, учитывающий снижение производительности в темное время суток, принимается равным 1,5;
 K_n - коэффициент, учитывающий погодные условия.

Объем завала, разбираемый для извлечения пострадавших ($V_{зав}$), определяется:

$$V_{зав} = 1,25 \cdot N_{зав} \cdot h_{зав}, \text{ м}^3,$$

- где $N_{зав}$ - количество людей, находящихся в завале, чел;
 $h_{зав}$ - высота завала, м;

Количество спасательных механизированных групп ($n_{смг}$), определяется:

$$n_{смг} = 0,15 \frac{W}{П_{смг} \cdot T}, \text{ групп, или}$$

$$n_{смг} = \frac{V_{зав}}{П_{смг} \cdot T}, \text{ групп}$$

- где $П_{смг}$ - производительность одной механизированной группы на разборке завала, принимается равная 15 $м^3/ч$.

Примечание: Численность личного состава спасательной механизированной группы принята с учетом ее работы в две смены.

Общее количество спасательных звеньев ($n_{р.з}$) ручной разборки определяется:

$$n_{р.з} = n \cdot k \cdot n_{смг}, \text{ ед,}$$

- где n - количество смен в сутки при выполнении спасательных работ;
 k - коэффициент, учитывающий соотношение между механизированными группами и звеньями ручной разборки в зависимости от структуры завала, определяется по таблице

Значение коэффициента k

Количество звеньев ручной разборки в смену на одну механизированную группу при ведении спасательных работ в завалах				
зданий жилых, со стенами			зданий производственных, со стенами	
из местных материалов	из кирпича	из крупных панелей	из кирпича	из крупных панелей
9	8	3	2	1

Здания и типовые сооружения без антисейсмических мероприятий разделяют на типы:

А 1 - Местные здания. Здания со стенами из местных строительных материалов: глинобитные без каркаса; саманные или из сырцового кирпича без фундамента; выполненные из окатанного или рваного камня на глиняном растворе и без регулярной (из кирпича или камня правильной формы) кладки в углах и т.п.

А 2 - Местные здания. Здания из самана или сырцового кирпича, с каменными, кирпичными или бетонными фундаментами; выполненные из рваного камня на известковом, цементном или сложном растворе с регулярной кладкой в углах; выполненные из пластового камня на известковом, цементном или сложном растворе; выполненные из кладки типа “мидис”; здания с деревянным каркасом с заполнением самана или глины, с тяжелыми земляными или глиняными крышами; сплошные массивные ограды из самана или сырцового кирпича и т.п.

Б - Местные здания. Здания с деревянными каркасами с заполнителями из самана или глины и легкими перекрытиями.

Б 1 - Типовые здания. Здания из жженого кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе; деревянные щитовые дома.

Б 2 - Сооружения из жженого кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе: сплошные ограды и стенки, трансформаторные киоски, силосные и водонапорные башни.

В - Местные здания. Деревянные дома, рубленные в “лапу” или в “обло”.

В 1 - Типовые здания. Железобетонные, каркасные крупнопанельные и армированные крупноблочные дома.

В 2 - Сооружения. Железобетонные сооружения: силосные и водонапорные башни, маяки, подпорные стенки, бассейны и т.п.

Здания и типовые сооружения с антисейсмическими мероприятиями разделяются на типы:

С 7 - Типовые здания и сооружения всех видов (кирпичные, блочные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7 баллов.

С 8 - Типовые здания и сооружения всех видов с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 8 баллов.

С 9 - Типовые здания и сооружения всех видов с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 9 баллов.

При сочетании в одном здании двух или трех типов здание в целом следует относить к слабейшему из них.

ГЛАВА 7. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ И СРОКОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ИТМ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА АЭС

7.1. Методика прогнозирования объемов работ по очистке территории промплощадки АЭС от радиоактивно загрязненных обломков и грунта

Объем работ по очистке территории промплощадки АЭС от радиоактивно загрязненных обломков разрушенного реакторного здания и элементов технологического оборудования, а также от радиоактивно загрязненных частиц, выброшенных при взрыве реактора, зависят от типа реактора и строительного объема здания. По имеющимся данным наземное здание реактора ВВЭР-1000 имеет строительный объем около 20000 м^3 , а реакторов РБМК-1000 с размером $21,0 \times 21,6 \times 25,6 \text{ м}$ около 11000 м^3 . Строительный объем здания реактора ВВЭР-400 составляет около 5000 м^3 . При этом толщина стен наземных зданий достигает $0,5-0,6 \text{ м}$.

По имеющимся данным, при сильном и полном разрушении промышленных зданий в завал может попасть от 40 до 100 м^3 на каждую тысячу кубометров строительного объема.

При этом объем высоко радиоактивно загрязненных обломков завала, выброшенных из реактора, может достигать для реакторов ВВЭР-1000 и РБМК-1000-500-800 м^3 .

Значительная часть обломков может быть разбросана на десятки метров от здания и вызвать сильное радиоактивное загрязнение на всей территории промплощадки станции.

Для снижения высоко радиоактивного фона на территории промплощадки АЭС и снижения опасности переноса радиоактивных частиц с загрязненных поверхностей при ветре, необходимо провести различные инженерно-технические мероприятия (ИТМ), включая:

очистку территории АЭС от обломков строительных конструкций и технологического оборудования;

укладку асфальтовых или бетонных экранов толщиной $15-20 \text{ см}$ на участках территории АЭС, удаленных на $20-30 \text{ м}$ от стен разрушенного реакторного здания (реакторного блока). Уровни загрязнения на этих участках достаточно высоки и могут повышаться в результате постоянных выбросов радиоактивных частиц из разрушенного реактора;

срезание слоя загрязненного грунта, толщиной не менее 10 см , с территории промплощадки, имеющей травяной покров или открытый грунт, с последующей пропиткой специальными составами, препятствующими переносу радиоактивных частиц.

По опыту ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС для очистки территории промплощадки от радиоактивно загрязненных обломков разрушенного здания (завала), использовались высокозащищенные землеройные машины типа ИМР (инженерная машина разграждения) с коэффициентом ослабления радиации $K_{\text{осл}}=1000$ и более раз. Эти машины могут производить разборку и погрузку завала в специальные, автоматические закрывающиеся, контейнеры без выхода оператора ИМР и водителей контейнеровозов.

Производительность одной ИМР ($\Pi_{\text{им}}$) достигает 20-25 м³/ч.
 Время на разборку завала ($T_{\text{раз}}$) может быть определено по формуле

$$T_{\text{раз}} = V_{\text{зав}} / \Pi_{\text{им}} \cdot K_{\text{в}} \cdot n, \text{ ч}, \quad (7.1)$$

где $V_{\text{зав}}$ – объем завала, подлежащего разборке, м³;
 $\Pi_{\text{им}}$ – производительность ИМР, м³/ч;
 $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования машины по времени. Для условий работы на РЗМ $K_{\text{в}}$ может приниматься равным 0,7-0,8.
 n – количество ИМР, участвующих в разборке завала.

Укладка бетонных (или асфальтовых) экранов включает:
 снятие загрязненного слоя грунта, толщиной до 10 см;
 транспортировка (подвоз) бетонной (асфальтовой) смеси с бетонных заводов и ее разравнивание специальными (либо стандартными) виброрейками, отвалом ИМР или бульдозера с защищенными кабинами, с коэффициентом ослабления $K_{\text{з}}=800$. Для подвоза бетонной смеси могут использоваться бетоновозы типа «Миксер» с объемом миксера 4 м³ или самосвалы с объемом кузова от 2 до 3 м³.

Потребное количество бетона ($V_{\text{бет}}$) может быть определено по формуле

$$V_{\text{бет}} = d \cdot S_{\text{б}} \cdot n_{\text{сл}}, \text{ м}^3, \quad (7.2)$$

где d – принятая толщина одного слоя бетонного экрана, м (может приниматься в пределах 0,15-0,20 м, что обеспечивает снижение степени облучения в 3-4 раза);
 $S_{\text{б}}$ – площадь бетонирования территории промплощадки, м²;
 $n_{\text{сл}}$ – количество слоев бетона, укладываемого на участке.

Время укладки бетонных экранов зависит от объема бетона, который может быть подвезен к месту укладки. Опыт аварий на ЧАЭС показывает, что один миксер может подвести от 4 до 8 м³/ч при дальности подвоза 10-15 км.

Конкретные значения времени укладки бетонного экрана могут быть определены по формуле

$$T_{\text{экр}} = V_{\text{бет}} / \Pi_{\text{мик}} \cdot K_{\text{в}} \cdot n_{\text{мик}}, \text{ ч}, \quad (7.3)$$

где $V_{\text{бет}}$ – объем бетона, необходимого для укладки в экран, м³;
 $\Pi_{\text{мик}}$ – производительность миксера (самосвала) при подвозке бетона, м³/ч. Может приниматься для миксера 4-8 м³/ч, для самосвалов 4-7 м³/ч;
 $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования транспортных средств, $K_{\text{в}}=0,6-0,8$.
 $n_{\text{мик}}$ – количество миксеров или самосвалов, шт.

При бетонировании участков, загрязненной радиоактивными частицами территории на промплощадке АЭС, площадью более 30 м², по техническим условиям на производство бетонных работ требуется устройство деформационных швов. Поэтому после снятия верхнего слоя грунта на бетонных участках устанавливаются опалубочные (закладные) доски, образующие ячейки 6х3 м или 6х6 м. На 1 м³ укладываемого бетона расходуется 5-6 досок длиной 6 м и шириной, равной толщине слоя бетона.

Срезание поверхностного слоя загрязненного грунта на территории промзоны АЭС может выполняться отвалом ИМР или бульдозеров с защищенными кабинами (K_3 не менее 800). Срезанный грунт собирается в отвалы, и экскаватором с защищенной кабиной ($K_3=100-1000$ раз) загружается в контейнеры, установленные в кузове самосвала, и транспортируется в могильник. С целью уменьшения пылеобразования при срезании и погрузке грунта производится поливка грунта водой из емкости, расположенной на кабине экскаватора, а очищенная площадь покрывается вяжущими материалами, способными при затвердевании образовывать защитную пленку.

Объем срезаемого грунта ($V_{\text{срез}}$) зависит от размеров площади, толщины срезаемого слоя за один проход ИМР или бульдозера и может быть определен по формуле

$$V_{\text{срез}}=d \cdot S \cdot n_{\text{сл}}, \text{ м}^3, \quad (7.4)$$

где d – толщина слоя грунта, срезаемого за один проход, м;

S – площадь загрязненной территории промплощадки, на которой срезается грунт, м^2 ;

$n_{\text{сл}}$ – число слоев срезаемого грунта. При использовании ИМР и бульдозеров толщина слоя может достигать 10 см.

Производительность ИМР при срезании грунта на территории промзоны составляет от 800 до 1200 $\text{м}^2/\text{ч}$.

В качестве вяжущих растворов, наносимых на очищенную от радиоактивно зараженного грунта, с целью образования защищенной пленки, могут использоваться различные поверхностно активные вещества, и прежде всего отходы лесохимической промышленности – сульфитно-спиртовая барда, сульфитно-целлюлозный щелок, битумные и сланцевые эмульсии и др.

Водные растворы этих составов при затвердевании образуют достаточно прочную пленку, сохраняющуюся в течение 7-10 дней даже в дождевую погоду.

Растворы наносятся путем разбрызгивания поливомоечными машинами АРС-14 или АРС-15. Каждая машина, при расходе раствора 1-1,5 л на 1 м^2 поверхности, может обработать от 4 до 5 тыс. м^2 поверхности в час, при двух заправках раствором. Емкость одной заправки АРС-15 2500 л, а АРС-14 2000 л.

Для нанесения растворов могут использоваться также поливомоечные машины городского коммунального хозяйства с емкостью цистерны 6-10 тыс.л. Производительность таких машин может достигать 10000 $\text{м}^2/\text{ч}$ и более в зависимости от состояния проезжей части и скорости движения на грунтовых участках.

Все эти средства для работы в условиях РЗМ должны быть оборудованы кабинами, защищенными от воздействия ионизирующих излучений.

7.2. Захоронение радиоактивно загрязненных обломков и грунта в заглубленных могильниках

Могильник для захоронения радиоактивных обломков и грунта представляет собой котлован, отрываемый, как правило, в сухих грунтах, объем которого принимается равным объему обломков, подлежащих захоронению.

Грунт, вынимаемый при отрывке котлована, разравнивается на месте, что позволяет увеличить общую глубину котлована и обеспечить необходимую толщину засыпки после укладки в котлован радиоактивно загрязненных обломков завала и грунта. Толщина засыпки, по опыту захоронения обломков и грунта при аварии на ЧАЭС, должна быть не менее 0,8-1,0 м, дно котлована должно быть выше уровня грунтовых вод не менее, чем на 1,5-2 м. В этом случае устройство гидроизоляции может не предусматриваться.

Могильники отрываются, как правило, на участках с уровнем грунтовых вод более 5-6 м. При этом глубина котлована может быть около 4 м. При более высоких уровнях грунтовых вод по дну котлована и понизу боковых и торцевых стенок устраивается глиняная или бетонная гидроизоляция, толщиной слоя не менее 10-15 см.

Заполненный обломками и грунтом котлован поверху закрывается водонепроницаемой пленкой (толь, рубероид) и другими гидроизоляционными материалами, после чего засыпается грунтом. Гидроизоляционный слой наверху котлована предотвращает возможность проникания поверхностных вод и вымывания радиоактивных частиц.

Гидроизоляция по дну и низу стенок котлована, на высоту 0,5-1 м, позволяет предотвратить проникание радиоактивных частиц в грунтовые воды при сезонных и непредвиденных повышении уровня грунтовых вод.

Объем грунта при отрывке котлована для могильника должен быть равен объему радиоактивных материалов, подлежащих захоронению. Размеры котлована в плане и по высоте при известных $V_{гр}$ и H могут быть определены по формуле

$$V_{гр} = \frac{B_{в} + B_{н}}{2} \cdot L_{ср} \cdot H, м^3, \quad (7.5)$$

где $V_{гр}$ – объем радиоактивно загрязненных обломков завала и грунта, подлежащих захоронению, и объем завала, $м^3$;

$B_{в}$ и $B_{н}$ – ширина котлована поверху и понизу, м;

$L_{ср}$ – средняя длина котлована $(L_{в}+L_{н})/2$, м;

H – глубина котлована.

В тех случаях, когда конкретный объем радиоактивно загрязненных материалов неизвестен, размеры котлована по дну могут приниматься: длина 30-50 м, ширина 6-10 м. При заложении откосов 1:1 и глубине котлована 3-4 м длина котлована поверху может составить 40-60 м, а ширина 12-18 м. Объем такого котлована составит около $3000 м^3$.

Отрывка могильника включает: прокладку дорог; очистку площадки от кустарников и растительного грунта; послойное срезание и транспортирование срезанного грунта в отвал; разравнивание грунта по боковым участкам контура котлована. Работы по отрывке, транспортировке в отвал и разравниванию выполняются ИМР или бульдозером, которые, продвигаясь вдоль длинной оси

котлована, последовательно срезают слои грунта толщиной 10-15 см. Набранный перед отвалами грунт сдвигается к месту отвала.

Между площадкой для отвала грунта и верхней кромкой аппарелей в торцах котлована должен оставаться свободный проезд шириной 10-15 м для разворота и съезда в котлован контейнеровозов и самосвалов с загрязненными обломками завала и грунтом.

Время откопки котлована могильника зависит от мощности и тяговых характеристик ИМР и бульдозеров. По опыту работы ИМР и бульдозеров типа ДЗТ-250 производительность этих машин при отрывке котлована составляла от 80 до 150 м³ в час.

Объем укладки гидроизоляции из мятой глины или бетона толщиной 10-15 см может быть определен по формуле

$$V_{\text{гидр}} = d_{\text{г}} \cdot B_{\text{н}} \cdot L_{\text{н}} + d_{\text{г}} \cdot 2h_{\text{г}}(L_{\text{н}} + B_{\text{н}}), \text{ м}^3, \quad (7.6)$$

где $d_{\text{г}}$ – толщина слоя гидроизоляции (не менее 10-15 см), м;

$B_{\text{н}}$ – ширина котлована понизу, м;

$h_{\text{г}}$ – высота слоя гидроизоляции на боковых стенках котлована ($h_{\text{г}}=0,5-0,8$ м);

$L_{\text{н}}$ – длина котлована понизу, м.

7.3. Водоохранные мероприятия на водостоках при авариях на АЭС

Опыт ликвидации последствий аварии на ЧАЭС показал, что основными достаточно эффективными способами снижения опасности загрязнения воды в реках и каналах являются:

возведение защитных дамб и «стен в грунте» вокруг загрязненной территории АЭС, предотвращающих попадание радиоактивных частиц в реки, водоемы и грунтовые воды;

устройство донных ловушек и илоулавливателей в руслах крупных рек, задерживающих распространение радиоактивных частиц, попадающих в воду рек и иловые отложения;

возведение фильтрующих и глухих дамб на малых реках и каналах, препятствующих смыву радиоактивных частиц с площади водосбора рек и каналов в период дождей и при таянии снега.

Первые два способа снижения опасности загрязнения грунтовых и речных вод проводятся по специальным планам с использованием специальной техники и особых технологий.

В ходе ликвидации последствий аварии на ЧАЭС наибольшее распространение среди водоохранных мероприятий получило возведение фильтрующих и глухих дамб на малых реках и каналах.

С этой целью в пределах 30 км зоны ЧАЭС были проведены различные подготовительные мероприятия:

определено количество рек, каналов, крупных оврагов в опасной зоне РЗМ;

установлены ширина и глубина рек в межень и в период половодья, размеры и уклон берегов в пойме рек и оврагов, а также размеры площадей водосбора для каждой реки, канала, оврага;

проведены необходимые расчеты по объему стока воды от дождей и при таянии снега при различной обеспеченности, и установлены значения высоты, длины и ширины плотины.

Общий объем грунта и фильтрующих материалов (в основном циолитов), укладываемых в плотину, может быть определен по формуле

$$V_{\text{пл}} = \frac{LN}{2} \left(A + \frac{2}{3} H \right) + \frac{h_p v_p}{2} (A + 2H + h_p), \text{ м}^3, \quad (7.7)$$

где L , H – длина и высота плотины, м;

h_p , v_p – глубина и ширина реки в межень, м;

A – ширина плотины по верху (принимается не менее 3 м при уплотнении грунта бульдозером).

Глухие плотины возводятся, как правило, из местного грунта путем отрывки и перемещения его (или подвоза) скреперами с ближайших участков. Работы могут выполняться скреперами, бульдозерами или экскаваторами.

Откосы укрепляются камнем, бетонными плитами, дерном.

В фильтрующих плотинах русловая часть ее отсыпается, как правило, из бутового камня. На откосе, со стороны притока воды (верхний бьеф), укладывается фильтрующий материал – слой циолитового камня толщиной не менее 1 м. Поверх этого слоя отсыпается слой щебня или гравия толщиной 0,5-1 м (в зависимости от высоты плотины).

Время на возведение глухих плотин может быть определено в зависимости от типа и количества землеройных машин.

При отрывке грунта бульдозером вблизи плотины или при транспортировании до 50 м его производительность может составить 100-200 м³ в час. При увеличении расстояния транспортирования грунта до 100 м производительность бульдозера при укладке грунта в плотину сокращается примерно в два раза (50-100 м³/ч).

Скрепер, как землеройно-транспортное средство, может быть рационально использован для разработки и транспортирования грунта в насыпь на расстояние до одного км. При этом производительность скрепера с емкостью ковша 6-10 м³ составит от 50 до 100 м³/ч.

7.4. Прогнозирование объемов и сроков выполнения инженерно-технических мероприятий по консервации радиоактивно загрязненных участков леса при аварии на АЭС

Анализ радиационной обстановки при аварии на ЧАЭС показал, что на участках леса, оказавшихся на пути движения радиоактивного облака, уровни радиоактивного загрязнения в 1,5-2 раза больше, чем на открытой местности, и изменяются от 50 мр/ч до 1600 мр/ч. Основной причиной этого является задер-

живающая способность листьев и особенно хвои, имеющих большую поверхность соприкосновения с радиоактивным облаком.

Воздействие радиоактивных частиц стронция-90 и цезия-137 на листья и хвою деревьев вызывает отмирание хвои и листьев, а кроны деревьев становятся источниками вторичного загрязнения при сильном ветре или возникновении загораний.

Известны следующие основные способы консервации радиоактивно загрязненных участков леса.

1. Гидронамыв грунта с «засыпкой» спиленного леса.
2. Сжигание в специальных печах древесины с тонкой очисткой дымового аэрозоля.
3. Искусственное (быстрое) гниение древесины.
4. Засыпка спиленных (поваленных) стволов и веток сухим грунтом.

Исследования и опыт консервации «рыжего леса» в зоне аварии на ЧАЭС показал, что наиболее рациональным является засыпка спиленных деревьев, веток и подстилки сухим грунтом. При этом выполнялись следующие группы мероприятий или виды работ.

1. Радиационная разведка и первичная подсыпка сухого и чистого песка между деревьями слоем 0,3-0,5 м с целью снижения уровня радиоактивного фона в 5-7 раз и обеспечения безопасности работы людей.
2. Спиливание (валка) деревьев, очистка сучьев и уплотнение завала гусеницами ИМР и бульдозера.
3. Засыпка уплотненного «завала» слоем грунта толщиной 0,5-0,7 м.
4. Подсыпка на поверхности образовавшейся насыпи растительного грунта, посев травы или посадка кустарников.

После выполнения этих мероприятий уровень загрязнения на поверхности образовавшейся насыпи снижается более чем в 100 раз (1 метр грунта – 7 слоев половинного ослабления, а $2^7=128$ раз).

Перед началом работ по консервации радиоактивно загрязненных участков леса производится обвалование их насыпью высотой 1-1,5 м с целью предотвращения смыва радиоактивных частиц с дождевыми и талыми водами. Насыпь возводится путем срезания грунта со стороны дорог, свободных участков и перемещения его в сторону леса. Для этого используются БАТ-М или ИМР с защищенными кабинами ($K_3=80-100$). Производительность БАТ и ИМР при обваловании участков лесного массива составляет 100-120 м³/ч.

Кроме того, участок леса разделяется противопожарными полосами шириной 3-5 м, очищенными от лесной подстилки и кустарника до минерализованного грунта. Постоянно проводится радиационная разведка (не менее 2 раз в сутки). Расстояние между противопожарными полосами принимается равным 50-100 м. Расчистка полос производится с использованием ИМР и БАТ-М, с защищенными кабинами с $K_3=80-100$. Производительность ИМР и БАТ-М при расчистке противопожарных полос составляет от 200 до 400 м/ч.

Площадь леса, подлежащего консервации, разделяется на рабочие участки размером по ширине 20 м и глубиной 50 м, площадью 1000 м². На каждом таком участке расчищаются 2-3 временных проезда для прохода самосвалов с

грунтом между крупными деревьями. Эти подготовительные работы выполняются ИМР и бульдозерами.

Первичная подсыпка чистого грунта производится самосвалами, а разравнивание грунта между деревьями – бульдозером с защищенной кабиной, имеющей степень ослабления излучений не менее чем в 8-10 раз. Объем первичной подсыпки грунта ($V_{гр.п}$) на каждом рабочем участке (1000 м^2) при толщине подсыпки 0,3-0,4 м составит 300-400 м^3 .

Количество самосвалов (N_c), необходимых для выполнения первичной подсыпки грунта на рабочем участке, может быть определено по формуле

$$N_c = V_{гр.п} / E_c \cdot n_p \cdot K_{и}, \text{ машиночасов,} \quad (7.8)$$

где $V_{гр.п}$ – объем первичной засыпки на рабочем участке;

E_c – емкость перевозимого грунта в самосвале, м^3 (от 2 до 3 м^3);

n_p – число рейсов автосамосвала в час. При дальности возки 5-7 км и погрузкой одним экскаватором n_p может приниматься 2-4 рейса в час;

$K_{и}$ – коэффициент использования рабочего времени автомобиля, $k_{и}=0,5$.

Разравнивание отсыпанного самосвалами грунта между деревьями производится бульдозером ДЗ-27. Производительность бульдозера изменяется от 40 до 60 км/ч.

Задача 1. Определить необходимое количество самосвалов (N_c) с емкостью кузова 2-4 м^3 ($E=3 \text{ м}^3$) и числе рейсов в час $n_p=3$, $K_{и}=0,5$ для первичной засыпки рабочего участка. $V_{гр.п}=300-400 \text{ м}^3$. Время непрерывной работы в смену 4 часа.

Решение.

По формуле 7.8 при $V_{гр.п}=300 \text{ м}^3$ $N_c=300/(3 \cdot 3 \cdot 0,5) \approx 67$ машиночасов,

при $V_{гр.п}=400 \text{ м}^3$ $N_c=400/(3 \cdot 3 \cdot 0,5) \approx 88$ машиночасов

При времени непрерывной работы личного состава на РЗМ равной 4 часа для выполнения работ по первичной подсыпке грунта на участке 1000 м^2 требуется не менее 17-22 автосамосвалов.

Спиливание (валка) крупных и средних деревьев, очистка сучьев и уплотнение «завала» производится с использованием мотопил «Дружба» и «Урал-2». Объем древесины, подлежащий спиливанию и очистке сучьев ($V_{сп.л}$) зависит от густоты лесного массива, диаметра и длины деревьев.

$$V_{сп.л} = K_{кр} \cdot V_{1к} + K_{ср} \cdot V_{1ср}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (7.9)$$

где $K_{кр}$ и $K_{ср}$ – количество крупных и средних деревьев на 1 га леса. Зависит от степени густоты лесного массива и может приниматься по таблице 7.1;

$V_{1к}$ и $V_{1ср}$ – объем одного крупного и среднего дерева в м^3 . Может приниматься по таблице 7.1.

Таблица 7.1

Характеристики леса

№ п/п	Количество деревьев на 1 га леса ($K_{кр}$)	Характеристика	Диаметр, см	Средняя высота	Объем (V_1) од-
-------	---	----------------	-------------	----------------	---------------------

	густого	среднего	редкого	деревьев		деревьев, м	ного дерева, м ³
1	320	200	130	крупные	>32	20	1,6
2	520	340	300	средние	24-31	15	0,9
3	122	750	450	мелкие	12-23	5-15	0,75

Задача 2. Определить объем спиливаемых скупных и средних деревьев на 1000 м² лесного массива средней густоты.

Решение. По таблице 7.1 для средней густоты леса
 $K_{кр}=200$ дер/га; $K_{ср}=340$ дер/га; $V_{1кр}=1,6$ м³; $V_{1ср}=0,9$ м³
 $V_{сп.л}=200 \cdot 1,6 + 340 \cdot 0,9 = 626$ м³/га.

Рабочий участок, равный 1000 м², составляет 0,1 га. Тогда объем спиливаемого леса на рабочем участке составит $626 : 0,1 = 6260$ м³.

Время, необходимое для спиливания (валки) леса, очистки сучьев и уплотнения «завала» зависят от производительности пил, их количества и эффективности использования по формуле

$$T_{сп.л} = V_{сп.л} / \Pi_{п} \cdot K_{и,з} \quad (7.10)$$

где $V_{сп.л}$ – объем крупных и средних деревьев на 1 га леса, м³;
 $\Pi_{п}$ – производительность пилы «Дружба» может приниматься равной 6 м³/ч, пилы «Тайга» – 4 м³/ч, пилы «Урал-2» – 7,2 м³/ч.

Задача 3. Определить затраты времени на спиливание крупных и средних деревьев на площади 1 га леса средней густоты. Производительность пилы «Дружба» – 6 м³/ч; пилы «Урал -2» - 7,2 м³/ч. Объем спиливаемого леса из задачи №2 равен 626 м³/га.

Решение:

$$T_{сп.л} = \frac{626}{6 \cdot 0,5} = 209 \text{ часов работы пилы.}$$

Для рабочего участка площадью 1000 м² (0,1 га) время спиливания одной пилой составит $209 \cdot 0,1 = 20,9$ машиночасов. При использовании 3-4 пил «Дружба» и «Тайга» время спиливания крупных и средних деревьев составит около 8 часов, или двух смен, продолжительностью 4 часа каждая.

Засыпка уплотненного «завала» из спиленных деревьев и веток чистым грунтом и подсыпка растительного слоя будет осуществляться по рассмотренной ранее технологии первичной подстилки лесного массива. Учитывая, что объем грунта для засыпания уплотненного лесного «завала» примерно в 2 раза больше, чем при первичной подсыпке. Необходимое количество машиносмен работы автосамосвалов возрастет также в 2 раза и по данным задачи №1 составит от 134 до 176 машиночасов.

При работе в течение 8 часов (т.е. двух смен) потребуется от 17 до 22 автосамосвалов емкостью около 3 м³.

Учитывая изложенное и результаты оценочных задач 1-3, можно установить, что для выполнения работ по консервации загрязненных участков леса необходимо подготовить следующий комплекс средств механизации и численность личного состава для бесперебойной работы на каждом участке, площадью 1000 м².

1. 2 ИМР с коэффициентом ослабления излучений не менее 200 раз.
2. 2 бульдозера типа ДЗ-27 с защищенной кабиной, обеспечивающей ослабление излучений не менее чем в 10 раз.
3. 25-35 автосамосвалов грузоподъемностью 5-7 т и объемом кузова 2,5-3 м³.
4. 3-4 мотопилы «Дружба» и «Тайга».
5. 2 экскаватора с ковшом, емкостью 0,5-1 м³ (в карьере).
6. 2 комплекта приборов радиационной разведки.
7. Личный состав (на две смены) в количестве 60-80 человек, в том числе: бульдозеристов 4 человека, водителей 40-50 человек, 6-8 механиков на лесопильных машинах, 2 разведчика-дозиметриста.

Примечание. Увеличение количества (по сравнению с расчетами на 20-30%) ИМР, бульдозеров и других средств вызвано необходимостью обеспечения непрерывной работы при выполнении подсыпки грунта, спиливания деревьев и очистки сучьев и других работ в условиях высоких уровней РЗМ и создания резерва средств на случай выхода их из строя.

Личный состав должен иметь каски с наплечниками, рукавицы, респираторы и защитные лепестки, а также защитное сооружение для кратковременного пребывания свободного личного состава. На ЧАЭС для этого использовался бронетранспортер-разведчик.

Опыт выполнения ИТМ по консервации около 20 га «Рыжего леса», при аварии на ЧАЭС, показал, что четкая организация работы указанного комплекса сил и средств позволила провести консервационные работы по рассмотренной выше технологии в течение 2,5 месяцев. Результаты радиационной разведки уровней загрязнения на поверхности законсервированного лесного массива «Рыжий лес» показали, что в середине 1997 года уровень загрязнения, который превышал в ряде мест 1000 мр/ч, снизился до 10-20 мр/ч и стал близок к фону окружающей местности (15-20 мр/ч).

Расчеты эффективности мероприятий по подсыпке грунта, толщиной 0,7-1,0 м над уровнем лесного завала, показали, что уровень радиации на поверхности грунта снижается более чем в 100 раз. В расчетах принималось, что слой половинного ослабления утрамбованного грунта равен 11-12 см. Толщина слоя, в среднем 0,7 м, эквивалентна 7 слоям половинного ослабления. Тогда $K_{осл}=2^7=128$ раз. При этом уровень загрязнения, который до консервации лесного массива достигал на отдельных участках лесного массива 1000 мр/ч и более, не будет превышать 8 мр/ч.

Контрольные вопросы

1. Назовите примерные объемы завала при полном разрушении реакторного здания РБМК-1000.
2. Какие инженерно-технические мероприятия могут проводиться для снижения уровня радиации вблизи разрушенного реактора и какими показателями они характеризуются?
3. Какими средствами производится разборка и транспортирование грунта в могильники?
4. Перечислите требования к могильникам.
5. Какими способами может быть обеспечено снижение опасности заражения воды в реках, каналах и водоемах?
6. В чем различие между глухими и фильтрующими плотинами?
7. Назовите состав мероприятий по консервации лесных массивов, загрязненных высоко активными радиационными частицами.
8. Перечислите состав работ и средства выполнения мероприятий по засыпке спиливаемого леса грунтом.
9. Как оценивается расчетная эффективность мероприятий по захоронению радиоактивно загрязненных лесных массивов?