

---

**Министерство строительства  
и жилищно-коммунального хозяйства  
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение  
«Федеральный центр нормирования, стандартизации  
и оценки соответствия в строительстве»**

---

**Методическое пособие**

**РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАСЧЕТУ  
ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

**Москва 2018 г.**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Область применения .....	5
2 Нормативные ссылки .....	6
3 Термины и определения .....	8
4 Общие положения .....	9
5 Объемно-планировочные и конструктивные решения убежищ.....	12
5.1 Объемно-планировочные решения .....	12
5.2 Помещения основного назначения .....	15
5.3 Помещения вспомогательного назначения.....	18
5.4 Защищенные входы и выходы .....	23
5.5 Конструктивные решения.....	42
5.6 Гидроизоляция и герметизация.....	77
6 Нагрузки и воздействия .....	81
6.1 Нагрузки и их сочетания.....	81
6.2 Динамические нагрузки от воздействия ударной волны.....	83
6.3 Эквивалентные статические нагрузки.....	102
6.4 Расчетные нагрузки .....	106
7 Расчет и конструирование убежищ .....	108
7.1 Расчет железобетонных конструкций .....	108
7.2 Бетон и его расчетные характеристики .....	112
7.3 Арматура и ее расчетные характеристики .....	113
7.4 Расчет железобетонных элементов по прочности при действии динамических нагрузок.....	115
7.5 Расчет убежищ из каменных и других материалов.....	120
7.6 Расчет оснований и фундаментов .....	126
8 Расчет противорадиационной защиты .....	129
9 Санитарно-технические системы .....	133
9.1 Вентиляция и отопление убежищ .....	133
9.2 Вентиляция дизельных электрических станций.....	154
9.3 Водоснабжение и канализация убежищ и ДЭС.....	156
10 Электротехнические системы .....	170
10.1 Электроснабжение и электрооборудование.....	170
10.2 Электроосвещение.....	173
10.3 Защищенные дизельные электростанции .....	174
11 Связь .....	185
12 Противопожарные требования.....	187
13 Убежища, размещаемые в зоне возможного затопления .....	190
Список использованной литературы .....	204
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	205

## **Введение**

Настоящее руководство является методическим документом и содержит указания по применению норм СП 88.13330.2014 «СНиП II–11–77\* Защитные сооружения гражданской обороны» по проектированию защитных сооружений гражданской обороны, примеры расчета, а также рекомендации необходимые для проектирования.

Руководство разработано в развитие положений СП 88.13330.2014 для реализации проектировщиками требований, заложенных в действующей нормативно-технической документации, и выполнения более грамотного и рационального проектирования убежищ гражданской обороны.

Задачами данного руководства являются:

- разъяснение особенностей проектирования убежищ гражданской обороны и обеспечение реализации требований СП 88.13330 в свете новых требований и изменений в нормативной базе;

- развитие и пояснения положений СП 88.13330 с включением (при необходимости) примеров расчетов с целью формирования единых подходов к проектированию убежищ;

- детализация положений СП 88.13330 с целью исключения разночтений требований по проектированию убежищ, возникших после вступления в силу изменений в ряд нормативных правовых и нормативно-технических актов и принятия новых нормативных правовых и нормативно-технических актов;

- представление информации по источникам исходных данных для выполнения расчетов несущей способности и защитных свойств строительных конструкций, конструированию отдельных строительных элементов (систем), планировкам защитных сооружений с разработкой необходимых иллюстрационных материалов.

Положения СП 88.13330, не требующие пояснения, в руководство не включены.

Руководство предназначено для применения широким кругом специалистов, чья деятельность связана с проектированием и реализацией мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по защите от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в том числе специалистами проектных организаций, инженерно-техническими работниками, специалистами территориальных органов МЧС России, специалистами государственных и иных органов экспертизы, преподавателями и студентами вузов.

Работа выполнена ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ).

Авторский коллектив: И.В. Сосунов (к. т. н., доцент), Г.П. Тонких (д. т. н., профессор), Н.Н. Посохов, А.Б. Симаков, В.М. Козача, А.В. Сафонов, О.А. Симаков, А.С. Халимова, В.И. Булыкин.

## **1 Область применения**

Настоящее руководство разъясняет требования СП 88.13330 (далее по тексту – свод правил) по проектированию, расчету и конструированию убежищ гражданской обороны с учетом динамических нагрузок, по объемно-планировочным и конструктивным решениям, требования к инженерным системам этих объектов.

Для метрополитенов данное руководство действительно только в части нагрузок и расчетных характеристик материалов (разделы 7 и 8). В остальном следует руководствоваться требованиями СП 263.1325800.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем руководстве использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 947-73 «Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на  $P(p) \leq 19,6$  МПа (200 кгс/кв. см). Технические условия»;

ГОСТ 10704-91 «Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент»;

ГОСТ 31189-2015 «Смеси сухие строительные. Классификация»;

ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»;

ГОСТ Р 52544-2006 «Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов а500с и в500с для армирования железобетонных конструкций. Технические условия»;

ГОСТ 5583—78 (ИСО 2046-73) «Кислород газообразный технический и медицинский. Технические условия»;

ГОСТ Р 21.1101-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации»;

ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества»;

СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы»;

СП 7.13130. 2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности»;

СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности»;

СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах»;

СП 15.13330.2012 «СНИП II-22-81\* Каменные и армокаменные конструкции»;

СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции»;

СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»;

СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»;

СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»;

СП 26.13330.2012 «Фундаменты машин с динамическими нагрузками»;

СП 29.13330.2011 «Полы»;

СП 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий»;

СП 31.13330.2012 СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»;

СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения»;

СП 43.13330.2012 СП 43.13330.2012 «Сооружения промышленных предприятий»;

СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»;

СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»;

СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»;

СП 110.13330.2011 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы»;

СП 133.13330.2012 «Сети проводного радиовещания и оповещения в зданиях и сооружениях. Нормы проектирования»;

СП 134.133330.2012 «Системы электросвязи зданий и сооружений. Основные положения проектирования»;

СП 263.1325800.2016 «Приспособление метрополитенов под защитные сооружения гражданской обороны. Общие правила проектирования»;

СНиП 3.01.09-84 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством защитных сооружений гражданской обороны и их использованию в мирное время»;

СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль каче-

ства. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».

### **3 Термины и определения**

В настоящем руководстве использованы термины и определения по СП 88.13330.2014.

## 4 Общие положения

4.1 Сведения по фигурирующим в п. 4.1 свода правил видам и интенсивности воздействий средств поражения на защитные сооружения гражданской обороны определяют Главные управления МЧС России. Указанные сведения содержатся в планах по гражданской обороне, разрабатываемых в соответствии с [1].

4.2 Пункт 4.2 свода правил гласит, что встроенные убежища следует размещать в подвальных, цокольных и первых этажах зданий и сооружений, строительство отдельно стоящих заглубленных или возвышающихся убежищ может быть допущено при невозможности устройства встроенных убежищ или при возведении объектов в сложных гидрогеологических условиях.

При возведении или реконструкции зданий, функциональное предназначение которых не предусматривает наличие подвальных или цокольных этажей, необходимо на этапе проектирования предусматривать наличие специальных заглубленных помещений в контуре такого здания, удовлетворяющих всем требованиям свода правил (встроенного убежища) или необходимость возведения отдельно стоящего убежища.

Встроенным убежищем (рисунок 1 *а, б, в*) называется сооружение, предназначенное для защиты людей, размещаемое в подвальном или цокольном этаже здания. Они могут быть запроектированы под всем зданием или под какой-либо его частью. За пределы здания могут выступать входы, аварийные выходы, воздухозаборы, вытяжные и выхлопные каналы.

Отдельно стоящим убежищем (рисунок 1, *г*) называется сооружение, предназначенное для защиты людей, возводимое на свободном от застройки участке, полностью или частично заглубленное в грунт и обсыпанное сверху и с боков грунтом.

Отдельно стоящие убежища автономны по объемно-планировочным и конструктивным решениям. Размещают их на свободных территориях предприятий и жилой застройки населенных пунктов и на нежилой территории и других местах, по возможности вне зоны возможных завалов от наземных зданий и сооружений.

Отдельно стоящие убежища, как правило, не имеют аварийных выходов. Исключение составляют случаи, когда сооружение или выходы размещаются в зоне возможных завалов от зданий окружающей застройки. Эти убежища, как правило, полностью заглубляют в землю и, кроме того, защищают дополнительно земляной обсыпкой.

Поверхность над сооружением можно использовать для различных целей: озеленения, физкультурных площадок, стоянок машин и т.п.

По технико-экономическим и эксплуатационным показателям большое преимущество имеют встроенные убежища. Они значительно дешевле отдельно стоящих (обычно это готовый фундамент для наземного здания), не требуются отдельная территория и коммуникации при строительстве, они удобнее в эксплуатации и, что очень важно, могут быстрее без выхода людей из здания заполняться по сигналу оповещения. Строительство отдельно стоящих убежищ возможно лишь в том случае, если по обоснованным причинам строительство встроенного сооружения исключается.

4.3 При выполнении требований п. 4.3 свода правил особое внимание должно быть обращено на сокращение до предельно допустимых норм площади помещений для укрываемых и внутреннего инженерно-технического оборудования с применением наиболее простых схем и малогабаритных агрегатов и на возможность использования этого оборудования для нужд производства в условиях мирного времени без демонтажа. Кроме того, необходимо стремиться к упрощению технических решений в целях удешевления и уменьшения сроков строительства.

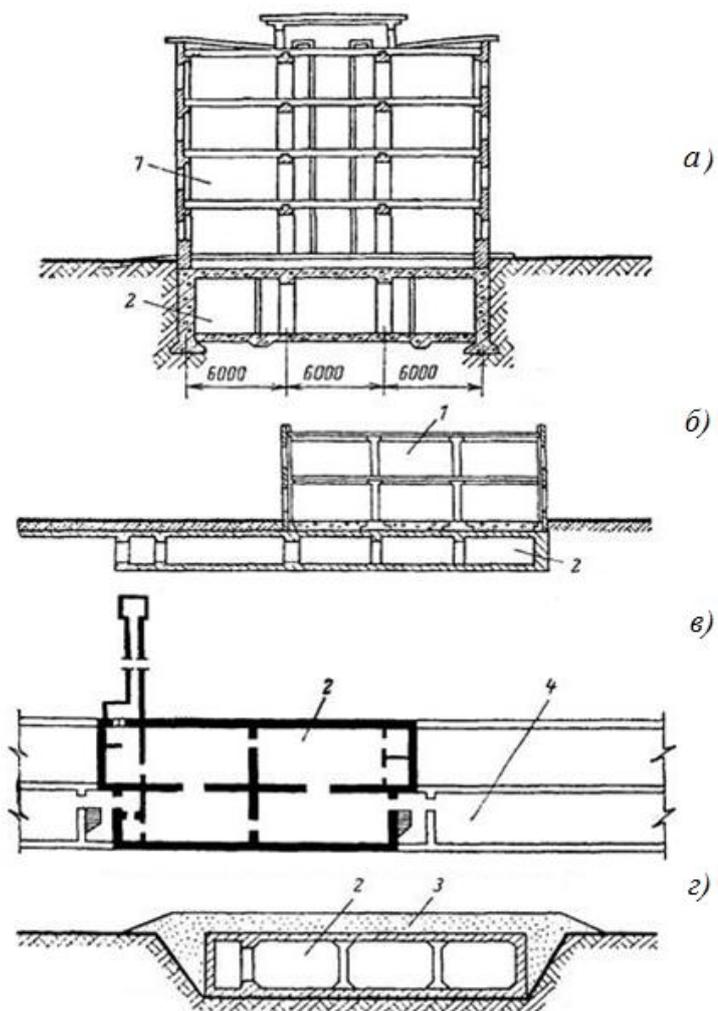


Рисунок 1 – Типы защитных сооружений:  
 1 – наземная часть здания; 2 – убежище; 3 – грунтовая обсыпка;  
 4 – подвал существующего здания

## **5 Объемно-планировочные и конструктивные решения убежищ**

### 5.1 Объемно-планировочные решения

#### 5.1.1 Объемно-планировочные решения должны обеспечивать:

- простую и четкую планировку с минимальным разнообразием пролетов и высот, а также с наименьшим периметром наружных стен;
- нормальные условия по использованию помещений в мирное время в интересах собственника с учетом требований [2];
- наиболее экономичное использование внутреннего объема и площадей;
- создание условий, необходимых для длительного пребывания укрываемых;
- рациональное размещение внутреннего инженерно-технического оборудования, удобство его монтажа и эксплуатации;
- удобство заполнения и размещения укрываемых;
- возможность самостоятельного выхода укрываемых из сооружения, после воздействия средств поражения.

Конструктивно-компоновочные схемы помещений, приспособляемых под убежища, должны разрабатываться с учетом обеспечения надежности несущих и ограждающих конструкций при воздействии нагрузки, создаваемой ударной воздушной волной ядерного взрыва и обычных средств поражения (далее – ОСП).

Практика проектирования показывает, что в целях наиболее рационального использования площади сооружения по хозяйственному назначению и под убежища целесообразно применять сетку колонн 6×6 м, сетка колонн 3×6 м, 4,5×6 м затрудняет использование помещений в мирное время и вынуждает увеличивать площадь, используемую под убежище, что приводит к общему удорожанию сооружения. Применение сетки колонн 3×6 м должно быть оправдано технико-экономическими обоснованиями.

При проектировании убежищ необходимо стремиться к максимально возможному использованию для размещения укрываемых защищенной площади. Пример планировки убежища приведен на рисунке 2.

Убежище заполняется через входы, тип, количество и ширина которых зависят от вместимости убежища, его удаления от мест пребывания людей.

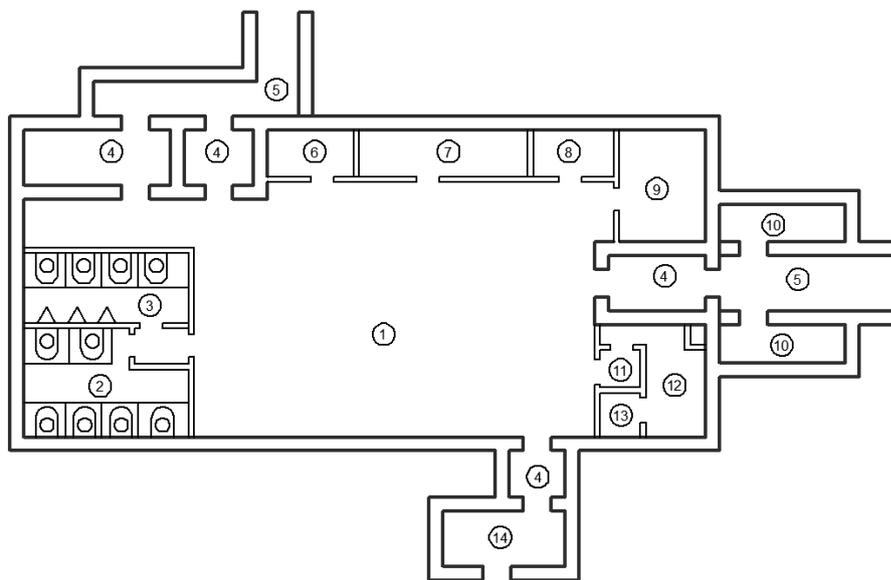


Рисунок 2 – Планировка убежища:

1, 7 – помещения для укрываемых; 2, 3 – мужской и женский санузлы; 4 – тамбуры; 5 – входные туннели (коридоры); 6 – складское помещение; 8 – кладовая для продуктов; 9 – фильтровентиляционная камера; 10 – расширительная камера; 11 – тамбур входа в помещение ДЭС; 12 – дизельная электростанция; 13 – склад ГСМ; 14 – аварийный выход

В убежищах планировка и состав помещений зависят от вместимости сооружения, конструктивных особенностей, характера использования в мирное время, удобства заполнения и размещения укрываемых и других причин.

Вспомогательные помещения ЗС ГО, перечисленные в п. 5.1.1 свода правил, и расположенное в них инженерно-техническое оборудование должны обеспечивать необходимые условия для длительного пребывания укрываемых в убежищах. Предусматривать проектами дополнительные вспомогательные помещения (кладовые различного назначения, помещения для расположения емкостей с запасом воды и т. п.) не рекомендуется, так как они приводят к удорожанию строительства.

Отдельно следует сказать о сооружениях, используемых в качестве гаражей-стоянок легковых автомобилей. Сама машина на стоянке занимает только около 25% полезной площади, поэтому такие сооружения практически всегда могут принять укрываемых людей, даже если не хватит времени для вывоза автомобилей.

Убежища на объектах экономики могут иметь в своем составе пункт управления (ПУ) для размещения органа управления (штаба) гражданской обороны объекта.

При проектировании и строительстве необходимо, чтобы фильтровентиляционная камера, санузлы и другие вспомогательные помещения, которые не нужны для эксплуатации в мирное время, занимали минимальную площадь. Размеры этих помещений зависят от размеров внутреннего оборудования, которое должно быть размещено наиболее компактно, без ущерба для удобства его монтажа и эксплуатации.

Целесообразно большую часть оборудования (вентиляция, артезианские скважины) использовать в мирное время. Это снизит затраты на строительство и обеспечит постоянную готовность оборудования к работе в режиме укрытия людей. При этом, однако, необходимо строго следить за тем, чтобы работающие в мирное время агрегаты и оборудование всегда имели необходимый запас моторесурсов, соответствующий сроку пребывания укрываемых в убежище.

Медицинский пункт (комната) размещают на максимальном удалении от фильтровентиляционной камеры и дизельной электростанции. Санузлы размещают на максимальном удалении от источников водоснабжения; входы в них должны быть через умывальную.

Дизельная электростанция должна находиться в зоне защиты и иметь вход из убежища через тамбур с двумя герметическими дверями.

Некоторые вспомогательные помещения размещаются за пределами зоны герметизации (хранилища для запаса топлива и масла, станции перекачки и др.).

## 5.2 Помещения основного назначения

5.2.1 При проектировании помещений, приспособляемых под убежища, особое внимание должно быть уделено расстановке и использованию для размещения укрываемых оборудования основных помещений. При совмещении назначения помещений для хозяйственных нужд и для укрытия НРС проектом необходимо предусмотреть приспособление некоторых видов помещений и оборудования для размещения укрываемых (холодильные камеры и другое объемное со свободным внутренним пространством), а расстояние между отдельными видами оборудования принимать из условия расстановки между ними скамей и нар.

Количество мест для сидения при двухъярусном расположении нар составляет 80%, при трехъярусном – 70%.

Места для сидения и лежания укрываемых могут быть стационарными и устанавливаться во время строительства убежища. Если их установка препятствует использованию помещений для хозяйственных нужд, они по готовой проектной документации должны устраиваться в период перевода помещения для использования под убежище.

Когда в особый период производственная деятельность в помещениях прекращается и проектом предусматривается демонтаж некоторых видов оборудования из основных помещений, рекомендуется мебель и оборудование (торговые прилавки, столы и т. п.) проектировать разборными с таким расчетом, чтобы данные помещения можно было использовать для размещения укрываемых.

5.2.2 Ширину проходов и коридоров принимают по таблице 5.2 свода правил.

На рисунке 3 приведены возможные варианты размещения мест для укрываемых в убежищах с различными сетками колонн, а также размеры продольных и поперечных проходов, обеспечивающих нормальные условия заполнения сооружений и передвижения людей при длительном пребывании.

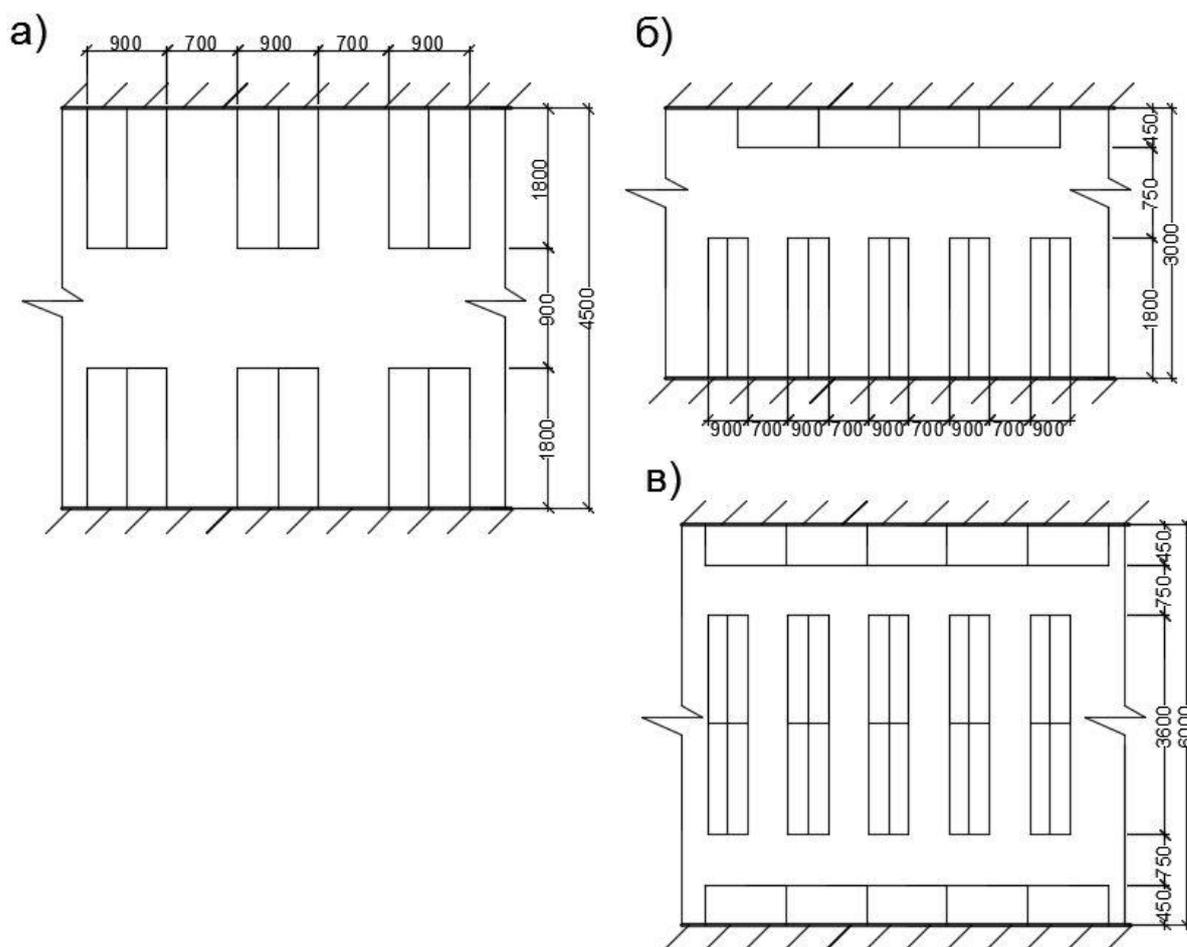


Рисунок 3 – Варианты размещения мест для укрываемых при расстоянии между продольными стенами (рядами колонн):

*a* – 4,5 м; *б* – 3 м; *в* – 6 м

5.2.3 В соответствии с п.5.2.5 свода правил на предприятиях с числом работающих в наибольшей работающей смене 600 чел и более в одном из убежищ следует предусматривать помещение для пункта управления предприятия, состоящего из рабочей комнаты и комнаты связи. Пункт управления (ПУ) предназначен для размещения штаба гражданской обороны объекта. Пункт управления оборудуется средствами связи, обеспечивающими:

- управление средствами оповещения ГО объекта;
- телефонную связь руководства и оперативного персонала с подразделениями ГО объекта и с руководством вышестоящего штаба ГО, производственными учреждениями города, района, области;
- телефонную связь с убежищами предприятия, цехами, не прекращающими производство по сигналу тревоги;

- радиосвязь с местным штабом ГО и с районом рассредоточения.

Если пункт управления рассчитан на 5 чел. и менее возможно его размещение в одной комнате площадью до 10 м<sup>2</sup>. При числе работающих в ПУ до 25 чел. выделяются две рабочие комнаты и комната связи. Вход в комнату связи должен осуществляться через рабочую комнату.

Для пунктов управления целесообразно использовать офисные и другие аналогичные помещения, имеющие телекоммуникационные выходы.

Пример планировки и места расположения ПУ приведен на рисунке 4.

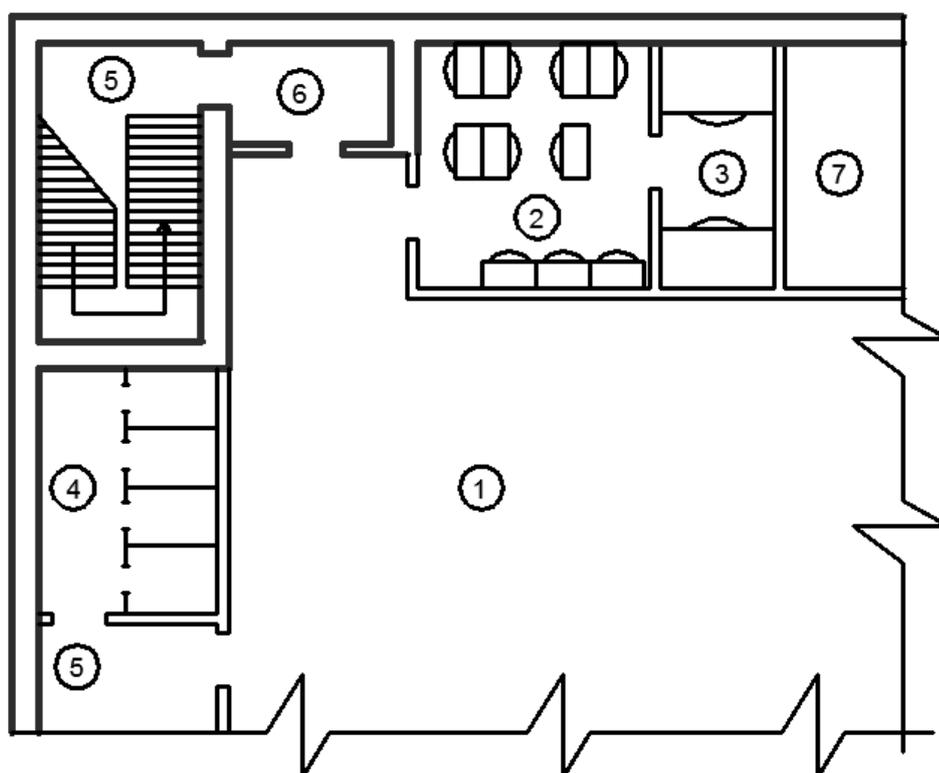


Рисунок 4 – Пример планировки и места расположения пункта управления:  
1 – помещение для укрываемых; 2 – рабочая комната пункта управления; 3 – комната связи; 4 – санитарный узел; 5 – вход; 6 – тамбур; 7 – ФВП

5.2.4 В соответствии с п. 5.2.7 свода правил отделки помещений убежищ следует предусматривать в зависимости от назначения помещений, но не выше улучшенной отделки, при этом оштукатуривание потолков, стен и перегородок, а также облицовка стен и перегородок керамической плиткой не допускается.

При возведении убежищ из сборных или сборно-монолитных конструкций рекомендуется предусматривать облицовку (покраску) лицевой поверхности сборных элементов ограждающих конструкций в заводских условиях. При монтаже сооружений из таких элементов требуется только затирка или расшивка швов между элементами цементным раствором. В монолитных железобетонных сооружениях допускается затирка лицевых поверхностей ограждающих и несущих конструкций.

При применении армокирпичных перегородок в проектах следует указывать на тщательность их выполнения с соответствующим подбором кирпича и расшивкой швов кладки.

Стены и потолки в помещениях убежищ окрашиваются поливинилацетатными красками, потолки могут окрашиваться меловыми или известковыми побелками.

Металлические двери и ставни следует окрашивать синтетическими красками (глифталевыми, алкидно-стирольными и др.).

### 5.3 Помещения вспомогательного назначения

5.3.1 В целях наиболее рационального использования помещений, оборудованных под убежища ГО, необходимо, чтобы суммарная площадь всех вспомогательных помещений была минимальной.

Расстояния (в свету) между элементами инженерно-технического оборудования и конструкциями следует принимать в соответствии с данными, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Нормируемые величины	Размер, м
Расстояния между машинами и щитами или пультами управления	2
Расстояние между двумя электроручными вентиляторами (между осями рукояток)	1,8
Проходы для обслуживания между фундаментами или корпусами машин, между корпусами машин и конструкциями	1
Проходы для обслуживания между шкафами, стеной, а также между распределительными устройствами	0,8
Проходы для обслуживания между элементами сантехнического оборудования	0,7
Расстояние между машиной и стеной или между корпусами параллельно установленных машин при наличии прохода с другой стороны	0,2
Расстояние между осью рукоятки вентилятора и ограждением	0,9

ФВП, как правило, следует отделять от других помещений убежища перегородками с обычными дверями. В убежищах малой вместимости (до 150 чел.) допускается отделение оборудования ФВП перегородкой из металлической сетки.

Составной частью фильтровентиляционного оборудования являются воздухозаборные и вытяжные каналы.

Для вентиляции предусматриваются отдельные воздухозаборные каналы для чистой вентиляции и фильтровентиляции. Воздухозабор чистого воздуха целесообразно осуществлять через аварийный выход. В этом случае расположение аварийного выхода и воздухозаборного отверстия в стене ФВП необходимо проектировать со смещением осей на 1,5–2 м.

Воздухозабор для фильтровентиляции следует осуществлять из предтамбуров. Допускается размещать воздухозабор на заваливаемой территории и выполнять из металлических труб диаметром по расчету. Выход труб на поверхность земли должен быть защищен от механических повреждений в мирное время.

Для удаления воздуха предусматриваются вытяжные отверстия и каналы. Расстояние между выбросом и воздухозабором должно быть не менее 10 м.

В убежищах с ДЭС устраиваются выхлопные каналы, которые должны располагаться на расстоянии не менее 10 м от воздухозаборов убежища и могут находиться на заваливаемой территории.

При расположении убежищ в городской застройке допускается объединение в общих шахтах с разделительными перегородками:

- воздухозаборов чистой вентиляции, фильтровентиляции, вентиляции ДЭС;
- вытяжных каналов из отдельных помещений убежищ и выхлопа от дизеля.

Для защиты элементов системы воздуроснабжения от ударной волны воздухозаборные и вытяжные каналы оборудуют противовзрывными устройствами УЗС или МЗС и расширительными камерами или эквивалентными по объему участками каналов.

Расширительные камеры необходимо проектировать за противовзрывными устройствами до фильтровентиляционного оборудования. Минимальные объемы

расширительных камер или каналов принимают для: МЗС – 0,5 м<sup>3</sup>; УЗС-1 – 1 м<sup>3</sup>, УЗС-8 – 2 м<sup>3</sup>; УЗС-25 – 6 м<sup>3</sup>.

5.3.2 Помещения санузлов должны примыкать к наружным стенам убежищ и располагаться как можно ближе к помещениям для укрываемых и на возможно большем удалении от автономных источников водоснабжения и заглубленных емкостей с запасом питьевой воды.

Входы в уборные должны устраиваться через тамбуры (умывальные комнаты) с samozакрывающимися дверями. Напольные чаши и унитазы должны размещаться в отдельных кабинках с дверями. При планировке санузлов размеры кабин в осях принимаются:

- при открывании дверей наружу – 1,2×0,9 м;
- при открывании дверей внутрь – 1,5×0,9 м.

Ширина проходов в уборных принята для случая открывания дверей из кабин наружу. При открывании дверей внутрь кабин ширина проходов может быть уменьшена и приниматься:

- между рядами кабин или между рядом кабин и расположенных против писсуаров – 1,2 м;
- между крайним рядом кабин уборных и стеной или перегородкой – 0,8 м.

Расстояние между осями умывальников при групповой установке принимают равным 0,6 м.

Примерная схема планировки санузла приведена на рисунках 5, 6.

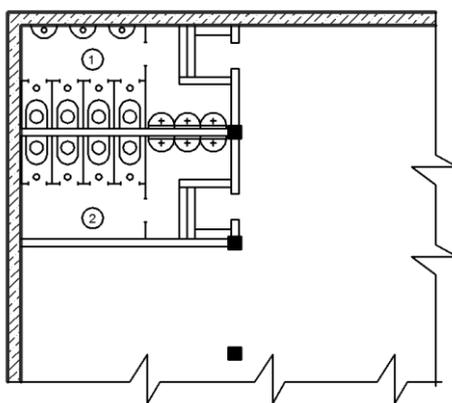


Рисунок 5 – Примерная схема планировки санузла:  
1 – мужской санузел; 2 – женский санузел

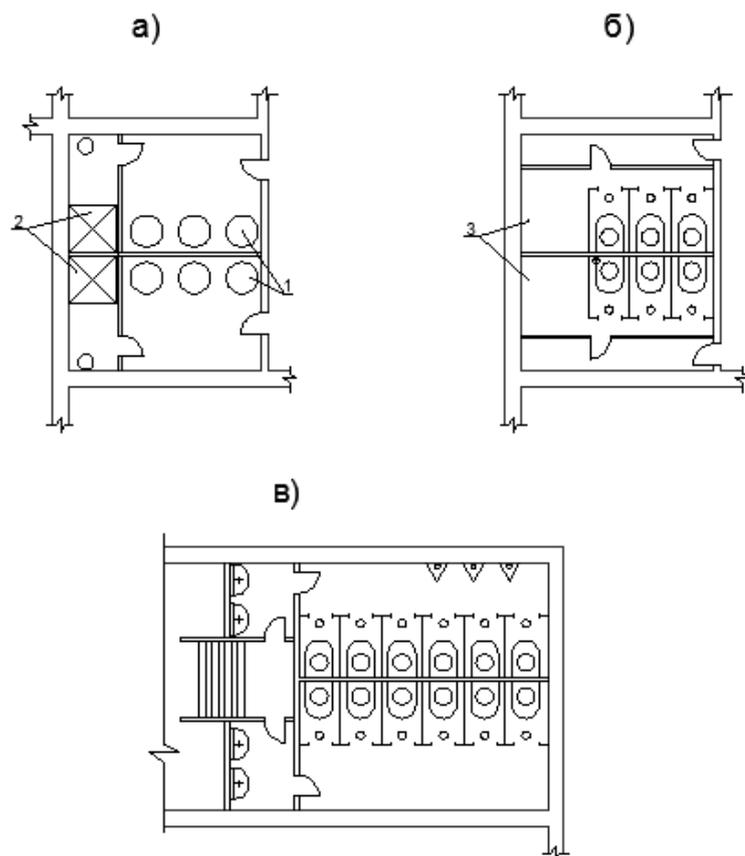


Рисунок 6 – Планировка санузлов:

*a* – санузел на 150 чел.; *б* – санузел на 300 чел. с самотечной канализацией и аварийной емкостью; *в* – санузел на 900 чел. с самотечной канализацией и аварийной емкостью; *1* – инвентарные выносные емкости; *2* – место установки инвентарных выносных емкостей; *3* – место установки отключающей задвижки

Если в мирное время санузлы требуются для небольшого числа работающих (при использовании под убежища помещений складов, магазинов, мастерских и т.п.), целесообразно проектами предусматривать использование их площадей для кладовых, складов и других подсобных помещений.

Допускаются отключение от сети канализации и консервация смонтированного оборудования (унитазов, смывных бачков). В таких случаях устройство кабин и перегородок, отделяющих уборную от тамбуров, может предусматриваться в период перевода помещений на режим убежища из заранее заготовленных сборных элементов, хранение которых осуществляет эксплуатирующая убежище организация, руководствуясь необходимостью соблюдения срока перевода помещений на режим убежища.

При возможности использования санузлов убежища в мирное время целесообразно отказаться от устройства на первом этаже иных санузлов и использовать санузлы убежища. Причем эти санузлы следует располагать около лестничной клетки (рисунок 7).

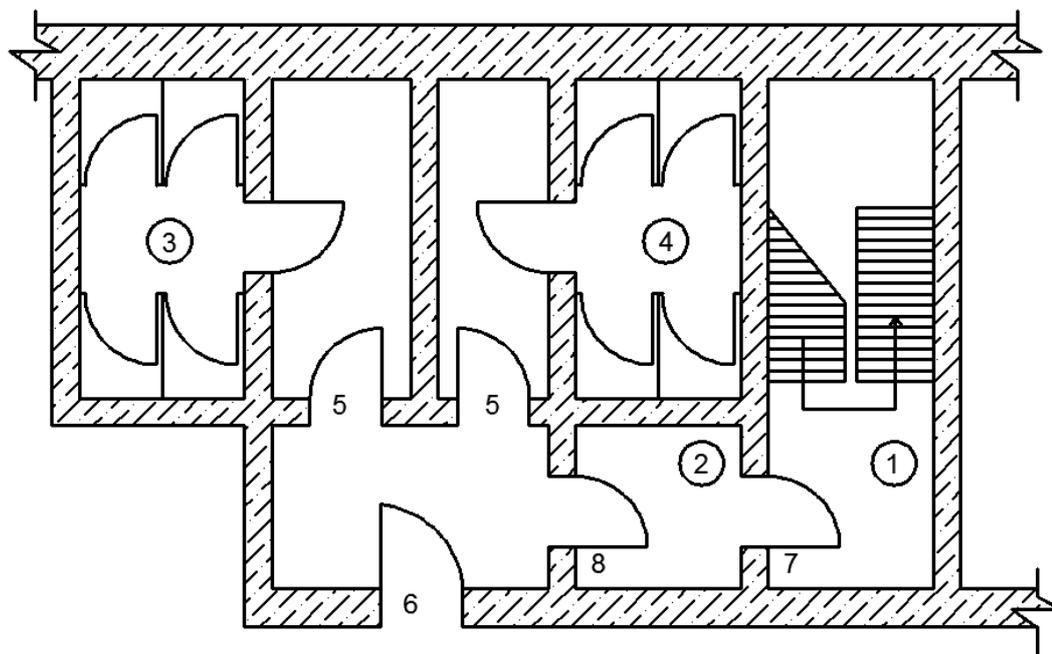


Рисунок 7 – Принципиальное решение санузла, вынесенного с основного этажа в подвальный:

1 – лестничная клетка; 2 – тамбур; 3 – женский санузел; 4 – мужской санузел; 5 – входы в санузлы; 6 – вход в помещение для укрываемых; 7 – защитно-герметическая дверь; 8 – герметическая дверь

5.3.3 Защищенные источники электроснабжения следует проектировать, как правило, на группу убежищ, расположенных в радиусе до 500 м от ДЭС.

Вход в ДЭС проектируется из помещения для укрываемых или из помещений вспомогательного назначения.

При входе оборудуется тамбур с двумя герметическими дверями, открывающимися по направлению эвакуации из ДЭС.

В убежищах с ДЭС проектом следует предусматривать хранилища для запаса горюче-смазочных материалов. Хранилище, как правило, располагается рядом с ДЭС и должно иметь огнестойкие герметические двери, открывающиеся в помещение ДЭС и емкости для хранения топлива и масла. От остальных помещений

убежища хранилище отделяется глухими герметическими несгораемыми стенами с пределом огнестойкости не менее 1 ч.

При соответствующем обосновании допускается хранение топлива и масла за пределами убежища. В этих случаях хранилище возводится в непосредственной близости от убежища и должно быть защищенным от действия ударной волны.

При объеме горюче-смазочных материалов до  $1,5 \text{ м}^3$  они могут размещаться в машинном отделении ДЭС.

#### 5.4 Защищенные входы и выходы

Входы должны удовлетворять следующим основным требованиям: обладать необходимой пропускной способностью; обеспечивать защиту укрываемых от поражения ударной волной, проникающих излучений, термической радиации, отравляющими и, бактериальными средствами и продуктами горения при пожарах.

Входы должны состоять из лестничного спуска или пандуса, предтамбура, тамбура или тамбура-шлюза и входных проемов с дверями. Элементы входа показаны на рисунке 8.

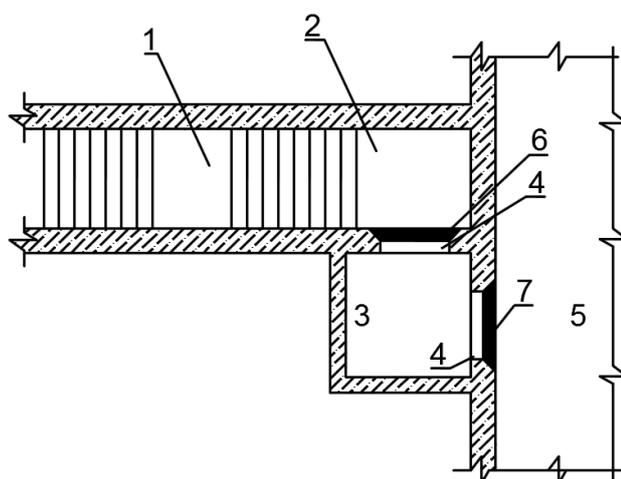


Рисунок 8 – Элементы входа:

1 – лестничный спуск и пандус; 2 – предтамбур; 3 – тамбур или тамбур-шлюз; 4 – входные проемы с дверями; 5 – помещение убежища; 6 – защитно-герметическая дверь; 7 – дверь герметическая в тамбуре или защитно-герметическая в тамбур-шлюзе

В зависимости от условий расположения встроенных и отдельно стоящих убежищ и их использования в мирное время входы в убежища могут быть следующих типов: тупиковые; проходные с перекрытым участком.

На рисунке 9 приведены объемно-планировочные решения и основные элементы указанных типов входов.

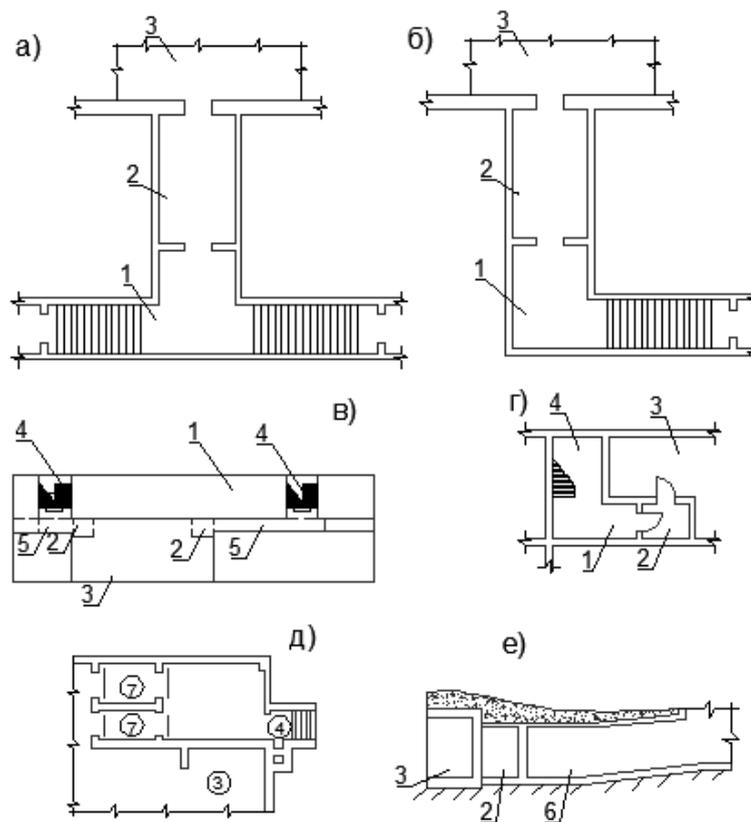


Рисунок 9 – Планировка входов в убежище:

*а, б* – входы в отдельно стоящие убежища (*а* – проходной, *б* – тупиковый); *в, г* – входы во встроенные убежища (старой конструкции); *д* – вход с тамбурами-шлюзами; *е* – вход-въезд для легковых автомобилей; *1* – вход; *2* – тамбур; *3* – убежище; *4* – лестница; *5* – усиленное перекрытие; *б* – въезд; *7* – тамбур-шлюз

На рисунке 10 приведены объемно-планировочные решения и основные элементы указанных типов входов.

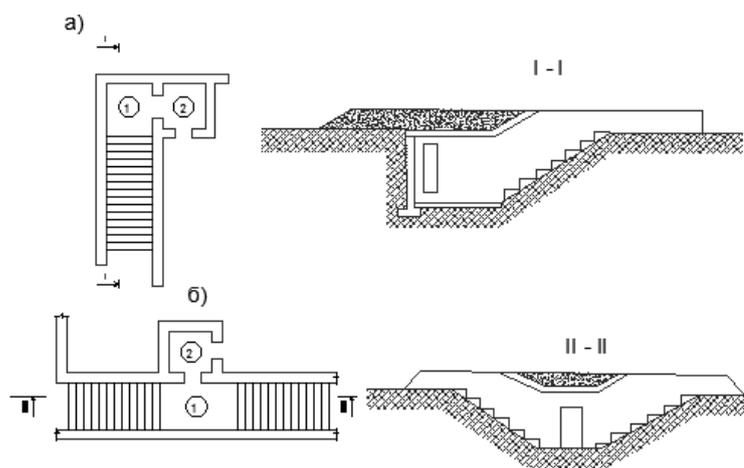


Рисунок 10 – Объемно-планировочные решения входов без шлюзовых устройств:  
*a* – тупиковые; *б* – проходные с перекрытием над предтамбуром: *1* – предтамбур;  
*2* – тамбур

При выборе типа входа следует иметь в виду, что в тупиковом входе нагрузки на стены и защитные двери будут примерно в 2 раза больше, чем в проходном, поэтому тупиковые входы следует устраивать только там, где по условиям использования сооружения в мирных целях или других условиях невозможно иное решение входа.

Входы во встроенных убежищах могут проектироваться:

- из лестничных клеток многоэтажных зданий;
- по самостоятельным лестничным клеткам из первого этажа здания;
- из подвала, незащищенного от ударной волны.

Во входах с первого этажа по самостоятельной лестничной клетке и из подвала нагрузки на стены и двери будут значительно меньше, чем в тупиковых входах и выходах из общей лестничной клетки. Кроме того, в указанных входах конструкции подземной части здания снижают воздействие на входы радиационного излучения.

5.4.1 При большой вместимости убежищ с целью сокращения общего количества входов рекомендуется увеличивать пропускную способность каждого входа путем устройства широких лестничных спусков и дверных проемов или совмещения нескольких дверных проемов в одном входе.

Образование повышенной плотности во входах может происходить в том случае, когда число людей, подходящих в единицу времени к защитному соору-

жению (интенсивность подхода укрываемых  $J(t)$ ), превышает пропускную способность входов  $\Sigma(Q_{\text{вх}})$ .

В связи с этим необходимо проверять требуемое количество входов из условия:

$$\Sigma(Q_{\text{вх}}) \geq 0,8J(t)_{\text{макс}} \cdot \quad (1)$$

При этом необходимое количество входов будет равно:

$$n_{\text{вх}} = \frac{0,8J(t)_{\text{макс}}}{Q_{\text{вх}}} \cdot \quad (2)$$

Максимальная интенсивность подхода людей к убежищу –  $J(t)_{\text{макс}}$  зависит от радиуса сбора, скорости движения людей и плотности их размещения на площади сбора.

При равномерном распределении укрываемых по всей площади сбора, максимальная интенсивность подхода людей к убежищу, размещаемому в центре площади, может быть определена по формуле:

$$J(t)_{\text{макс}} = \frac{2\pi R\rho V_{\text{ср}}}{K}, \quad (3)$$

где  $R$  – радиус площади сбора, м;

$V_{\text{ср}}$  – средняя скорость движения укрываемых, принимаемая равной 90 м/мин;

$\rho$  – плотность размещения людей по площади сбора, чел/м<sup>2</sup>;

$K$  – коэффициент непрямолинейности движения людей от входов зданий к убежищу, принимаемый 1,3.

При неравномерном распределении укрываемых с целью вычисления величины  $J(t)_{\text{макс}}$ , площадь сбора делится на ряд колец шириной 20–25 м. с общим центром, совмещенным с центром убежища.

Максимальная интенсивность подхода людей в этом случае определяется по формуле:

$$J(t)_{\text{макс}} = \frac{N_{\text{макс}}V_{\text{ср}}}{\Delta r K}, \quad (4)$$

где  $\Delta r$  – ширина кольца, м;

$N_{\text{макс}}$  - число людей в пределах кольца, в котором находится наибольшее число людей.

В качестве расчетной величины  $J(t)_{\text{макс}}$  принимается максимальное из полученных  $J(t)_i$  по отдельным кольцам.

В расчетах по формулам (1, 2) величина  $Q_{\text{вх}}$  принимается:

$$Q_{\text{вх}} = B_{\text{дп}} Q_{\text{м}}, \quad (4a)$$

где  $B_{\text{дп}}$  – ширина дверного проема, м;

$Q_{\text{м}}$  – пропускная способность 1 м. дверного проема, согласно СП 1.13130 принимается равной 50 чел./ (м. мин) для дверей шириной менее 1,6 м и 60 чел./ (м. мин) для дверей шириной 1,6 м и более.

Порядок проведения расчетов рассмотрен на примерах.

Пример 1.

Укрываемые численностью 800 чел, размещены на объекте равномерно с плотностью  $\rho = 0,01$  чел/м<sup>2</sup>. Средний радиус сбора 500 м. Интенсивность подхода людей к убежищу равна:

$$J(t)_{\text{макс}} = \frac{23,14 * 500 * 10^{-3} * 90}{1,3} = 217 \text{ чел./мин.}$$

Количество входов в убежище при ширине входа 0,8 м будет равно:

$$n_{\text{вх}} = \frac{0,8 J(t)_{\text{макс}}}{Q_{\text{вх}}} = \frac{0,8 * 217}{0,8 * 80} = 2,74.$$

Следовательно, в данном случае необходимо принимать три входа с шириной дверного проема 0,8 м.

Пример 2.

Общее число укрываемых 800 чел. Распределение их на площади сбора неравномерное.

Площадь в пределах радиуса сбора разобьем на кольца шириной 25 м ( $\Delta r = 25$  м). В результате определения числа людей, находящихся в каждом кольце, установлено, что наибольшее число людей в пределах одного кольца равно 110 чел. Максимальная интенсивность подхода:

$$J(t)_{\text{макс}} = \frac{110 \cdot 90}{25 \cdot 1,3} = 300 \text{ чел./мин.}$$

Необходимое количество входов шириной 0,8 м составит:

$$n_{\text{вх}} = \frac{0,8 \cdot 300}{0,8 \cdot 80} = 3,75.$$

Таким образом, требуется четыре входа с шириной дверного проема 0,8 м.

5.4.2 При проектировании убежищ важно согласование пропускной способности их входов с пропускной способностью выходов из зданий, в которых работают укрываемые. Особенно это необходимо делать в том случае, когда основная масса людей работающей смены сосредоточена в одном здании (сооружении).

5.4.3 Требование п. 5.4.3 свода правил о рассредоточенном расположении входов связано с необходимостью обеспечить быстрое заполнение убежища укрываемыми.

Зная расположение отдельных групп укрываемых в радиусе сбора, следует стремиться к сокращению пути до входа в убежище, устраивая вход в ближайших стенах убежища.

В северной строительной-климатической зоне в виду снежных заносов входы располагают ближе к углам зданий и в стенах, расположенных параллельно направлению господствующего ветра, так как в этих местах образуются наименьшие по объему снежные заносы.

5.4.4 Склады сгораемых материалов, помещения дизельных электростанций, гардеробные и мастерские по пошиву и ремонту одежды и обуви являются помещениями с пожароопасными технологическими процессами.

В условиях мирного времени при возникновении пожара в указанных помещениях необходимо исключать возможность задымления общих лестничных клеток для того, чтобы обеспечить нормальную эвакуацию людей, находящихся на втором и выше расположенных этажах здания.

Исключение задымления общих лестничных клеток достигается путем устройства в этих помещениях отдельных лестничных клеток, ведущих до первого этажа, или устройства обособленного выхода наружу, отделенного от общей

лестничной клетки огнестойкой перегородкой. Примеры устройства обособленного входа-выхода приведены на рисунках 11, 12.

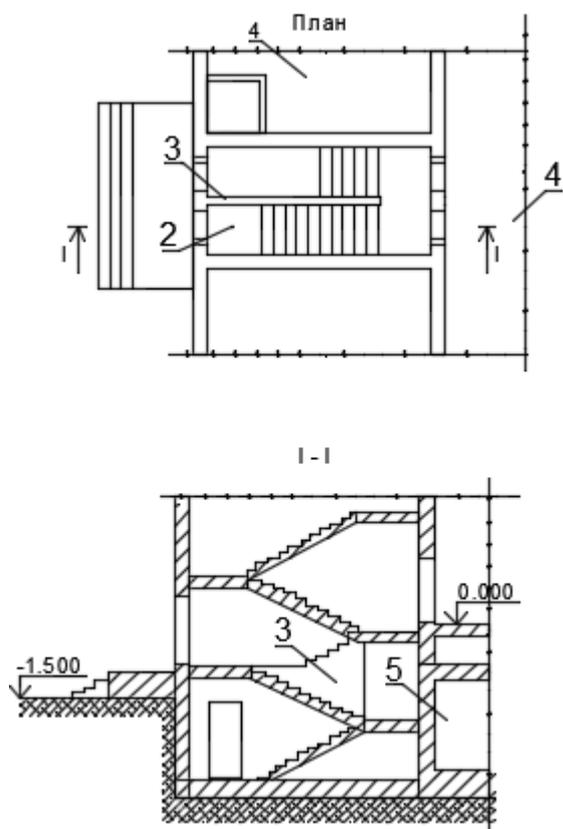


Рисунок 11 – Вход в убежище с ДЭС из лестничной клетки многоэтажного здания:

*1* – выход на первый и последующие этажи здания; *2* – вход в подвал (убежище); *3* – стена, отделяющая лестничные марши, идущие на первый и последующие этажи и в подвал; *4* – помещения первого этажа; *5* – убежище

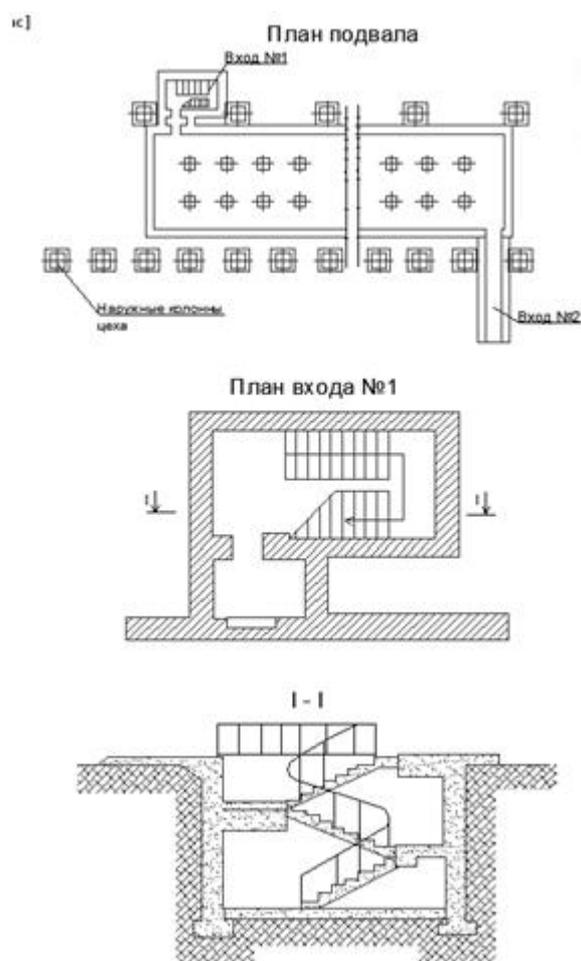


Рисунок 12 – Вход в убежище из 1-го этажа производственного помещения

Устройства отдельной лестничной клетки или обособленного выхода наружу не требуется, если проектом предусматривается консервация дизельной электростанции на период мирного времени, а остальные помещения убежища по технологическим процессам относятся к категориям Г и Д.

В складских помещениях отдельный вход с территории предприятия должен проектироваться с учетом технологии загрузки, складирования и выгрузки хранимых материалов. Пример решения входа в складское помещение приведен на рисунке 13.

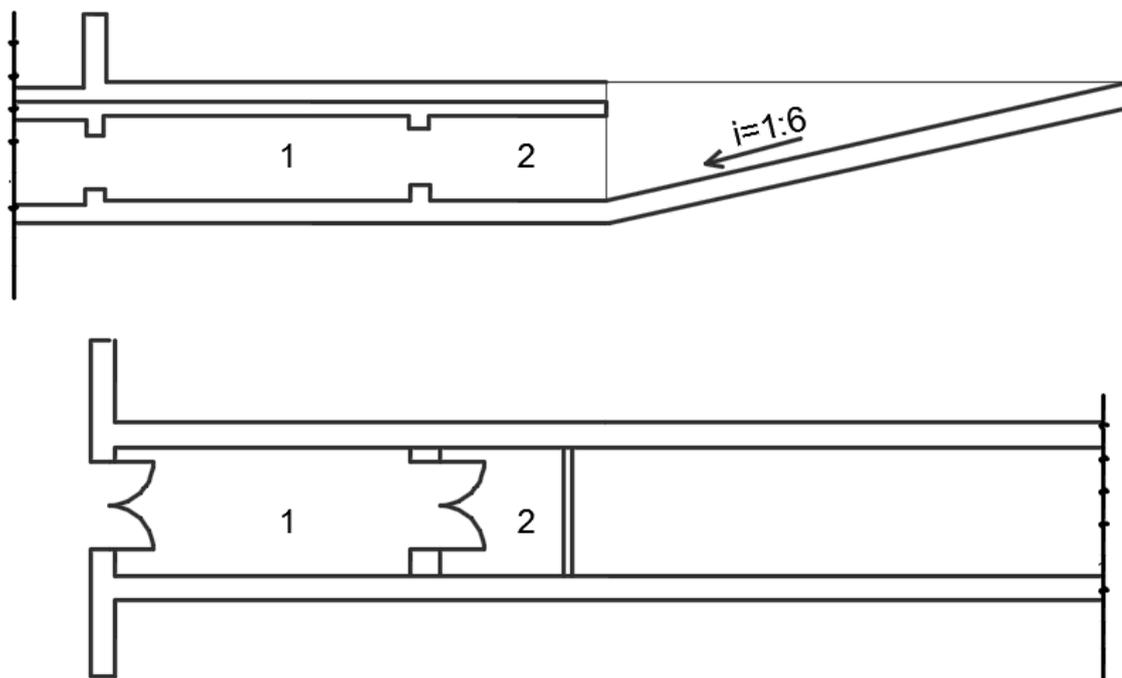


Рисунок 13 – Схема входа в складское помещение:  
1 – тамбур; 2 – предтамбур

5.4.5 В соответствии с п. 5.4.5 свода правил в убежищах следует предусматривать устройство при одном из входов тамбура-шлюза. Тамбур-шлюз предназначен для предотвращения опасности поражения укрываемых, находящихся в убежище при входе в него людей, запоздавших прибыть в установленное время.

Тамбур-шлюз обеспечивает циклический пропуск укрываемых. Планировочное решение входов со шлюзами и схема пропуск укрываемых через тамбур-шлюз показаны на рисунке 14.

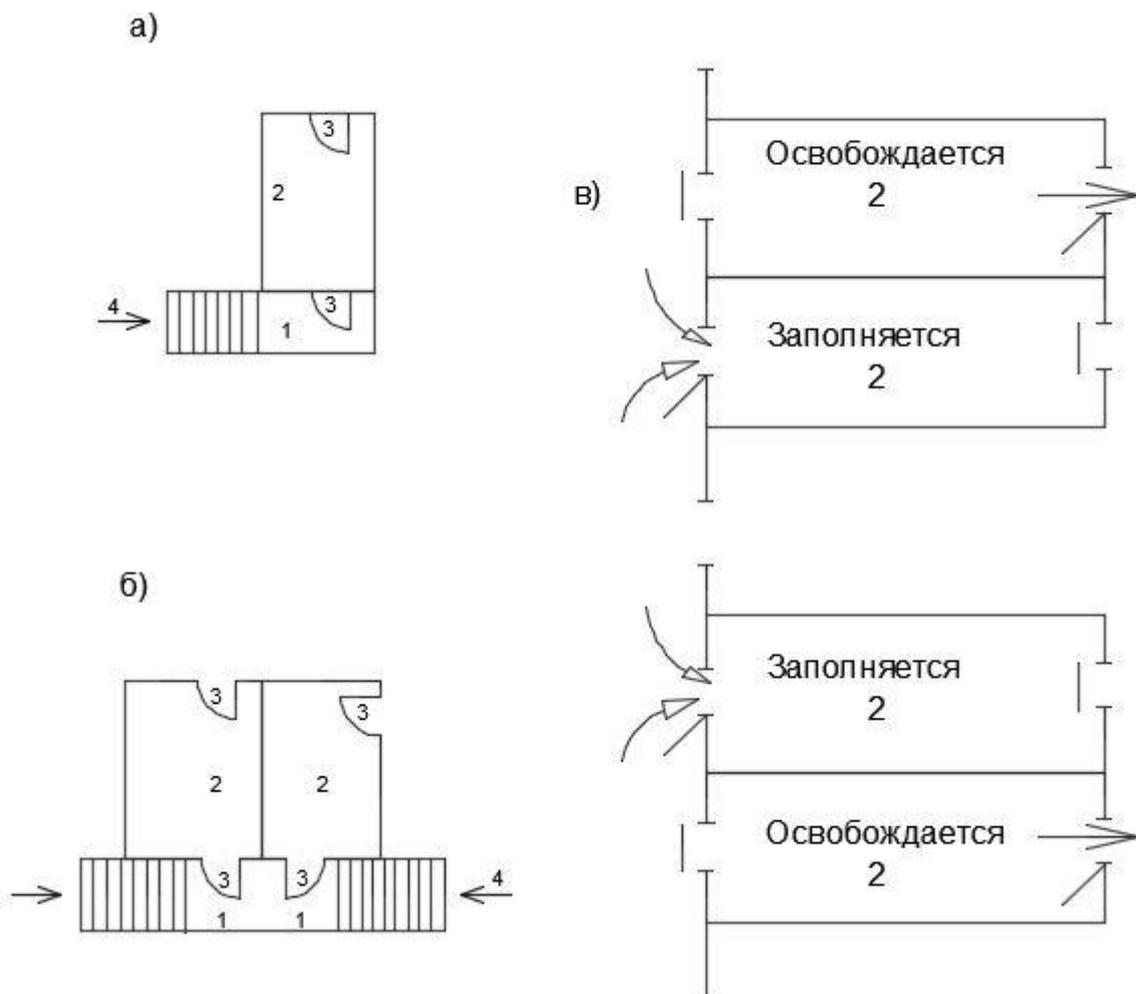


Рисунок 14 – Планировочное решение входов со шлюзами:  
*а* – однокамерный шлюз; *б* – двухкамерный шлюз; *в* – схема работы входа в режиме шлюзования: 1 – предтамбур; 2 – камера шлюза; 3 – защитно-герметическая дверь; 4 – лестничный спуск

5.4.6 В соответствии с п. 5.4.6 свода правил входы в убежища, кроме тех, которые оборудованы тамбурами-шлюзами, должны быть оборудованы тамбурами.

Во входах, используемых в мирное время, защитно-герметические и герметические двери следует содержать в открытом законсервированном положении. С этой целью под открытую дверь устанавливается подставка, а сама дверь закрывается декоративной занавесью или щитом.

На период использования помещений убежища в мирное время вместо защитно-герметических и герметических дверей устанавливаются обычные двери.

При этом дверная коробка или вставляется в дверной проем, или прикладывается к нему.

Если дверная коробка вставляется в дверной проем, то кроме дверей в тамбуре должен быть установлен деревянный съемный щит заподлицо с порогами и щиты пандусов с наружной и внутренней стороны тамбура. Деревянные щиты и навесные типовые двери должны убираться при переводе помещений на режим убежища.

5.4.7 Суммарную ширину лестничных спусков во входе в соответствии с п. 5.4.7 свода правил следует принимать в 1,5 раза, а пандусов – в 1,1 раза большей суммарной ширины дверных проемов.

Пропускная способность лестничных спусков и пандусов меньше, чем пропускная способность дверного проема, поэтому для того, чтобы уравнивать скорость прохода укрываемых, принимается различная ширина спусков и дверных проемов.

На путях эвакуации и заполнения убежища людьми количество ступеней в марше должно быть не менее 3 и не более 18.

В лестничных спусках высота подступенка должна быть не более 160 мм, ширина проступи – не меньше 250 мм.

В целях безопасности спуска поверхность пандусов должна обрабатываться для предотвращения скольжения при спуске.

Расстояние по вертикали от поверхности каждой проступи и от горизонтальных поверхностей площадок лестничных маршей до нижней поверхности перекрытий над ними должно быть не менее 1,9 м.

На боковых сторонах лестниц и пандусов должны быть устроены поручни.

В широких лестничных спусках рекомендуется устраивать промежуточные перила с таким расчетом, чтобы расстояние между перилами и поручнем на стене было равно 1–1,5 м.

Размеры тамбуров и предтамбуров в плане зависят от требований эксплуатации помещений в мирное время, от ширины дверей и должны обеспечивать при

разновременном открывании и закрывании дверей свободный проход людей через дверные проемы.

Рекомендуется ширину и длину тамбура и предтамбура принимать на 0,6 м больше ширины дверного полотна. Расстояние от оси дверного проема до стены, к которой открывается дверь, должно быть на 0,4 м больше половины ширины дверного полотна.

Взаимное расположение дверей во входах должно определяться удобством эксплуатации их в мирное время, а также возможностью транспортировки оборудования через входы. По степени защиты от радиации наиболее целесообразным является расположение дверей в плане под прямым углом друг к другу.

Двери могут быть распашными и откатными.

Технологические дверные проемы в убежищах, как правило, должны быть использованы для заполнения помещений укрываемыми.

При этом они должны перекрываться защитно-герметическими дверями, воротами или затворами, время закрывания которых не должно превышать 1,5 мин.

5.4.8 Пункты 5.4.8 – 5.4.12 свода правил устанавливают требования к аварийным (эвакуационным) выходам.

После воздействия расчетной нагрузки выход из убежища укрываемых не нормируется по времени, поэтому требованиями свода правил предусматривается один аварийный выход на все убежище, независимо от его вместимости. Примеры аварийных выходов из встроенных убежищ приведены на рисунке 15, типы галерей аварийного выхода – рисунок 16.

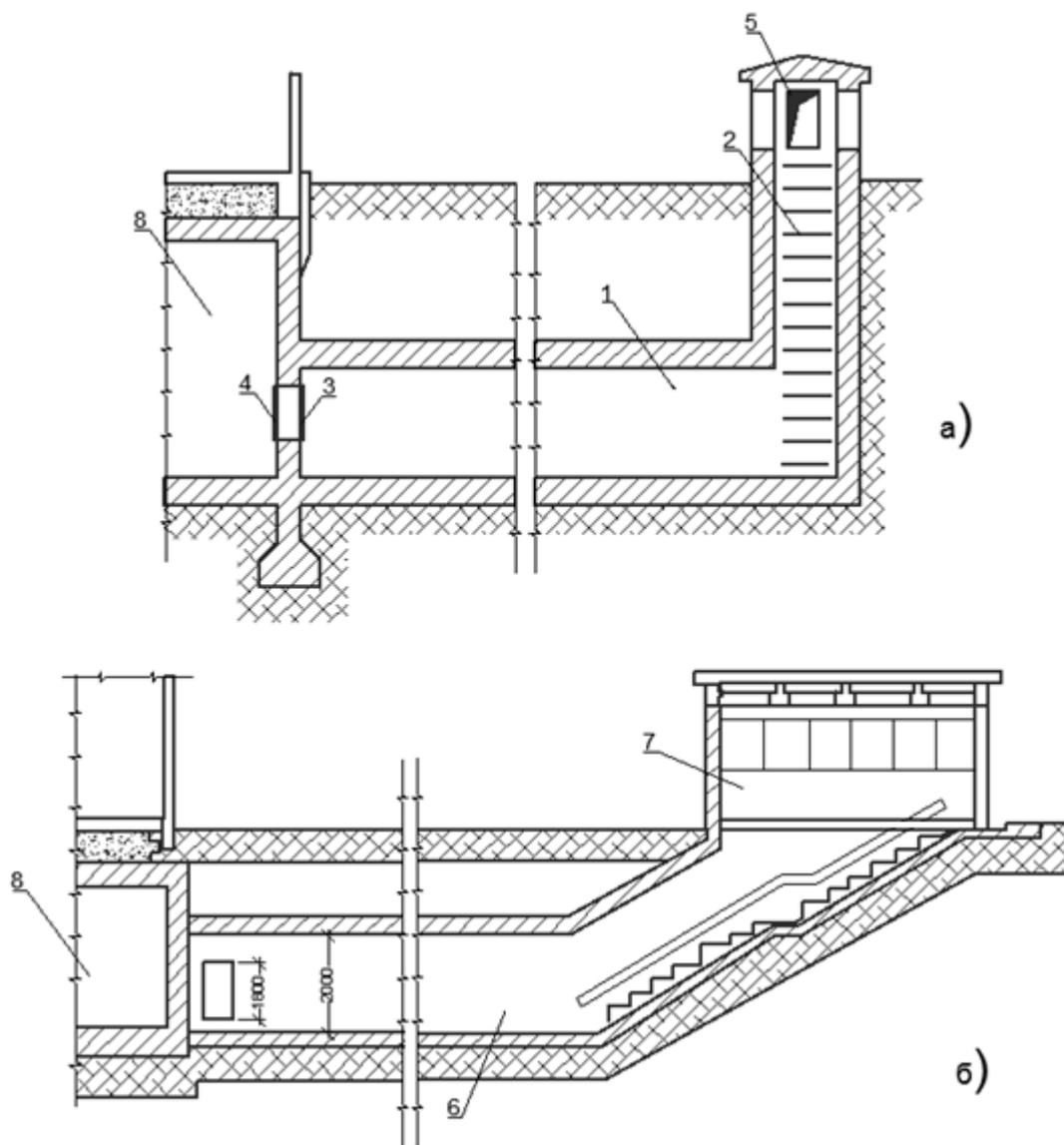


Рисунок 15 – Аварийные выходы из встроенных убежищ:  
*a* – аварийный выход в виде галереи и вертикальной шахты; *б* – аварийный выход, совмещенный со входом; 1 – галерея; 2 – шахта с защищенным оголовком; 3 – герметический ставень; 4 – защитно-герметический ставень; 5 – проем с жалюзийной решеткой; 6 – полнопроходная галерея; 7 – наземный павильон над входом; 8 – убежище

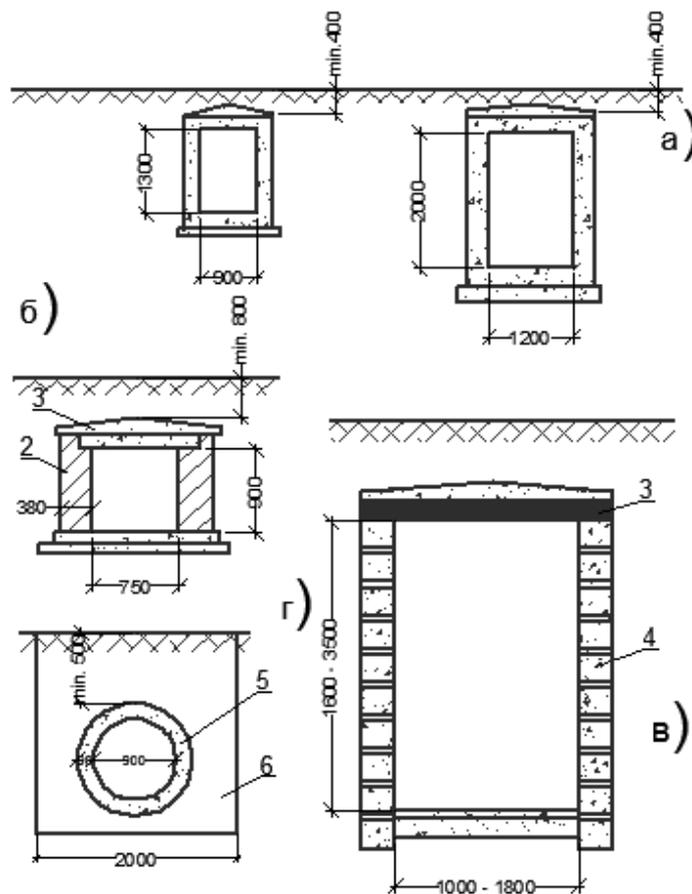


Рисунок 16 – Типы галерей аварийного выхода:

*a* – из монолитного железобетона; *б* – из кирпича или бетона; *в* – полнопроходная галерея; *г* – из сборных железобетонных колец; 1 – монолитный железобетон; 2 – кирпичная (бетонная) стена; 3 – плита перекрытия; 4 – бетонные блоки; 5 – железобетонное кольцо; 6 – песчаная подушка

Размер 0,9×1,3 м

В убежищах вместимостью 600 чел. и более аварийный выход всегда должен быть совмещен с одним из входов и иметь лестничный спуск, тоннель и тамбур.

Лестничный спуск устраивается открытым на уровне поверхности земли, если расстояние от здания до спуска равно высоте здания (рисунок 17).

В условиях стесненной городской застройки, когда нет возможности устройства открытого лестничного спуска, во входах, совмещенных с аварийными выходами, предусматриваются защищенные оголовки с лестничными маршами. Пример решения оголовка приведен на рисунке 18.

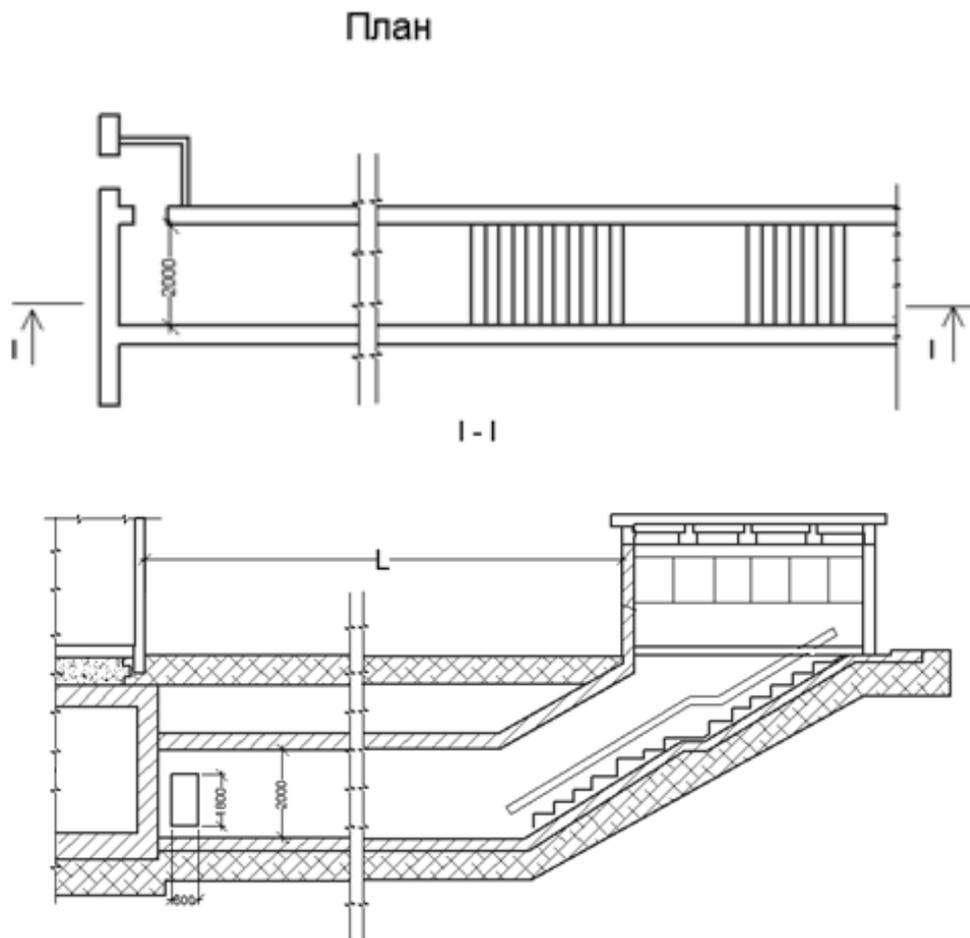


Рисунок 17 – Аварийный выход, совмещенный с входом:  
*L* – расстояние от здания до павильона входа, равное высоте здания

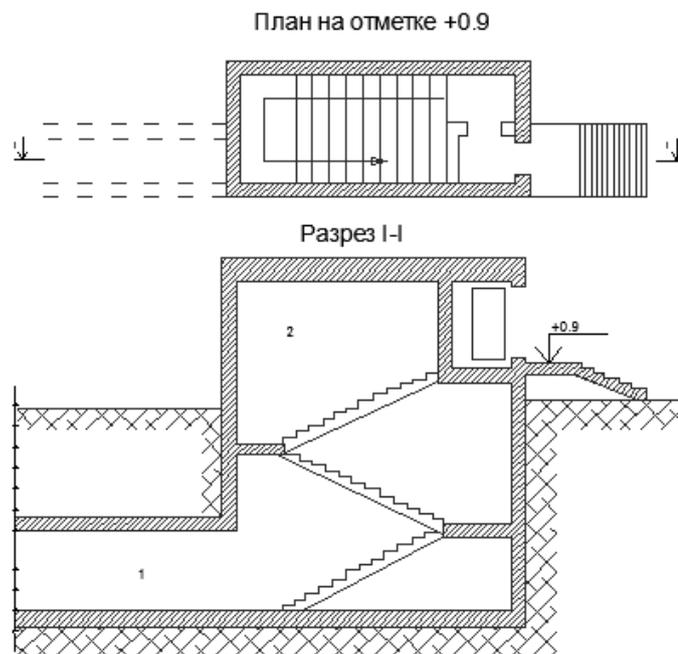


Рисунок 18 – Защитный оголовок с лестничным маршем:  
*1* – тоннель; *2* – оголовок

При расположении такого оголовка на расстояниях, указанных в таблице 5.5 свода правил, высоту от поверхности земли до низа входного проема следует принимать не менее 200 мм. При этом входной проем должен устраиваться в стене, к которой примыкает наименьшая по высоте часть завала.

При удалении оголовка на расстояние менее указанного в таблице 5.5 высота от поверхности земли до низа входного проема будет зависеть от высоты завала. Во всех случаях важно, чтобы можно было быстро и без особых усилий очистить проем в оголовке в случае завала.

В своде правил приведены усредненные значения высоты оголовка в пределах контура разрушенного здания  $h_{ог.э}$ . Более точные ее значения, м, можно определить из выражения

$$h_{ог.э} = \frac{\gamma}{K + \frac{100}{H}}, \quad (46)$$

где  $\gamma$  – объем завала на 100 м<sup>3</sup> строительного объема здания, определяемый по таблице 2;

$K$  – коэффициент, равный для кирпичных и блочных зданий – 2,5, для панельных – 5;

$H$  – высота здания, м.

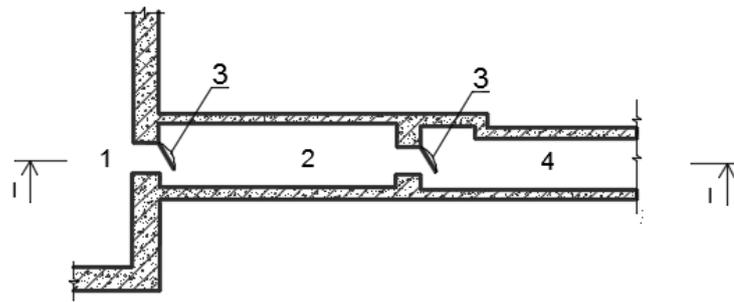
Таблица 2

Вид здания	Тип здания	$\gamma$ , м <sup>3</sup>
Производственные	Панельные одноэтажные	13
	Кирпичные одноэтажные	16
	Панельные многоэтажные	20
	Кирпичные многоэтажные	25
Административно-бытовые	Панельные	40
	Кирпичные и блочные	50

Проектами следует предусматривать установку во входном проеме оголовка обычных дверей или металлических решеток, открывающихся внутрь оголовка.

При разработке проектов убежищ рекомендуется тоннель аварийного выхода, совмещенного с входом, использовать для размещения тамбура-шлюза (рисунок 19). Такое решение является экономичным, так как позволяет часть тоннеля использовать как основное помещение убежища.

## План



I - I

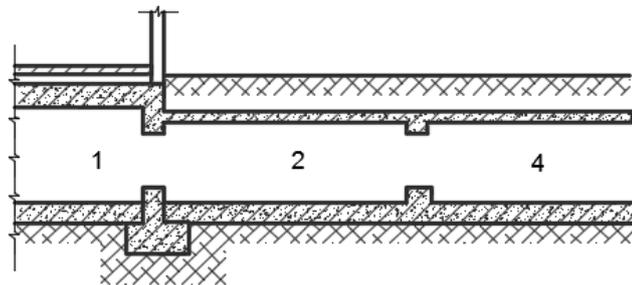


Рисунок 19 – Однокамерный тамбур-шлюз в тоннеле аварийного выхода, совмещенного со входом:

1 – убежище; 2 – тамбур-шлюз; 3 – защитно-герметические двери; 4 – тоннель

Схема аварийного выхода – выхода из встроенного убежища вместимостью до 600 чел. приведена на рисунке 20.

В отдельно стоящих убежищах аварийные выходы в виде шахты с оголовком могут проектироваться примкнутыми к наружным стенам убежища. Схема такого входа приведена на рисунке 21.

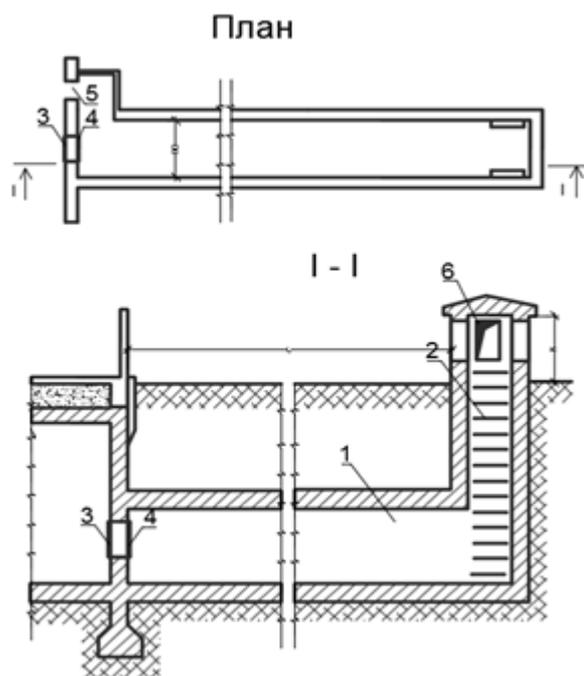


Рисунок 20 – Аварийный выход из встроенного убежища:  
 1 – галерея; 2 – шахта с защищенным оголовком; 3 – герметический ставень; 4 –  
 защитно-герметический ставень; 5 – УЗС; 6 – проем 600×800 мм с жалюзийной  
 решеткой;  $H$  – высота оголовка;  $L$  – расстояние от оголовка до здания

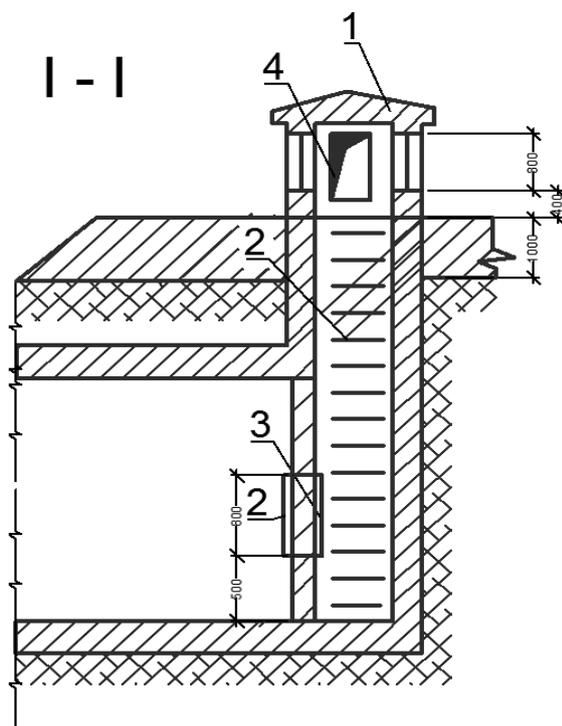


Рисунок 21 – Принципиальное решение аварийного шахтного выхода,  
 примыкающего к отдельно стоящему убежищу  
 1 – оголовок; 2 – герметический ставень; 3 – защитно-герметический ставень; 4 –  
 жалюзийная решетка

Под высотой оголовка шахтного входа следует понимать расстояние от поверхности земли до низа перекрытия оголовка.

При расположении убежищ в водонасыщенных грунтах следует стремиться отметку пола тоннеля аварийного выхода принимать выше отметки уровня грунтовых вод (рисунок 22).

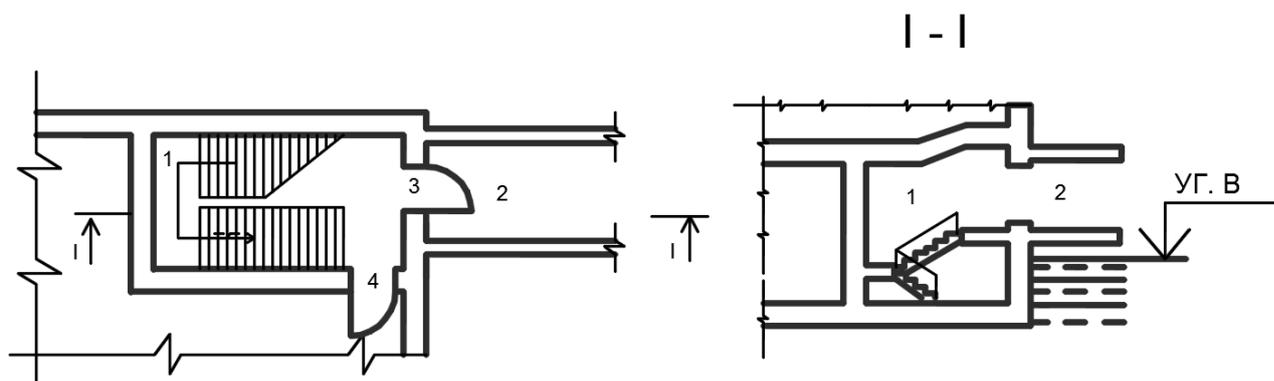


Рисунок 22 – Схема расположения входа, совмещенного с аварийным выходом, в водонасыщенном грунте

*1* – тамбур с лестничным спуском; *2* – галерея; *3* – защитно-герметическая дверь; *4* – герметическая дверь

При высоком уровне грунтовых вод допускается превышение отметки уровня грунтовых вод над отметкой пола тоннеля на 200–300 мм (рисунок 23).

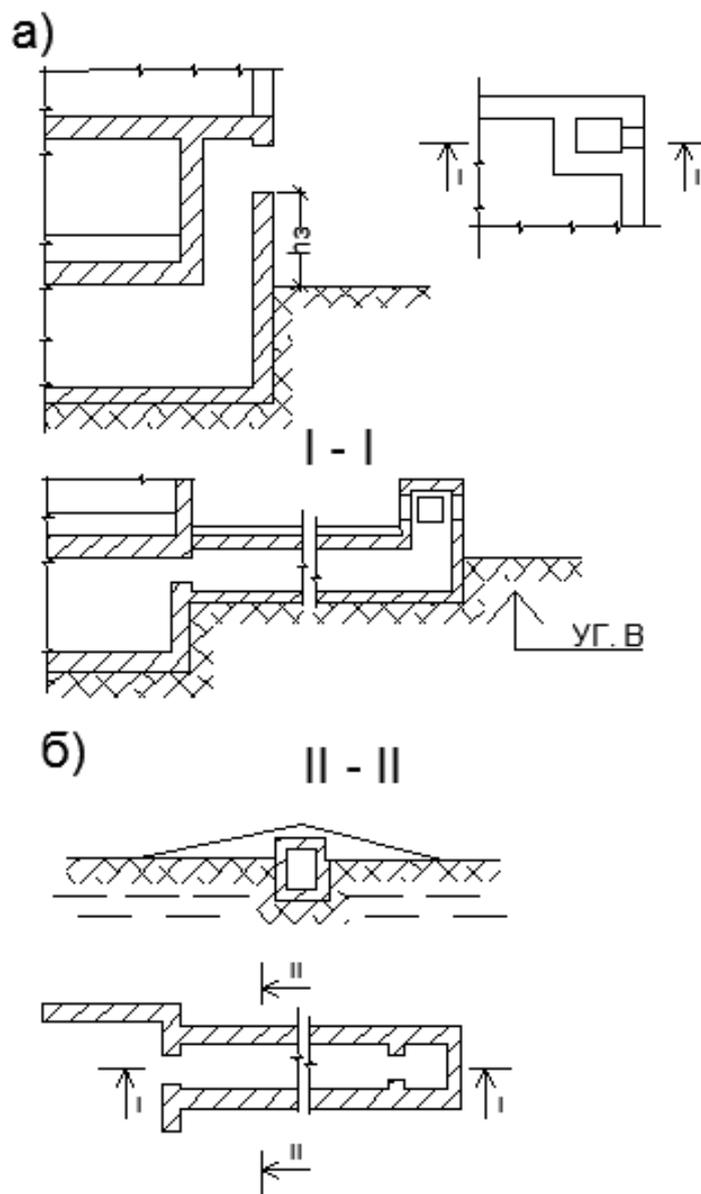


Рисунок 23 – Схема расположения аварийного выхода при уровне грунтовых вод на 0,5–1 м ниже перекрытия:

*a* – шахтный без подходной галереи; *б* – шахтный с полузаглубленной подходной галереей;  $h_3$  – расстояние от поверхности земли до проема ( $h_3 = 0,1H + 0,9$  м, где  $H$  – высота здания)

При очень высоком уровне грунтовых вод (0,5 м от поверхности земли) и невозможности строительства обсыпных тоннелей аварийные выходы убежищ вместимостью до 600 чел. могут быть решены в виде защищенных шахт, жестко связанных с перекрытием. В этом случае расстояние от поверхности земли до низа проема с жалюзийной решеткой должно быть не меньше высоты завала у здания.

В убежищах вместимостью более 600 чел. при высоком уровне грунтовых вод аварийный выход, совмещенный с входом, допускается устраивать в виде защищенной лестничной клетки. Пример решения такого выхода приведен на рисунке 24.

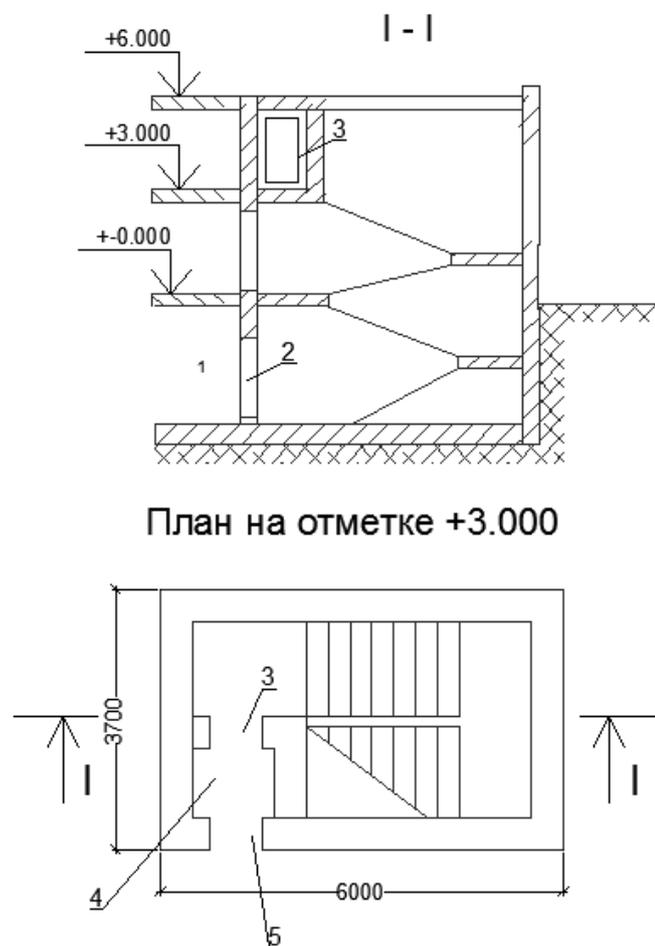


Рисунок 24 – Аварийный выход, совмещенный с выходом:  
 1 – убежище; 2 – дверной проем с герметической дверью; 3 – дверной проем; 4 – предтамбур; 5 – дверной проем с обычной дверью или металлической решеткой

### 5.5 Конструктивные решения

Конструктивными элементами убежища являются:

- несущие, ограждающие и совмещенные конструкции основного сооружения, перекрытия, наружные стены, внутренние стены, колонны и перегородки, сплошная фундаментная плита или отдельные столбчатые (ленточные) фундаменты;

- конструктивные элементы входов – стены тамбуров, тамбуров-шлюзов, предтамбуров, лестничных спусков и пандусов, перекрытия над ними, входные проемы с защитными устройствами (дверями, затворами, воротами), защищенные или незащищенные оголовки над входами в убежище;

- конструктивные элементы аварийных выходов – стены, фундаменты галерей и защищенного оголовка, проемы с защитными устройствами (дверями, ставнями, унифицированными защитными секциями).

5.5.1 Пункт 5.5.1 свода правил устанавливает требование герметичности помещений, приспособляемых под убежища.

В убежищах утечка воздуха или приток его снаружи происходят через поры материалов ограждающих конструкции, через неплотности в местах примыкания стен к полу и потолку, через стыки в сооружениях из сборного железобетона. Кроме того, воздух может проникать через неплотности в местах установки рам входных устройств (комингсов), противовзрывных устройств, клапанов, закладных деталей и вводов инженерных коммуникации.

Требуемая герметичность убежища достигается:

- высоким качеством строительных работ с соблюдением действующих нормативов на производство и приемку строительных работ;

- сокращением числа проемов и периметра входных и противовзрывных устройств, вводов и других закладных деталей.

Уменьшение количества и размеров неплотностей в ограждающих конструкциях достигается путем ограничения числа перерывов в бетонировании, тщательной укладкой бетонной смеси, особенно в местах сопряжения конструкции, омоноличиванием перекрытий.

В убежищах из сборного железобетона рекомендуется производить тщательную проклейку стыков между элементами, а также в местах их примыкания к полу и перекрытию. Проклейку производят с наружной стороны до устройства гидроизоляции. Для проклейки могут быть рекомендованы рулонные воздухо-

проницаемые материалы, например: изол, поливинилхлоридный пластикат, полиэтилен, а так же безосновные гидроизоляционные составы.

При проектировании убежищ гражданской обороны сокращение числа проемов или периметра входных и противовзрывных устройств, вводов и других закладных деталей, устанавливаемых в наружных ограждениях, может быть достигнуто путем применения более широких входных устройств и объединением вводов инженерных сетей в один-два блока.

Кроме того, следует избегать заделки различных крепежных и поддерживающих деталей (кронштейнов и пр.) в перекрытия и наружные стены, не обсыпанные грунтом.

Для снижения опасности проникновения в убежище вредных веществ через неплотности во входах тамбуры следует делать кубатурой не менее 5 м<sup>3</sup>.

Для заполнения возможных пустот в месте установки закладных деталей необходимо после схватывания бетона производить тампонирующее нагнетание цементного раствора, приготовленного на основе расширяющегося цемента. Для нагнетания раствора за обделку дверной коробки (комингса) необходимо проектом предусматривать устройство в ней дюймовых штуцеров из расчета один штуцер на 0,5 м периметра коробки. Нагнетание раствора производится до появления цементного молока в местах сопряжения металла с бетоном ограждения.

5.5.2 Пункт 5.5.2 свода правил устанавливает, что для убежищ необходимо применять железобетонные перекрытия по балочной схеме с опиранием балок (ригелей) на колонны, а также безбалочные перекрытия. Применение же несущих внутренних продольных и поперечных стен свод правил допускает лишь при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Все несущие конструкции убежищ должны быть рассчитаны на воздействие ударной волны и обладать необходимой прочностью.

При проектировании перекрытий по балочной схеме рекомендуется принимать продольное расположение балок (ригелей). Такое решение является наибо-

лее рациональным, так как оно дает возможность уменьшить количество сложных по конструкции узлов сопряжений ригелей со стенами и улучшить работу продольных стен на воздействие вертикальной и горизонтальной нагрузок.

5.5.3 Для участков не обсыпанных грунтом железобетонных стен, выступающих над поверхностью земли или примыкающих к незащищенным подвалам, а также для стен в местах примыкания входов и необсыпных покрытий при их толщине 50 см и менее должно быть предусмотрено их покрытие термоизоляционным слоем согласно таблице 5.6 свода правил.

Толщина стен и перекрытий принимается для пустотелых элементов равной полной толщине конструкции, для ребристых – толщине полки.

Приведенные в п. 5.5.3 свода правил данные действительны для расчета перекрытий убежищ, расположенных в заваливаемой зоне, при тепловом воздействии пожаров в завалах.

Для защиты укрываемых от лучистого тепла, исходящего от нагретых поверхностей ограждающих конструкций, могут применяться экраны, устанавливаемые с внутренней стороны убежища. В этом случае на внутренней поверхности ограждающих конструкций допускается расчетная температура 40 °С. В качестве материалов для экранов могут быть использованы асбестоцементные и цементно-стружечные плиты, теплоизоляционные маты и т. п. Наибольший эффект достигается при двойных экранах, установленных на расстоянии 10–15 мм от внутренней поверхности ограждения и между собой.

5.5.4 Конструктивную схему встроенных убежищ выбирают в соответствии с п. 5.5.4 свода правил.

При проектировании убежищ могут применяться следующие конструктивные схемы:

- сборная железобетонная с полным каркасом (рисунок 25, а);
- монолитная железобетонная с неполным каркасом (рисунок 25, б);
- монолитная железобетонная бескаркасная (рисунок 25, в);
- арочное (рисунок 25, г).

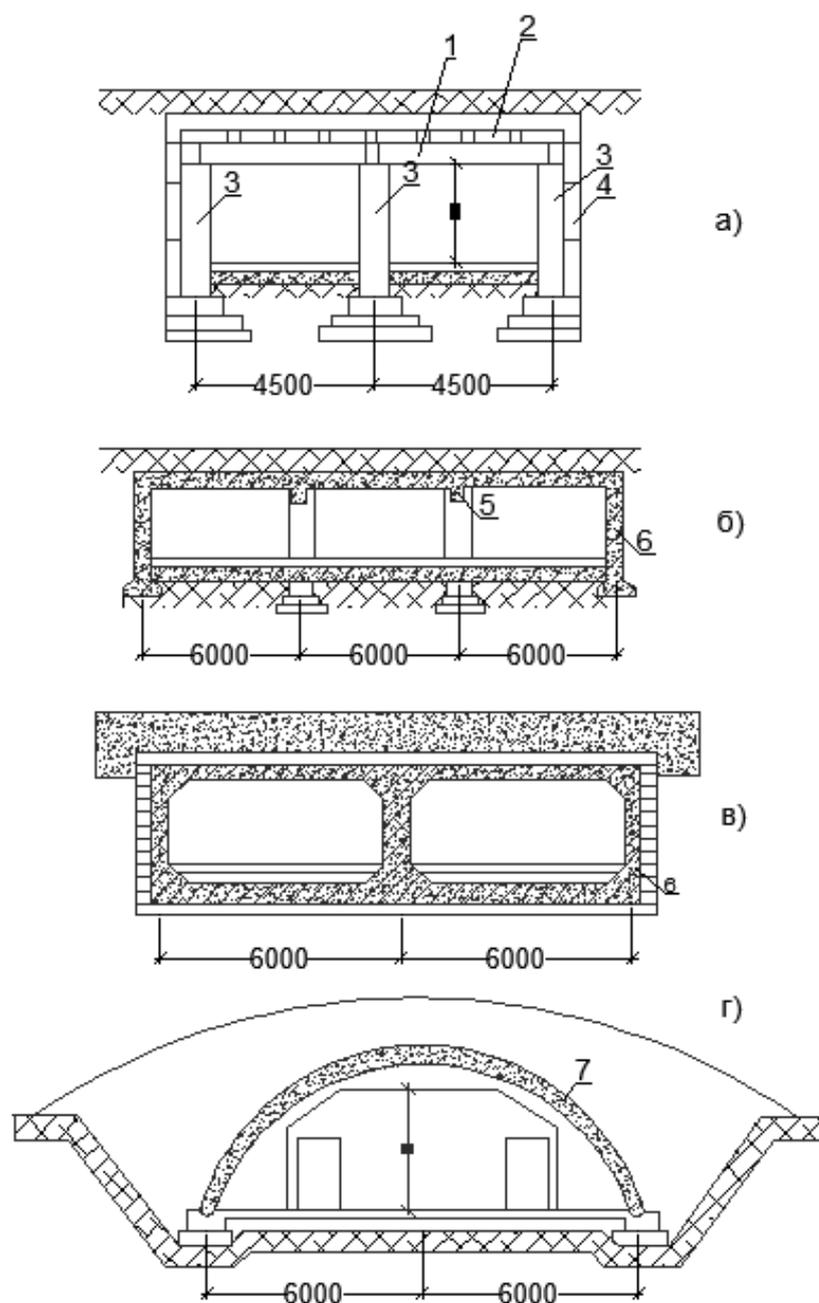


Рисунок 25 – Конструктивные схемы убежищ:

*a* – стены и колонны из сборного железобетона, перекрытие сборно-монолитное; *б* – стены и перекрытие из монолитного железобетона, колонны – из сборного; *в* – из монолитного железобетона; *г* – арочное; 1 – сборный железобетонный ригель; 2 – сборно-монолитное перекрытие; 3 – сборные железобетонные колонны; 4 – стеновые панели или блоки; 5 – монолитная железобетонная плита; 6 – монолитные железобетонные стены; 7 – железобетонная арка

Каркасно-панельная схема с полным каркасом представляет собой систему, состоящую из стоек (колонн) и ригелей с заполнением из плит (панелей), прочно связанных с элементами каркаса.

Конструктивные схемы типовых убежищ с полным и неполным каркасом приведены на рисунке 26.

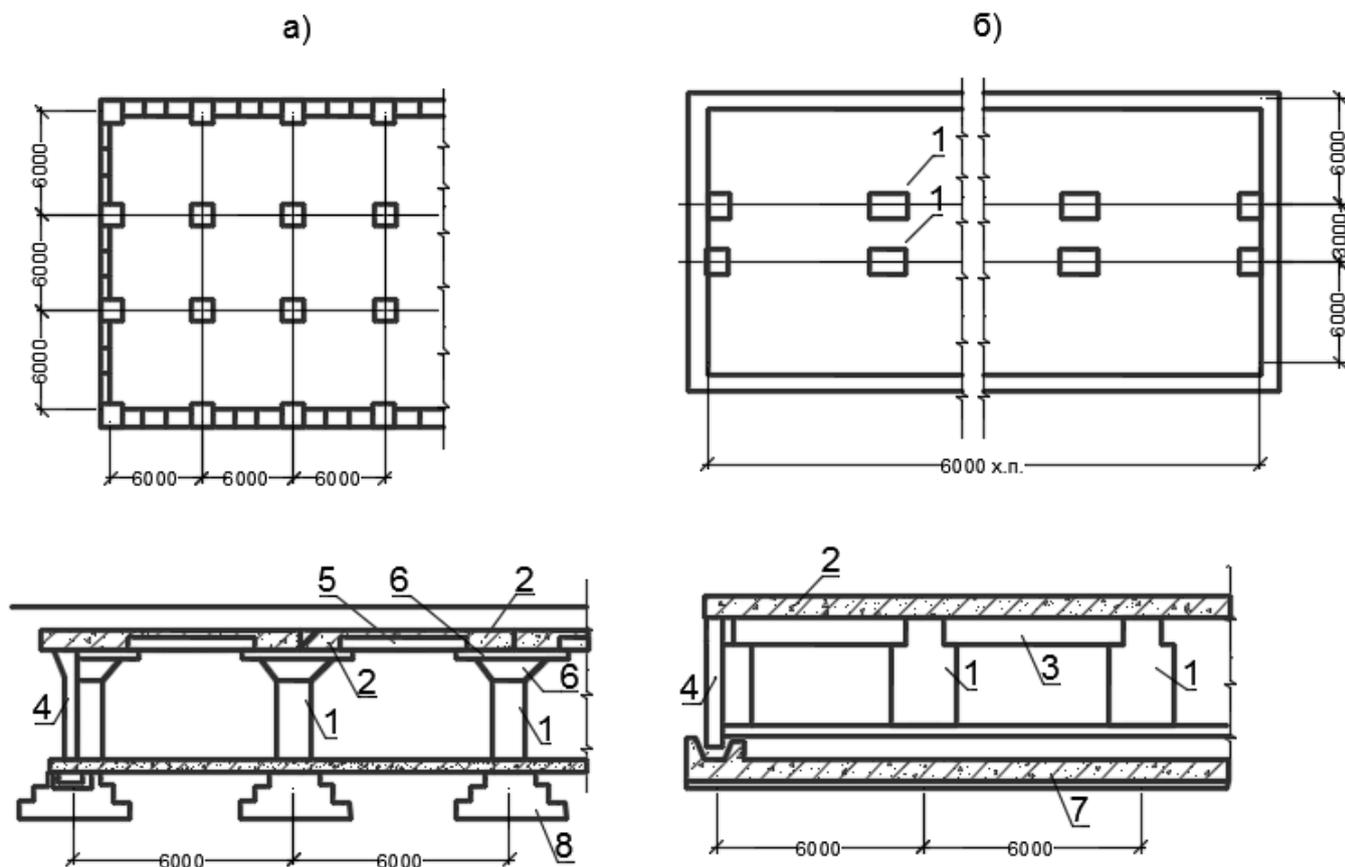


Рисунок 26 – Конструктивные схемы убежищ из сборных железобетонных элементов, производившихся по сериям У-01-01 и У-01-02:

*а* – из конструкций У-01-01 (в водонасыщенных грунтах); *б* – из конструкций У-01-02 (в сухих грунтах); 1 – колонна; 2 – монолитная железобетонная плита; 3 – ригель; 4 – стеновая панель; 5 – сборные железобетонные плиты; 6 – сборная железобетонная капитель; 7 – фундаментная плита из монолитного железобетона; 8 – фундамент колонн

В каркасно-панельной схеме с неполным каркасом колонны у наружных стен предусматриваются лишь в торцах сооружения. При бескаркасной схеме вертикальные ограждающие и внутренние несущие конструкции выполняются в виде сплошных стен.

В каркасно-панельных сооружениях с полным каркасом допускается продольное и поперечное расположение ригелей. В сооружениях с неполным каркасом рекомендуется продольное размещение ригелей.

Каркасная схема является наиболее рациональной, так как она дает возможность наилучшим образом использовать помещения убежища для хозяйственных целей и технически проще решать вопросы размещения инженерно-технического оборудования.

При строительстве убежищ с продольными и поперечными стенами (бескаркасная схема) добиться перечисленных преимуществ невозможно.

Конструктивные схемы быстровозводимых убежищ из сборных бетонных блоков и железобетонных плит и объемных блоков приведена на рисунке 27.

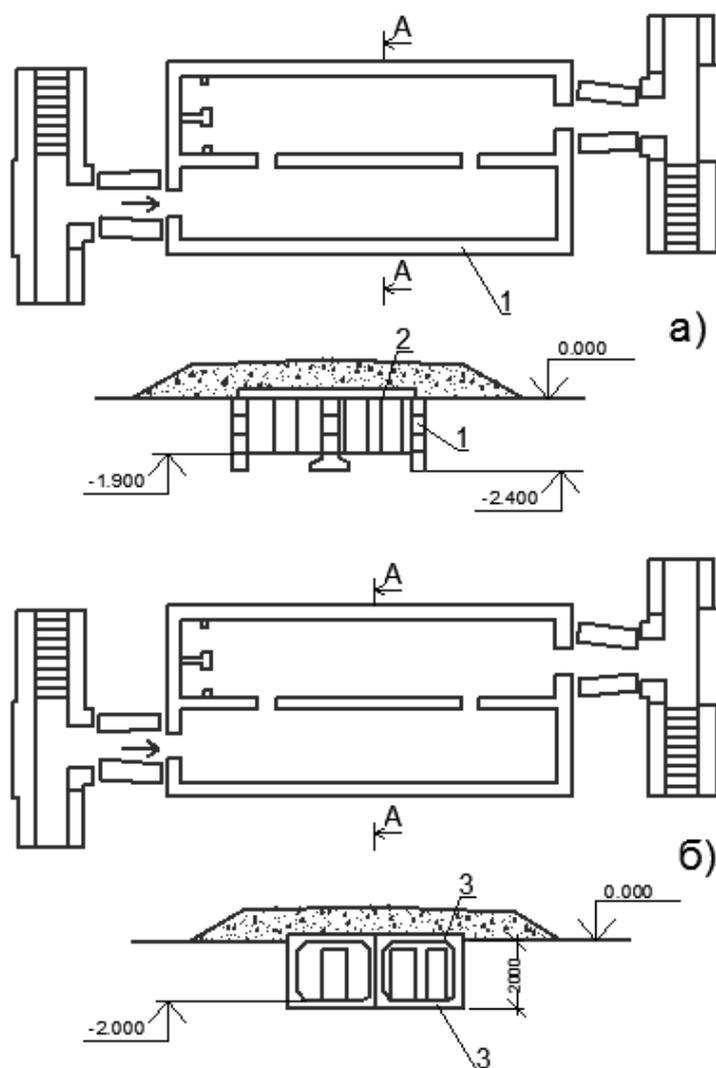


Рисунок 27 – Конструкции быстровозводимых убежищ:  
*а* – из сборных железобетонных элементов; *б* – из звеньев водопроводных прямоугольных труб; 1 – фундаментные блоки; 2 – сборные железобетонные плиты перекрытий; 3 – водопропускные прямоугольные трубы

5.5.5 Конструктивная схема подвальной части здания должна отвечать требованиям обеспечения прочности и устойчивости при воздействии эксплуатационных нагрузок и нагрузок особого сочетания, а также экономической целесообразности.

Разбивочные оси по наружным и внутренним несущим стенам и отдельным опорам (колоннам) наземного каркаса здания и подвальной его части должны, как правило, совпадать. Расстояние между продольными и поперечными разбивочными осями отдельно стоящих убежищ надо принимать кратным  $15M$  ( $M$  – основной модуль, равный 100 мм).

В подвальных помещениях допускается, в пределах расстояния между несущими конструкциями наземной части здания, вводить дополнительные опоры, уменьшающие расчетный пролет конструкций перекрытий убежищ.

При проектировании встроенных убежищ конструкции каркаса (колонны) наземной части здания не рекомендуется жестко связывать с конструкциями убежища. Фундаменты под колонны свободно устанавливаются на перекрытие убежища. Пример конструктивного решения сопряжений указанных элементов приведен на рисунке 28.

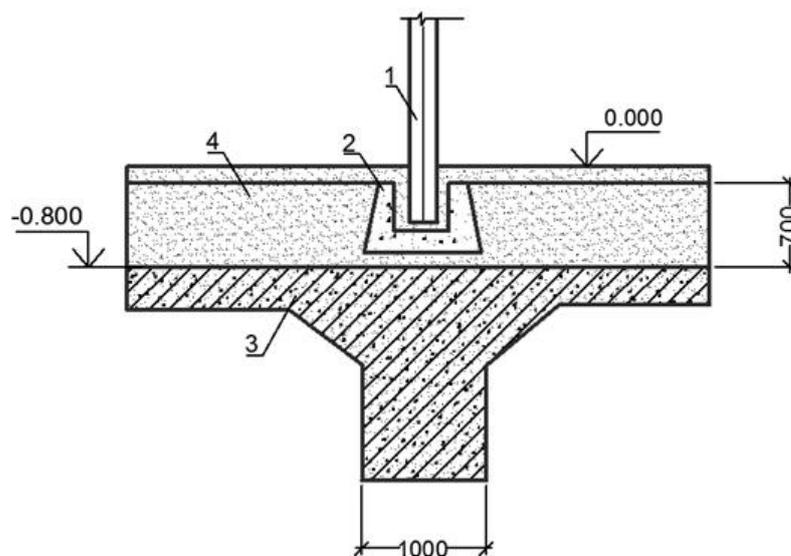


Рисунок 28 – Схема опирания наземного каркаса на перекрытие убежища через стаканый фундамент:

- 1 – сборная железобетонная колонна наземного каркаса;
- 2 – сборный железобетонный фундамент стаканного типа;
- 3 – монолитное безбалочное перекрытие;
- 4 – засыпка

При решении стыков по жесткой схеме важно принять такую конструкцию стыка, которая обеспечивала бы необходимую жесткость от воздействия эксплуатационных нагрузок и могла бы быть разрушена без повреждения перекрытия убежища при воздействии нагрузки от ударной волны.

5.5.6 При проектировании сборно-монолитных конструкций убежищ в соответствии с п. 5.5.7 свода правил необходимо обеспечивать с помощью различных расчетных, конструктивных и технологических мероприятий надежную работу сборных элементов при бетонировании монолитной части, а также надежную связь и совместную работу монолитного бетона с бетоном сборных конструкций.

Из них можно возводить встроенные и отдельно стоящие убежища.

К числу железобетонных конструкций промышленного и жилищно-гражданского строительства, которые могут быть применены при строительстве убежищ, следует отнести элементы пешеходных и производственных тоннелей, коллекторов, плиты перекрытий промышленных зданий под тяжелые нагрузки и т. п.

При сохранении опалубочных размеров несущая способность железобетонных конструкций промышленного и жилищно-гражданского строительства может быть увеличена путем повышения класса бетона, увеличения площади сечения рабочей продольной и поперечной арматуры, а также путем применения стали с повышенными прочностными характеристиками.

5.5.7 Необходимо предусматривать учащенную поперечную арматуру с шагом  $10-15d$  ( $d$  – диаметр арматуры) в наиболее напряженных местах изгибаемых и внецентренно сжатых железобетонных элементов.

В центральных и внецентренно-сжатых элементах (колоннах), а также в сжатой зоне изгибаемых элементов под воздействием большой динамической нагрузки может происходить выпучивание сжатой конструктивной и рабочей арматуры и преждевременное разрушение сжатого бетона в наиболее напряженных местах. Для предотвращения выпучивания и разрушения сжатого бетона преду-

сматривается установка учащенной поперечной арматуры с шагом  $10-15d$ , где  $d$  – наименьший диаметр сжатой продольной арматуры.

5.5.8 Покрытия убежищ проектируют в соответствии с п. 5.5.9 свода правил.

Элементы покрытий из сборных железобетонных конструкций следует проектировать, как правило, разрезными, с замоноличиванием швов раствором (бетоном) и устройством по контуру сооружения балок из монолитного бетона, связанной при помощи анкеров с наружными стенами (рисунок 29). Сборно-монолитные конструкции целесообразно проектировать неразрезными с установкой надпорпой арматуры в слое монолитного бетона (рисунок 30). Часть рабочей арматуры (продольной и поперечной) можно устанавливать между сборными элементами (рисунок 31).

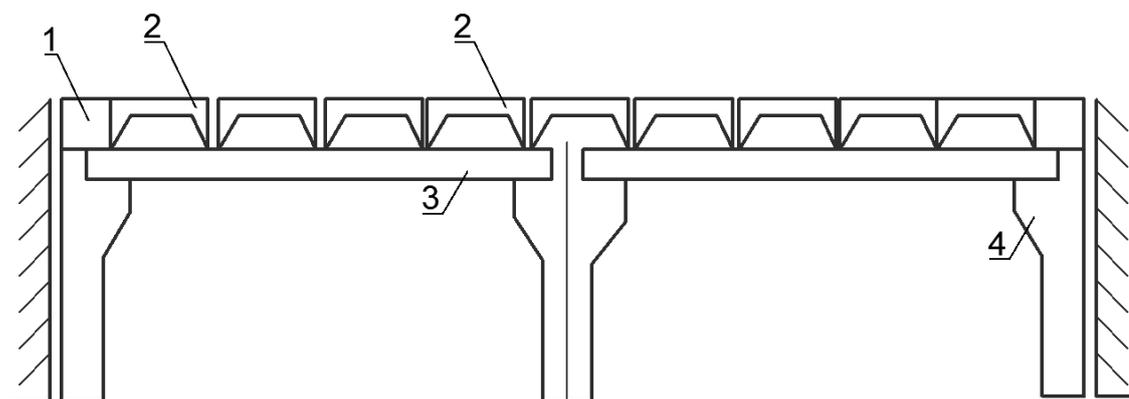


Рисунок 29 – Устройство монолитной балки в сборном перекрытии:  
1 – монолитная балка; 2 – сборные плиты; 3 – сборный ригель; 4 – колонна

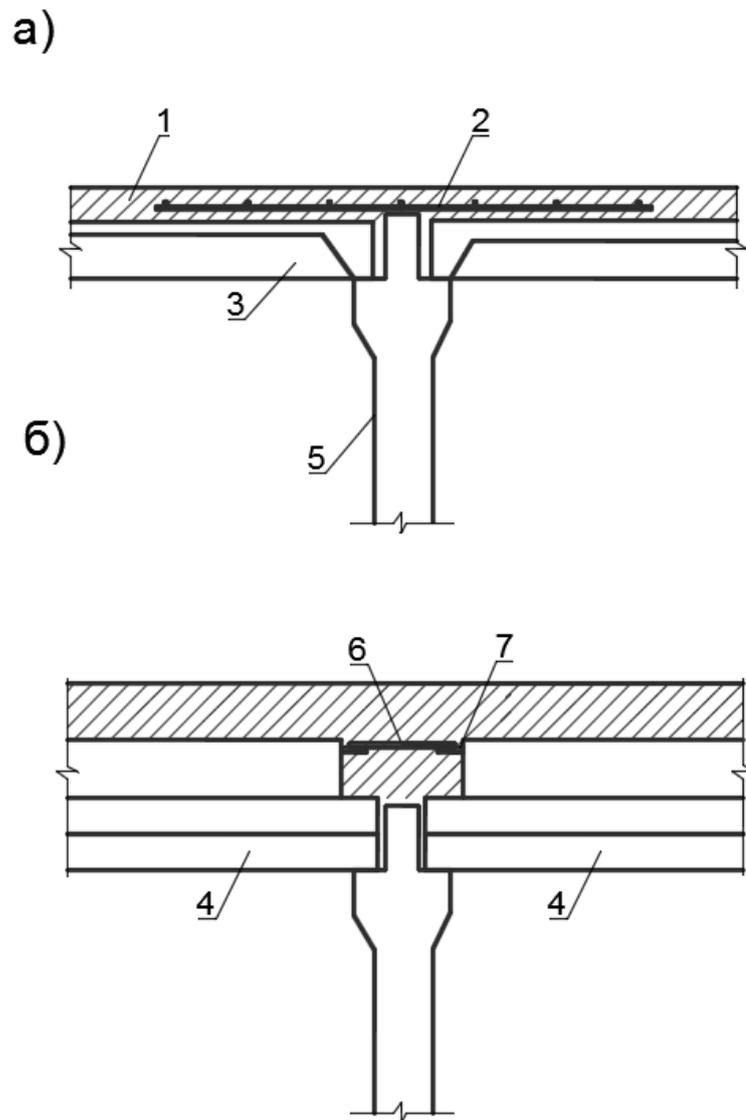


Рисунок 30 – Установка надпорной арматуры в сборно-монолитном перекрытии убежища:

*a* – в неразрезных плитах; *б* – в неразрезных ригелях: 1 – слой монолитного бетона; 2 – надпорная арматурная сетка в плите; 3 – плита; 4 – ригель; 5 – колонна; 6 – надпорная арматура ригеля; 7 – выпуски поперечной арматуры из ригеля; 8 – ригель (плиты не показаны)

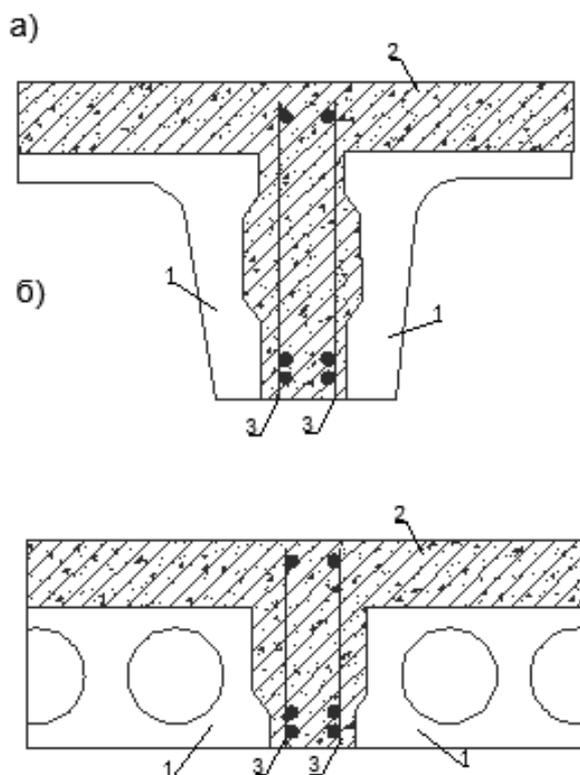


Рисунок 31 – Схема размещения арматурных каркасов между сборными элементами сборно-монолитного перекрытия убежища:

- a* – с применением ребристых плит; *б* – с применением многопустотных плит,  
 1 – сборные элементы; 2 – монолитный бетон;  
 3 – дополнительные арматурные каркасы

При проектировании сборно-монолитных покрытий следует обеспечить совместную работу сборного и монолитного бетонов.

Совместная работа сборных элементов и монолитного бетона в сжатой зоне может быть достигнута путем специальной обработки поверхности сборных элементов или путем установки, в соответствии с расчетом, поперечной арматуры.

Обработка поверхности сборных элементов после удаления несхватывающегося слоя бетона пескоструйным аппаратом может производиться 15%-ным раствором сульфитно-спиртовой барды или специальными грунтовочными составами типа «Бетоноконттакт», а также путем устройства в поверхности сборных элементов различного рода углублений, шпонок или втапливания в свежееуложенный и уплотненный бетон сборных элементов щебенки размером 20–40 мм.

В узлах опирания сборных элементов покрытий по стенам, выполненным из каменных материалов, предусматривается установка анкеров. Соединение сборных железобетонных элементов покрытий и стен осуществляется либо установкой анкеров, либо на сварке закладных деталей. Постановка анкеров в сопряжениях сборных, сборно-монолитных и монолитных перекрытий со стенами из каменных материалов необходима для обеспечения связи элементов сооружения между собой. Такое соединение рассматривается как шарнирное, и поставленная арматура при расчете конструкций не учитывается.

При проектировании убежищ из монолитного железобетона рекомендуется применять наиболее рациональные конструктивные решения, в которых в наилучшей степени используются прочностные характеристики бетона (ограждающие конструкции криволинейного очертания, перекрытия безбалочного типа и т.п.). Для возведения убежищ следует использовать прогрессивные виды опалубки, а также безопалубочный способ производства работ. При устройстве стен и перекрытий из монолитного железобетона узлы сопряжения рекомендуется проектировать жесткими (рамными) с установкой в них необходимой по расчету арматуры. Конструктивные решения узлов сопряжения перекрытий со стенами показаны на рисунках 32–34.

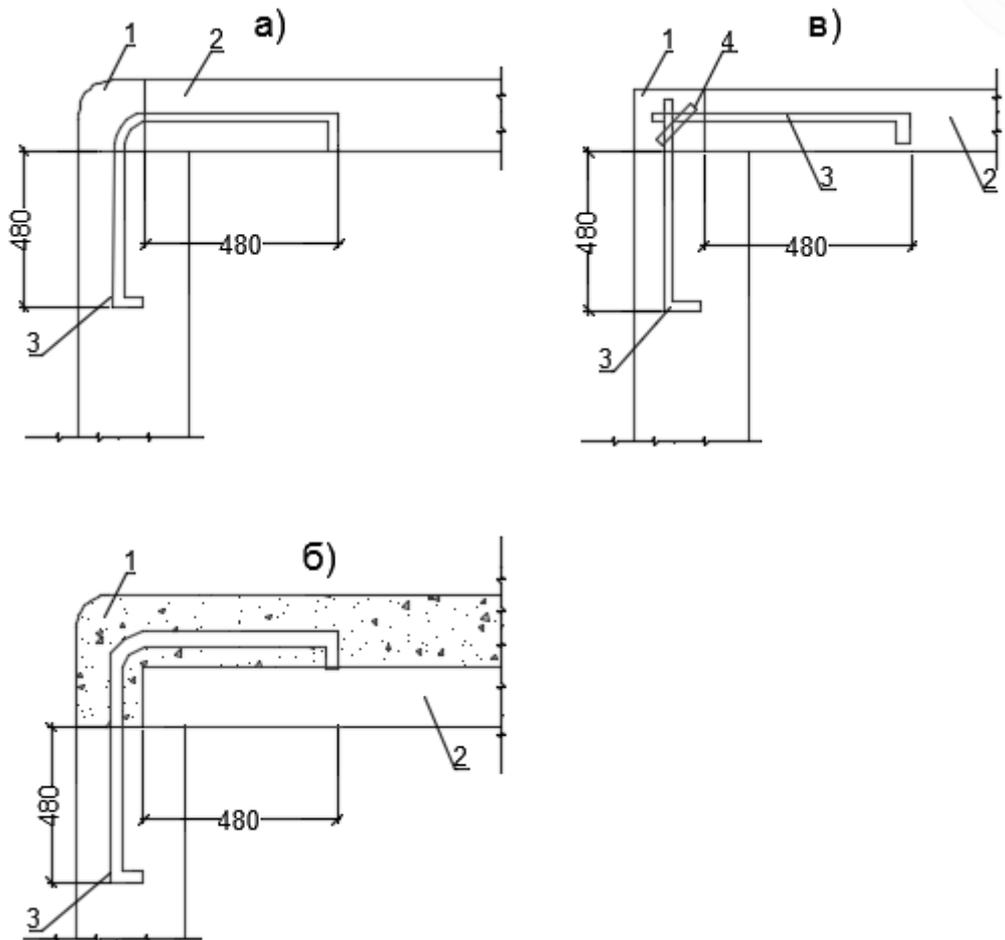


Рисунок 32 – Анкеровка элементов перекрытия с наружными стенами:  
*a* – при сборном железобетонном перекрытии; *б* – при сборно-монокридном железобетонном перекрытии; *в* – при устройстве стен из длинномерных конструкций,  
*1* – слой монокридного бетона; *2* – элемент перекрытия; *3* – анкер диаметром 16 мм, заводимый в слой монокридного бетона через 1 м;  
*4* – стержень диаметром 20 мм, привариваемый к анкерам

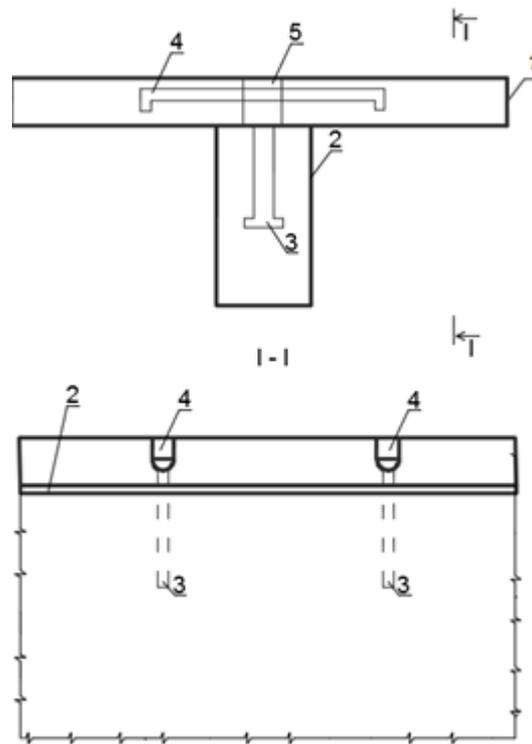


Рисунок 33 – Установка анкеров между перекрытиями и внутренними стенами:  
 1 – сборные элементы перекрытия; 2 – внутренние стены из каменных материалов; 3 – анкеры, выпускаемые из кладки в швы между элементами перекрытия;  
 4 – арматурные стержни, укладываемые в швы между сборными элементами;  
 5 – монолитный бетон

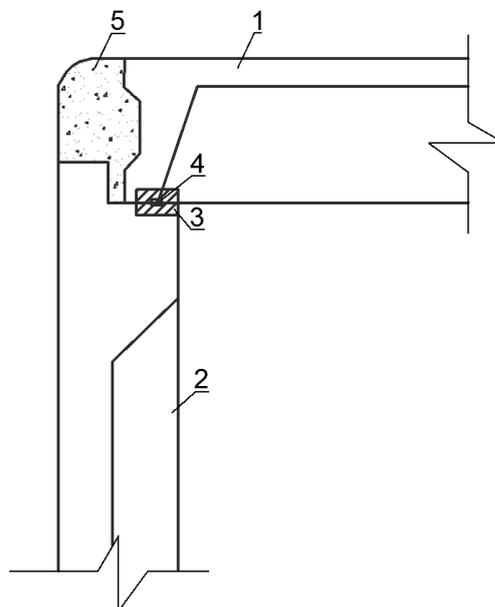


Рисунок 34 – Соединение сборных железобетонных элементов стен и перекрытий с помощью сварки:

1 – железобетонный элемент перекрытия; 2 – железобетонный элемент наружной стены; 3 – закладные детали в сборных элементах; 4 – сварка из расчета не менее 5 см на 1 м стены (высота сварного шва принимается равной  $0,6d$ ,  $d$  – толщина закладной детали); 5 – монолитный бетон

5.5.9 Проектирование стен осуществляют в соответствии с п. 5.5.10 свода правил.

Железобетонные панели для наружных стен убежищ могут быть «самонесущими» и несущими. «Самонесущие» панели воспринимают только боковую (горизонтальную) нагрузку от давления грунта и ВУВ (рисунок 35 а, б), а несущие панели, кроме того, воспринимают нагрузку с элементов перекрытия убежища (рисунок 35, в).

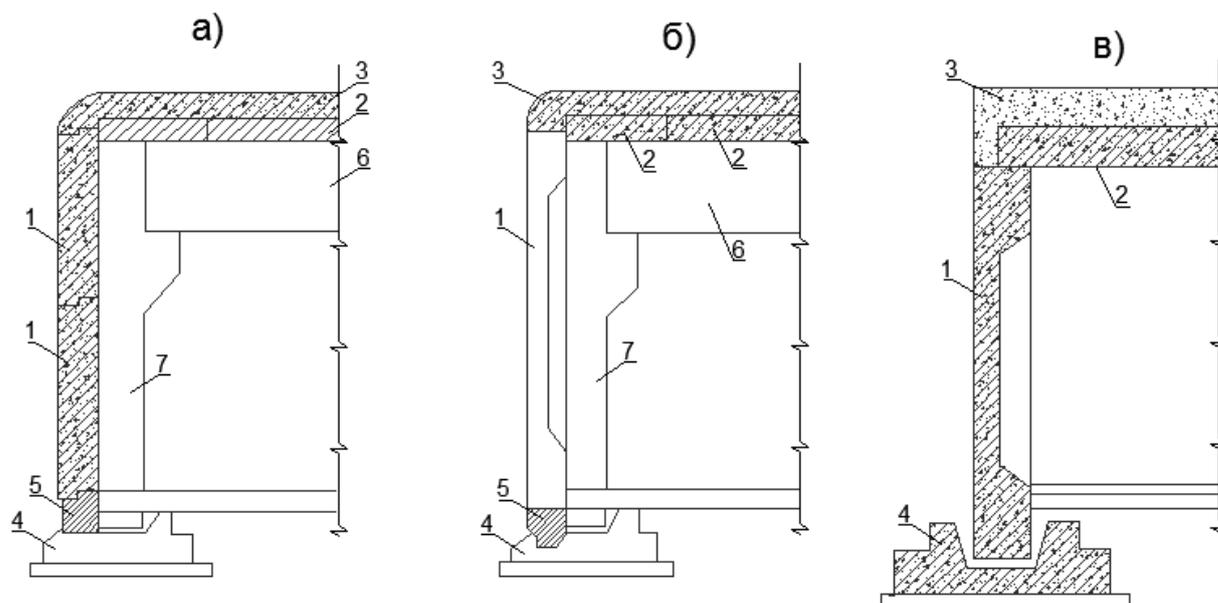


Рисунок 35 – Варианты решения наружных стен:

а – из «самонесущих панелей», расположенных горизонтально; б – из «самонесущих» панелей, расположенных вертикально; в – из несущих панелей; 1 – стеновая панель; 2 – сборная часть перекрытия; 3 – монолитная часть перекрытия; 4 – фундамент; 5 – рандбалка; 6 – ригель; 7 – колонна

Конструкция горизонтальных и вертикальных швов в местах сопряжений панели между собой должна обеспечивать простое и надежное заполнение швов раствором (бетоном). Крепление панелей к колоннам производится сваркой через закладные детали (рисунок 36).

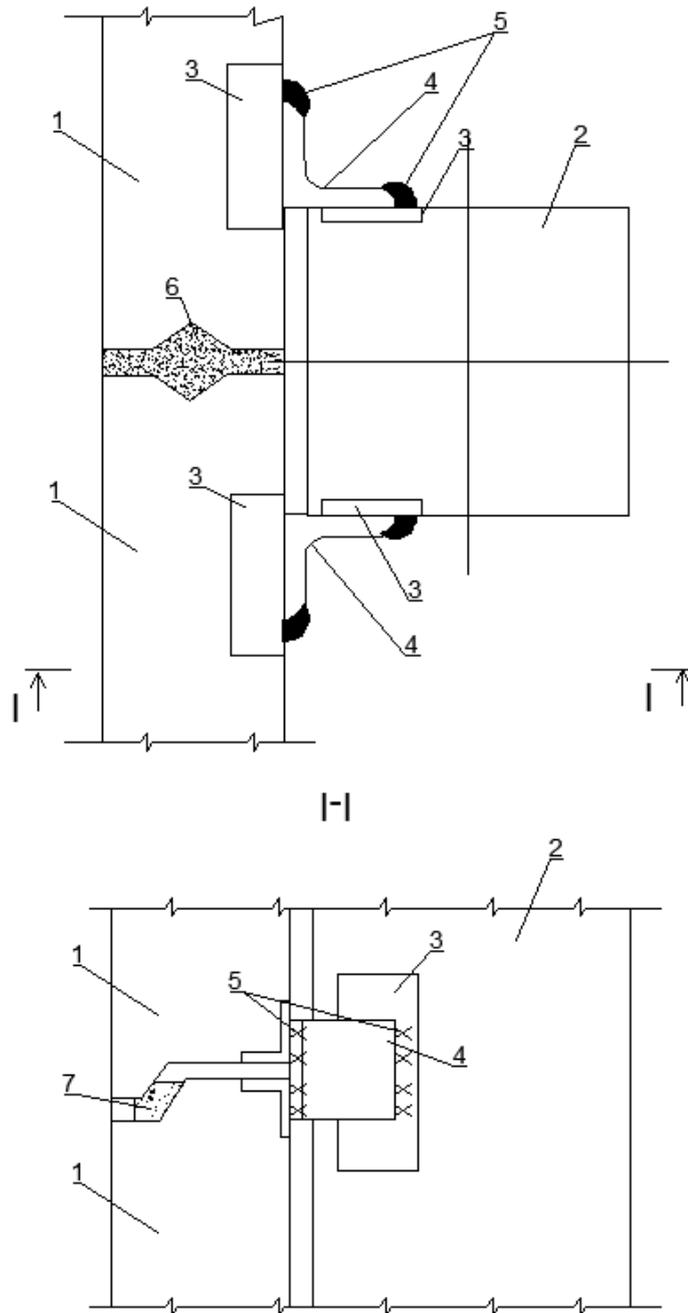


Рисунок 36 – Узел крепления наружных стеновых панелей и колонн:  
 1 – железобетонные панели; 2 – железобетонная колонна; 3 – закладные детали панелей и колонны; 4 – соединительные элементы; 5 – сварка; 6 – зачеканка цементным раствором; 7 – уплотняющий жгут

Кладка наружных и внутренних стен из бетонных блоков должна производиться с перевязкой вертикальных швов. В отдельных случаях, когда необходимо повысить несущую способность наружных стен на воздействие горизонтальной нагрузки, в них устраиваются сквозные вертикальные штрабы, заполняемые бетоном и армируемые каркасами (рисунок 37).

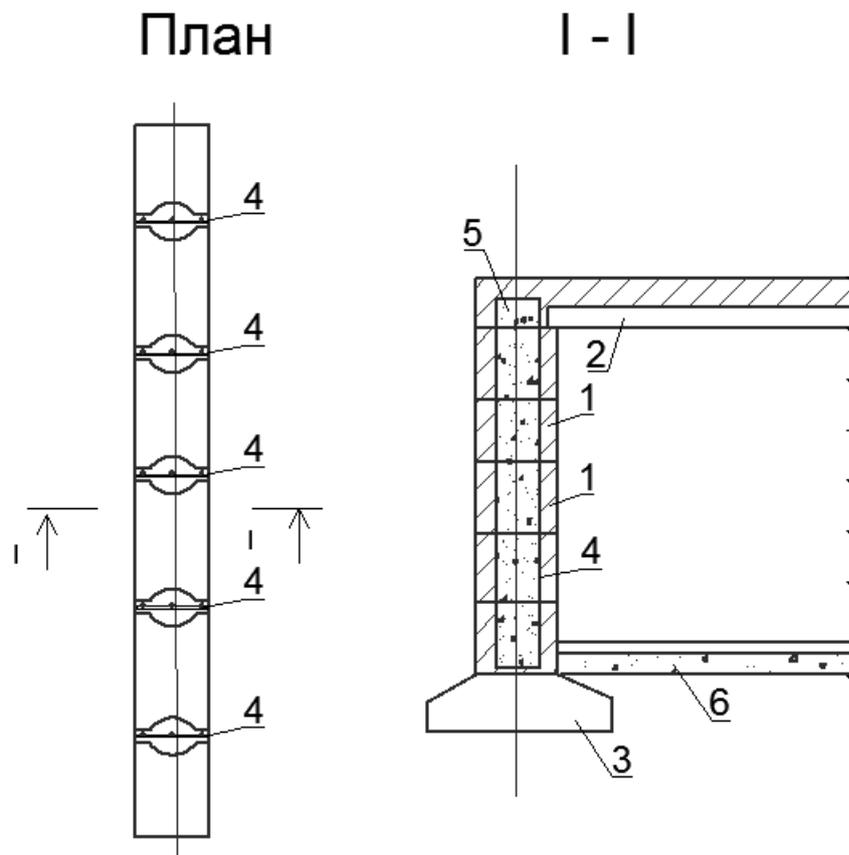


Рисунок 37 – Конструктивное решение наружных стен, выполненных из бетонных блоков:

*1* – бетонные блоки; *2* – сборные плиты перекрытия; *3* – ленточный фундамент; *4* – арматурные каркасы; *5* – монолитный бетон; *6* – бетонная подготовка пола. Гидроизоляция условно не показана

В местах сопряжения наружных стен убежищ с конструкциями входов и аварийных выходов при отсутствии грунтовых вод устраиваются осадочные швы. При расположении уровня грунтовых вод выше уровня пола убежища конструкции наружных стен и входов жестко соединяются между собой, т. е. проектируются неразрезными. Отметку пола аварийного выхода в этом случае рекомендуется располагать выше уровня грунтовых вод.

Конструктивные решения по усилению сопряжений стен убежищ, выполненных из каменных материалов, приведены на рисунках 38–41.

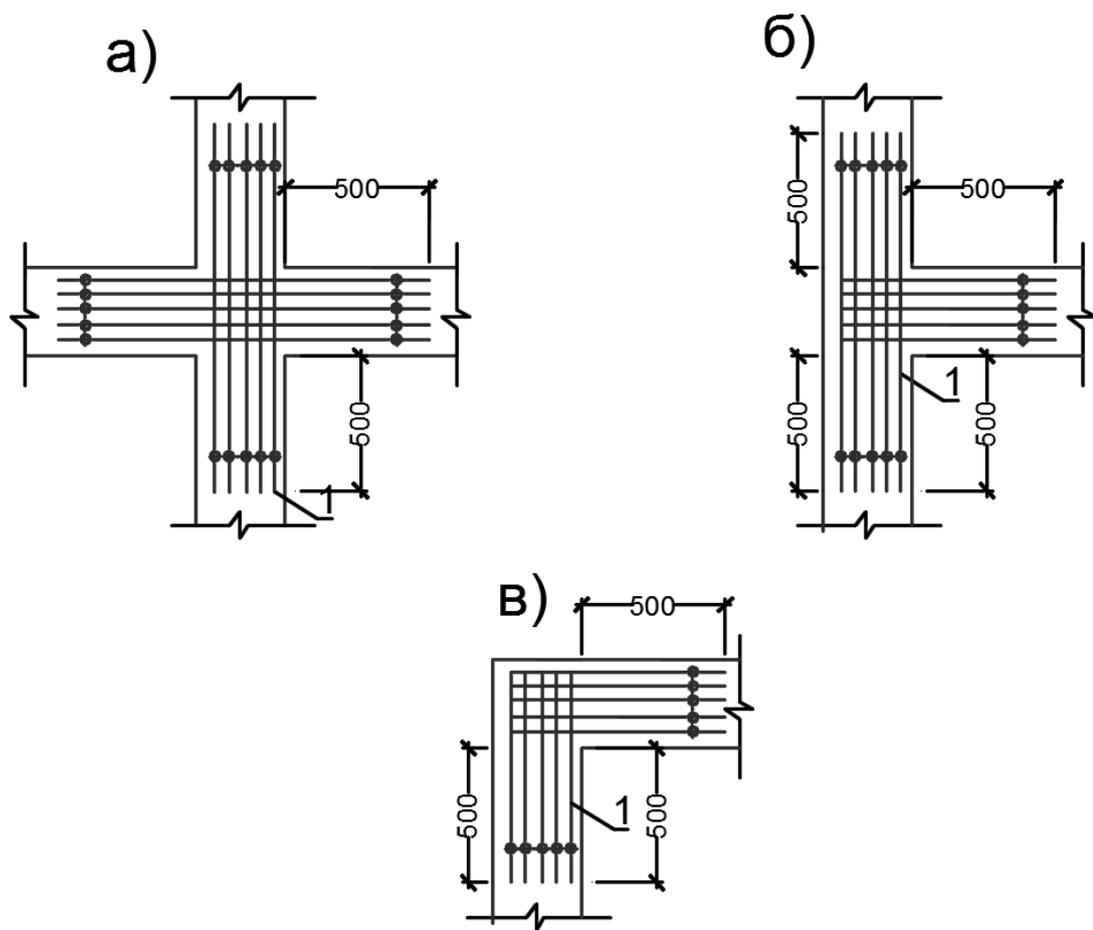


Рисунок 38 – Конструктивное усиление каменных стен арматурными сетками диаметром 6–8 мм:  
*a* – в пересечениях; *б* – в примыканиях; *в* – в углах

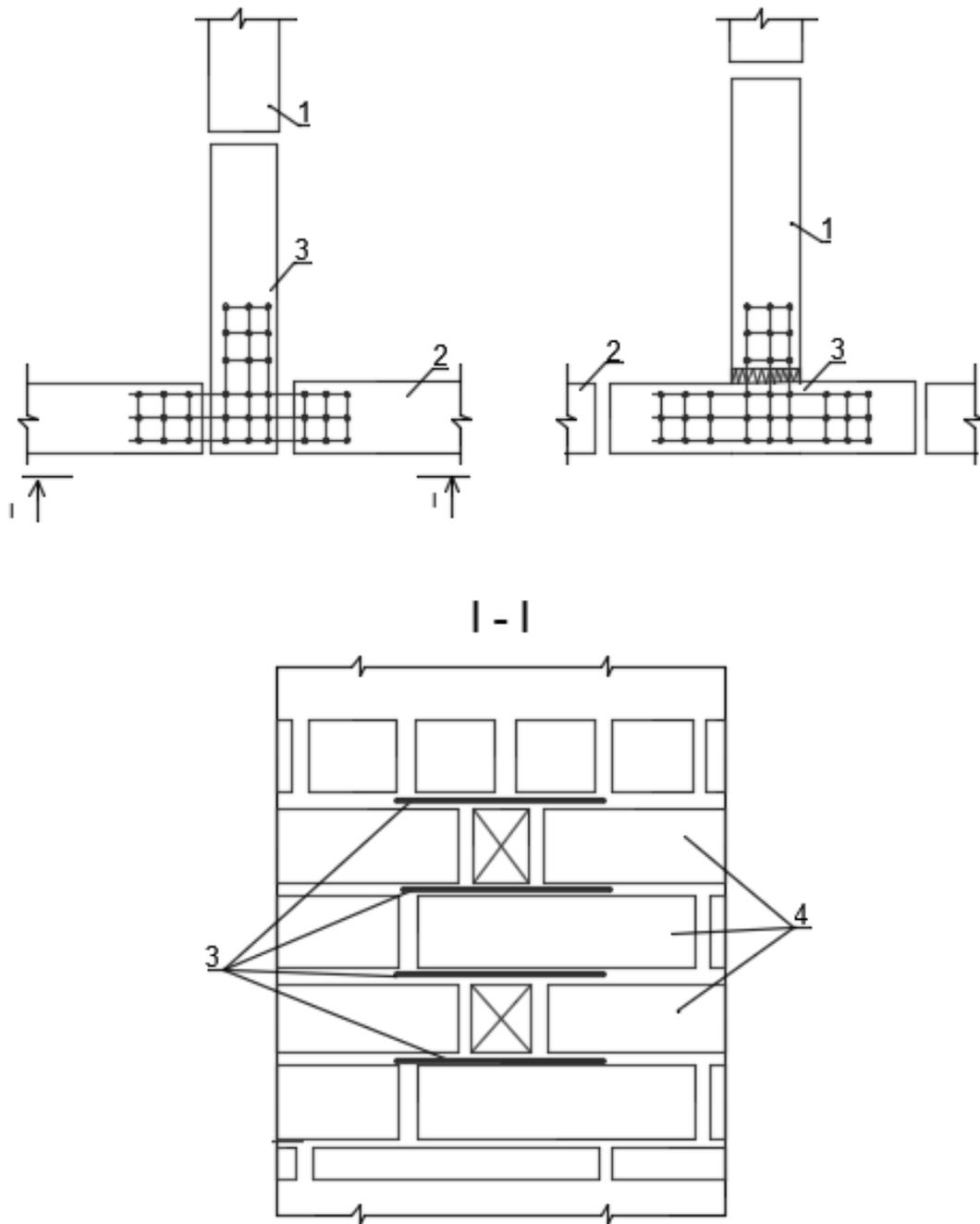


Рисунок 39 – Усиление сопряжений стен, выполненных из сборных бетонных блоков:

1 – внутренняя стена из сборных бетонных блоков; 2 – наружная стена из сборных бетонных блоков; 3 – арматурная сетка; 4 – бетонные блоки наружной стены

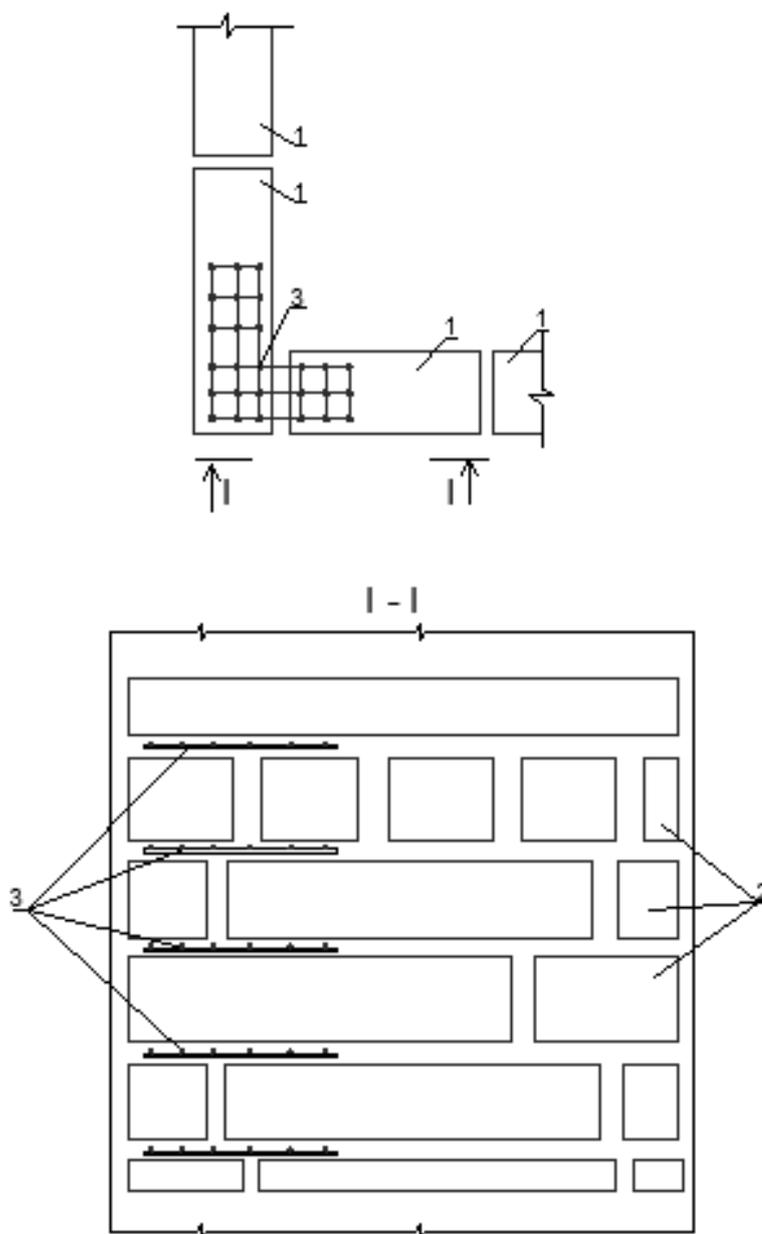


Рисунок 40 – Усиление сопряжения стен, выполненных из сборных бетонных блоков в углах:

1 – наружная стенка из сборных бетонных блоков; 2 – бетонные блоки стен;  
3 – арматурные сетки

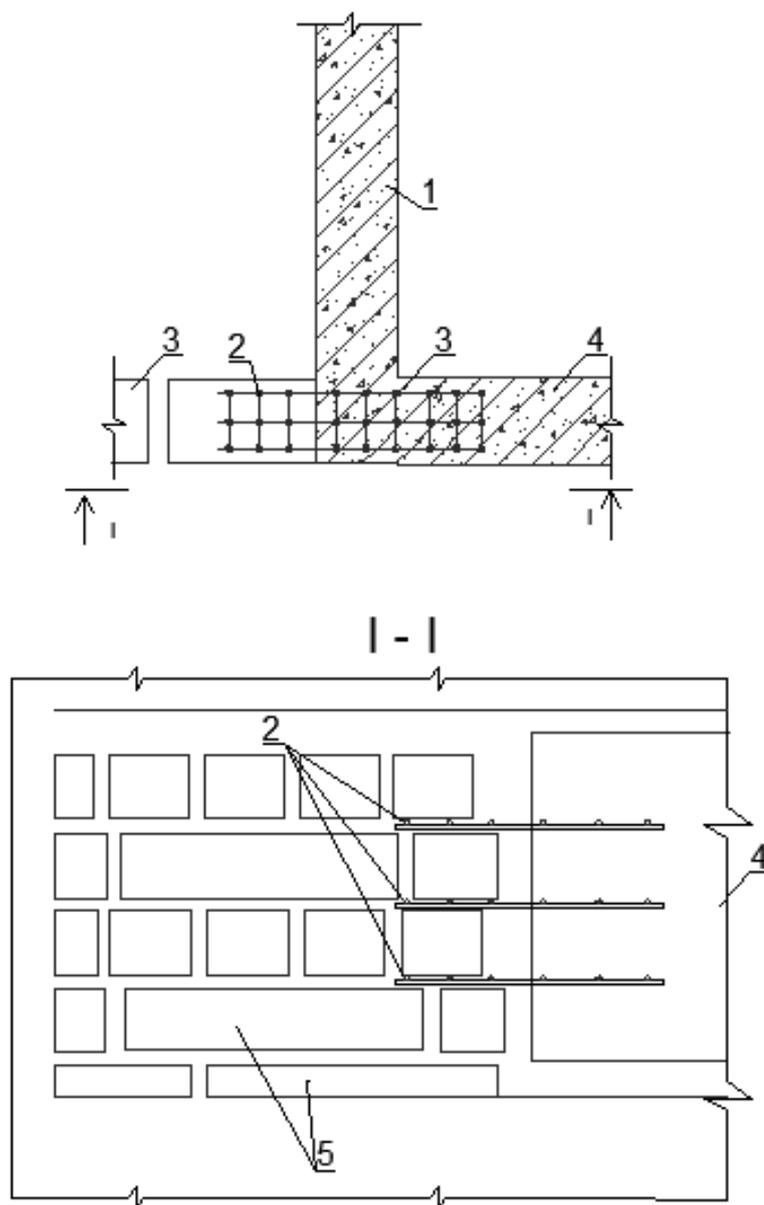


Рисунок 41 – Сопряжение стен, выполненных из сборных элементов и монолитного железобетона:

*1* – внутренняя монолитная стена; *2* – арматурные сетки; *3* – наружная стена из сборных бетонных блоков; *4* – наружная монолитная стена; *5* – бетонные блоки стен

При проектировании стен из сборных железобетонных конструкций в водонасыщенном грунте особое внимание следует обращать на тщательность заполнения стыков между панелями и пустот в местах сопряжения стен с фундаментами водонепроницаемым бетоном на безусадочном или расширяющемся цементе. Невыполнение этого требования приведет к образованию усадочных трещин и, при

неисправных гидроизоляции и дренажа, к затоплению убежища грунтовыми водами.

5.5.10 С целью уменьшения поперечного сечения, проектируемых в соответствии с п. 5.5.11 колонн, при значительных нагрузках рекомендуется применять косвенное армирование колонн горизонтальными сетками. Отметку верха фундаментов под стены следует принимать на уровне низа бетонной подготовки пола. Варианты конструктивных решений фундаментной плиты приведены на рисунке 42.

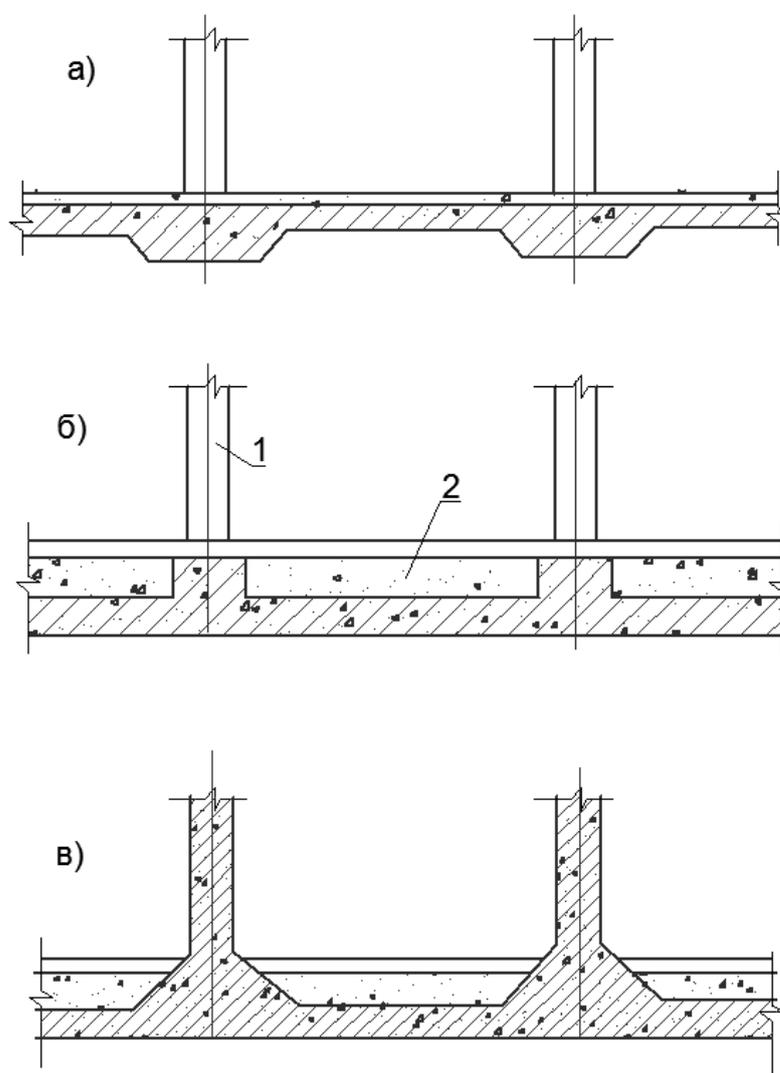


Рисунок 42 – Конструктивные решения сплошной фундаментной плиты:  
*а* – с балками понижу в направлении меньшего шага колонн; *б* – с балками поверху в двух взаимно перпендикулярных направлениях; *в* – с капителями под колоннами, *1* – колонна; *2* – засыпка

Сопряжение колонн со столбчатыми фундаментами и сплошной фундаментной плитой следует делать жестким. Сопряжение сборных железобетонных колонн и ригелей между собой рекомендуется делать шарнирным, на сварке, через специально предусмотренные закладные детали (рисунок 43).

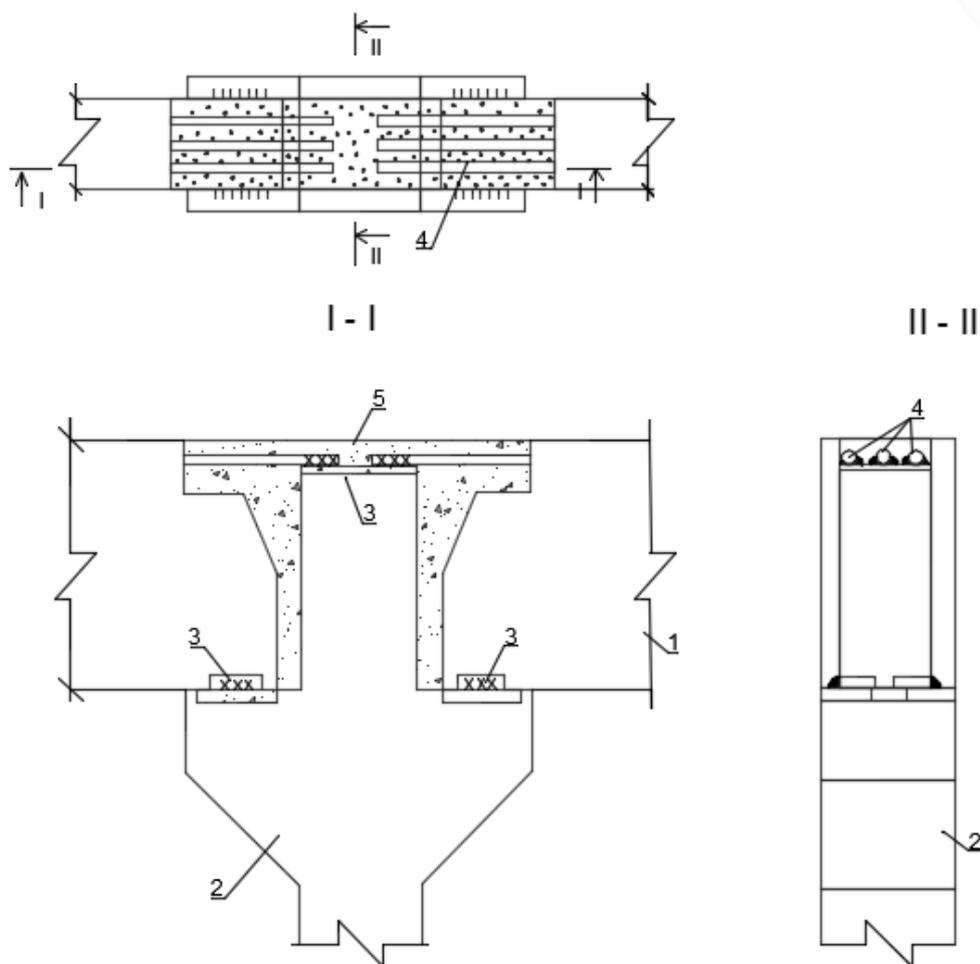


Рисунок 43 – Узел шарнирного закрепления ригеля на колонне:  
 1 – железобетонный ригель; 2 – железобетонная колонна; 3 – закладные детали в колонне и ригеле; 4 – выпуски арматуры из ригеля; 5 – монолитный бетон

5.5.11 Перегородки убежищ проектируют в соответствии с п. 5.5.14 свода правил.

Для устройства перегородок целесообразно применять достаточно прочные материалы, обладающие небольшим объемным весом. Толщина перегородок должна определяться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ее прочности, с учетом получаемых горизонтальных ускорений, звукоизолирующей способности и герметичности (в необходимых случаях). Конструкция крепления пе-

перегородок к стенам, колоннам, перекрытию и полу принимается в соответствии с расчетом на инерционные силы. Расчет эквивалентных статических нагрузок от действия инерционных сил дан в Приложении А. Принципиальные решения узлов сопряжений перегородок с окружающими конструкциями показаны на рисунке 44.

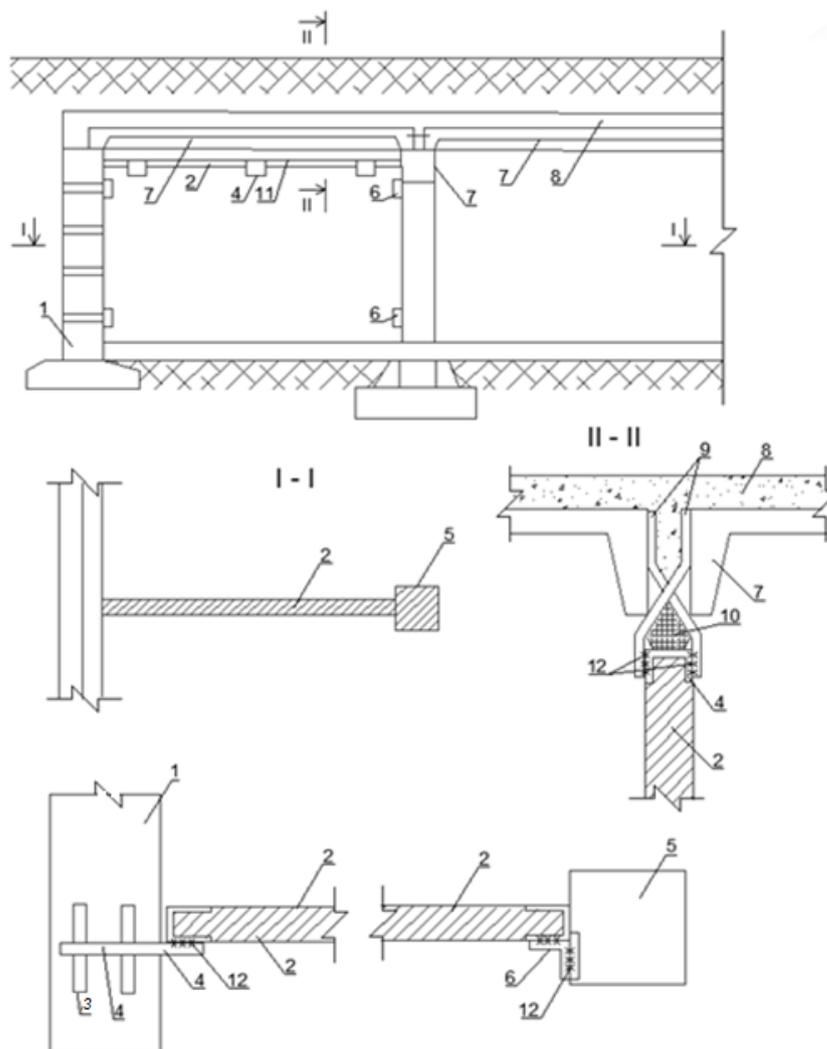


Рисунок 44 – Конструктивное решение крепления сборной железобетонной перегородки:

1 – стена из сборных бетонных блоков; 2 – железобетонная перегородка; 3 – анкеры из круглого железа, закладываемые в швы наружной стены; 4 – закладные части перегородок; 5 – колонна; 6 – накладки из уголков; 7 – сборные элементы перекрытия; 8 – монолитный бетон; 9 – анкеры из расчета  $1 \text{ см}^2$  сечения анкера на 1 м длины стены; 10 – зазор между стеной и плитой перекрытия, равный  $1/50$  высоты стены и заполняемый податливым материалом (войлок, ветошь и т.п.); 11 – конструкция из дерева или сухой штукатурки, закрывающая зазор между перекрытием и перегородкой; 12 – сварные швы

5.5.12 Пункт 5.5.16 свода правил предусматривает необходимость защиты входных проемов с помощью защитно-герметических и герметических ворот, дверей и ставней.

При строительстве убежищ, а также при использовании их помещений для хозяйственных целей не исключается возможность устройства в стенах убежища монтажных проемов. Защиту монтажных проемов значительных размеров рекомендуется осуществлять при помощи затворов, передвигаемых по специальным направляющим, параллельно плоскости стены, в которой расположен проем. Заделку проемов можно производить также специально подготовленными сборными элементами с обеспечением необходимой герметизации по контуру проема и между элементами и соответствующим закреплением конструкций (рисунок 45). Защитные конструкции устанавливаются с наружной и внутренней сторон стены (перекрытия). Допускается установка защитных конструкций с одной стороны, если поверх их устраивается грунтовая (песчаная) обсыпка толщиной не менее 0,5 м.

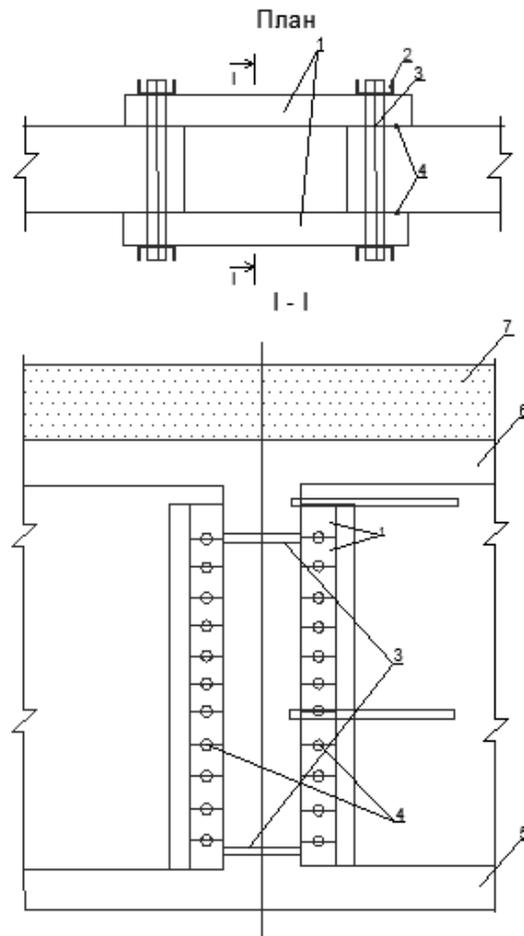


Рисунок 45 – Заделка проема сборными железобетонными элементами  
 1 – сборные железобетонные балочные элементы; 2 – швеллеры для крепления балок; 3 – анкеры (шпильки); 4 – герметизирующие прокладки (жгуты);  
 5 – фундаментная плита; 6 – плита перекрытия; 7 – обваловка

Защита мест прохода через ограждающие конструкции непрерывно действующих в мирное время недемонтируемых технологических устройств (грузовых лифтов, транспортеров, шнеков и т. п.) может быть выполнена путем ограждения их стенами, рассчитанными на действующие нагрузки, и установкой в проемах защитно-герметических устройств. Причем эти конструкции могут быть расположены как выше перекрытия защитного сооружения, так и ниже его. На рисунке 46 показано возможное конструктивное решение по защите прохода через перекрытие ленточного транспортера.

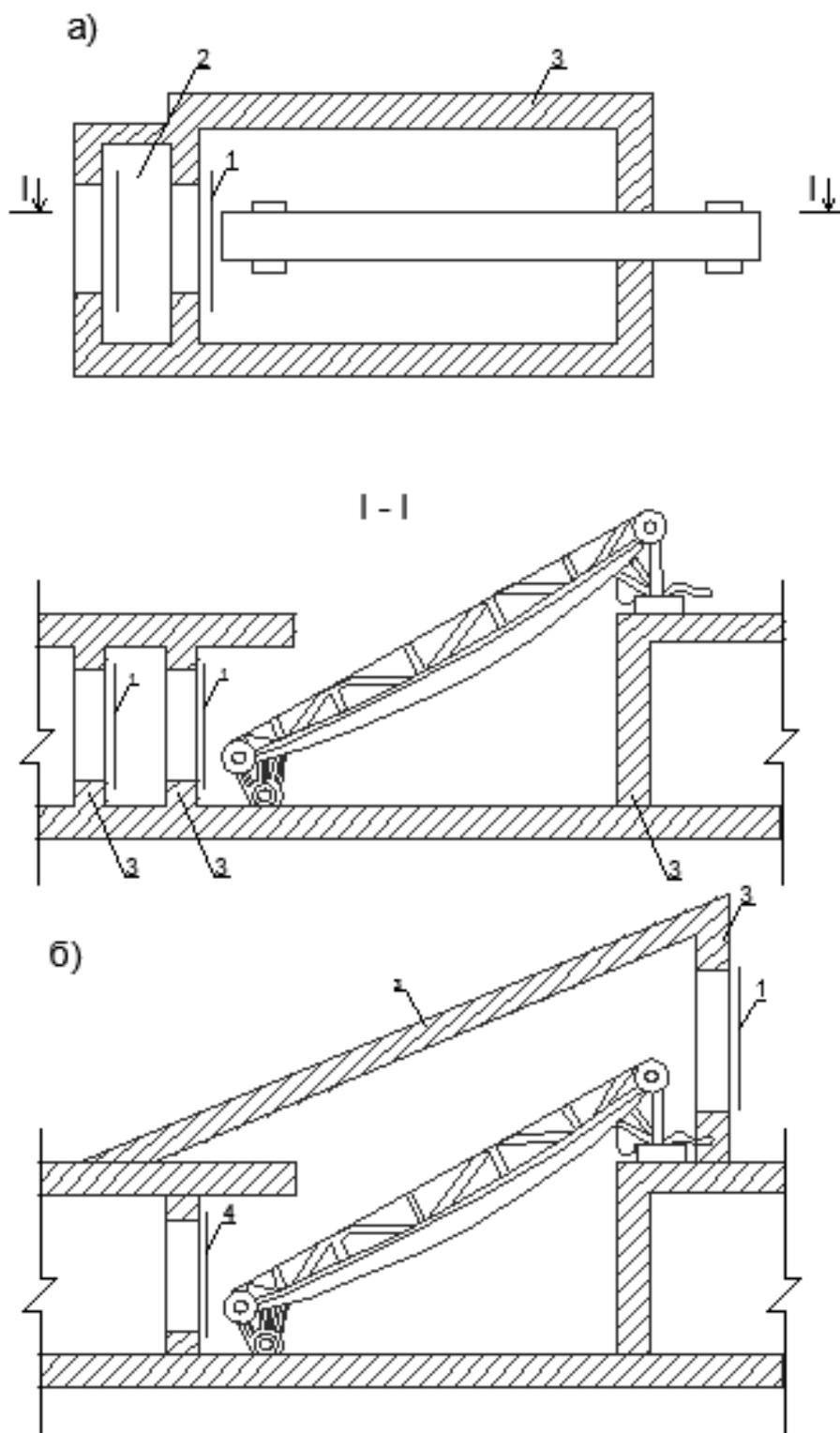


Рисунок 46 – Защита технологических отверстий в убежищах:  
 а – защитные конструкции расположены ниже перекрытия; б – то же, выше пере-  
 крытия, 1 – защитно-герметическая дверь, ворота или ставень; 2 – тамбур;  
 3 – специально возводимые ограждающие конструкции, рассчитанные на дей-  
 ствующие нагрузки  $P$ ; 4 – герметические устройства

Для закрепления и передачи нагрузки с защитно-герметических и герметических дверей на опорные конструкции входов, а также обеспечения надежной герметизации по контуру проема устраивается обрамление из уголков (комингс). Крепление комингса осуществляется при помощи анкеров (рисунок 47).

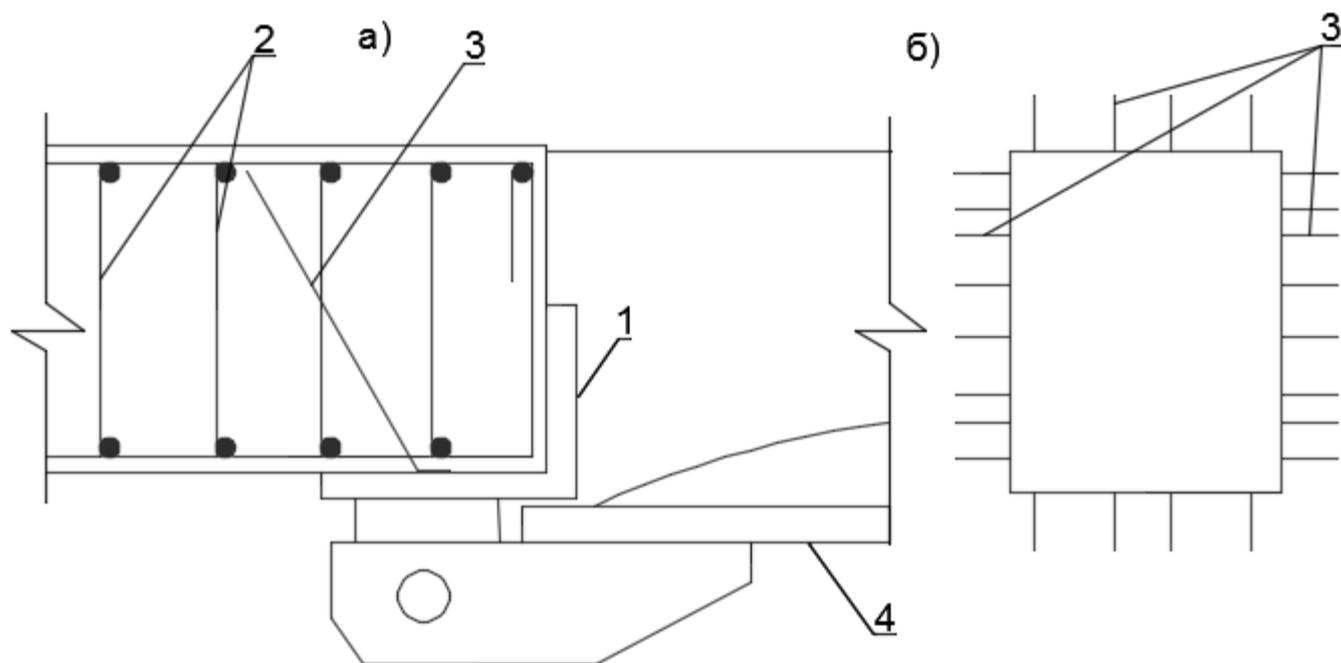


Рисунок 47 – Крепление комингса в дверном проеме:  
*а* – анкеровка комингса; *б* – схема расположения анкеров по периметру дверного проема: *1* – комингс; *2* – рабочая арматура по расчету участка стены; *3* – анкеры; *4* – защитно-герметическая дверь

При проектировании входов особое внимание следует обратить на конструирование сопряжения защитно-герметических дверей с ограждающими конструкциями убежища. Если стены защитного сооружения будут возводиться из каменных материалов или из сборного железобетона, целесообразно проектировать специальные железобетонные блоки с дверным проемом. На рисунке 48, *а* изображен общий вид железобетонного блока с дверным проемом. Опираются железобетонные блоки с дверным проемом в вертикальной плоскости могут как по всему контуру, так и по двум сторонам. Необходимо предусматривать крепление таких блоков к стенам тамбура или шлюзовых камер с тем, чтобы исключить возможность его отрыва при воздействии давления разрежения. Это крепление может осуществляться с помощью анкеров, заделываемых в стены тамбура или шлюзо-

вой камеры и привариваемых к закладным частям железобетонного блока. Число анкеров определяется по нагрузке, создаваемой на блок давлением разреза в ударной волне. Для приближенного расчета железобетонного блока с дверным проемом, в случае его опирания по двум вертикальным сторонам предлагается условно делить этот блок на четыре части так, как это показано на рисунке 48, б. При этом принимается, что элементы 1 и 2 работают как балки на двух шарнирных опорах, а элементы 3 и 4 – как плиты, опертые по трем сторонам, одна из которых с шарнирной опорой (вертикальная сторона), а две другие защемлены. Действующая на блок динамическая равномерно распределенная нагрузка принимается равной нагрузке на стены соответствующего типа входа. При этом считается, что нагрузка дверного полотна передается поровну на элементы 3 и 4, а нагрузка на элементы 1 и 2 с элементов 3 и 4 распределяется по треугольному закону (рисунок 48, в).

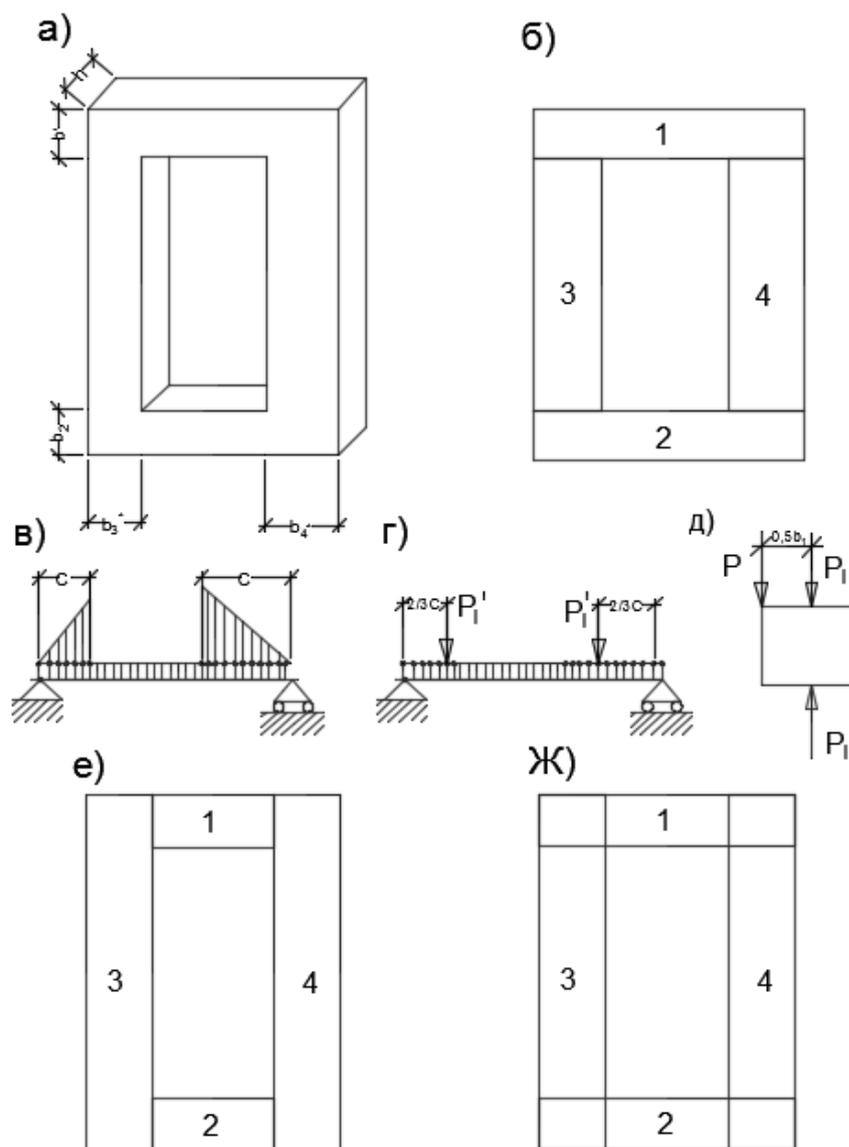


Рисунок 48 – Расчетные схемы железобетонного блока с дверным проемом:  
*а* – общий вид; *б* – деление блока на расчетные элементы при его опирании по двум вертикальным сторонам; *в* – эпюра нагрузок; *г* – схема приложения статической силы  $P$ , эквивалентной нагрузке, распределенной по треугольному закону с основанием « $c$ »; *д* – схема приложения пары сил, действующей в плоскости, перпендикулярной оси элемента 1 или 2; *е* – деление блока на расчетные элементы при его опирании по всему контуру, 1 – верхний ригель блока высотой  $b$  и толщиной  $h$ ; 2 – нижний ригель блока высотой  $b$  и толщиной  $h$ ; 3 – левая стойка блока шириной  $b$  и толщиной  $h$ ; 4 – правая стойка блока шириной  $b$  и толщиной  $h$

Распределенная по треугольному закону нагрузка, передаваемая с элементов 3 и 4 на элементы 1 и 2, приводится к эквивалентной статической силе  $P'$  (рисунок 48, *г*). Эту силу в свою очередь можно заменить на равную ей по величине, действующую в плоскости продольной оси элемента 1 и 2, и на пару сил, распо-

ложенную в плоскости, перпендикулярной к оси этого элемента (рисунок 48, *д*). Действующая в плоскости продольной оси элемента 1 или 2 сила будет вызывать прямой изгиб, а пара сил – кручение. Таким образом, элементы 1 и 2 будут испытывать сложное напряжение – изгиб с кручением. Расчетные величины изгибающего момента  $M_{\text{макс}}$ , поперечной силы  $Q_{\text{макс}}$  и крутящего момента  $M_{\text{кр}}$  в элементах 1 и 2 в случае равенства размеров элементов 3 и 4 могут быть определены по формулам:

$$M_{\text{макс}} = 0,25q_{\text{ЭКВ}}[0,67HC(B + 2C) + 0,5b(B + 2C)^2]; \quad (5)$$

$$Q_{\text{макс}} = 0,5q_{\text{ЭКВ}}(B + 2C)(0,5H + b); \quad (6)$$

$$M_{\text{кр}} = 0,125q_{\text{ЭКВ}}bH(B + 2C), \quad (7)$$

где  $q_{\text{ЭКВ}}$  – эквивалентная статическая нагрузка;

$H$  и  $B$  – высота и ширина дверного проема;

$$C = b^* - 0,5d, \quad (8)$$

где  $b$  – ширина горизонтального элемента 1 или 2;

$b^*$  – ширина элементов 3 и 4;

$d$  – ширина площади опирания элементов 3 и 4.

Если опирание железобетонного блока осуществляется сверху и внизу или по всему контуру, характер работы элементов становится другим. На рисунке 48, *е* показано рекомендуемое деление блока для приближенного расчета, когда опирание происходит сверху и внизу. В этом случае элементы 3 и 4 можно рассматривать как балки, лежащие на двух шарнирных опорах, а элементы 1 и 2 – как плиты, опертые по трем сторонам, одна из которых имеет шарнирную опору, а две другие защемлены. Деление блока для расчета в случае опирания по всему контуру показано на рисунке 48, *ж*. Полученные таким делением элементы блока целесообразно рассматривать как плиты, опертые по трем сторонам.

5.5.13 Вводы коммуникаций, обеспечивающих внешние связи помещения, приспособляемого под убежище, с другими, а также функционирование систем внутреннего оборудования после воздействия расчетной нагрузки, проектируют в соответствии с п. 5.5.17.

Принципиальные решения мест прохода коммуникаций через ограждающие конструкции убежищ приведены на рисунке 49. Расстояние между температурно-усадочными швами для убежищ, выполненных из железобетона и бетона, устанавливаются в соответствии с расчетом. При этом допускается таковой не производить в случае, если «расстояние между температурно-усадочными швами не превышает значений, приведенных в таблице 3» [3]. Расстояние между температурно-усадочными швами для убежищ, выполненных из каменных материалов устанавливается в соответствии с п. 9.80 СП 15.13330. Не следует заглублять сооружение, требующее устройства температурно-усадочного шва, ниже отметки грунтовых вод. Конструктивное решение температурно-усадочного шва в ограждающих конструкциях показано на рисунке 50.

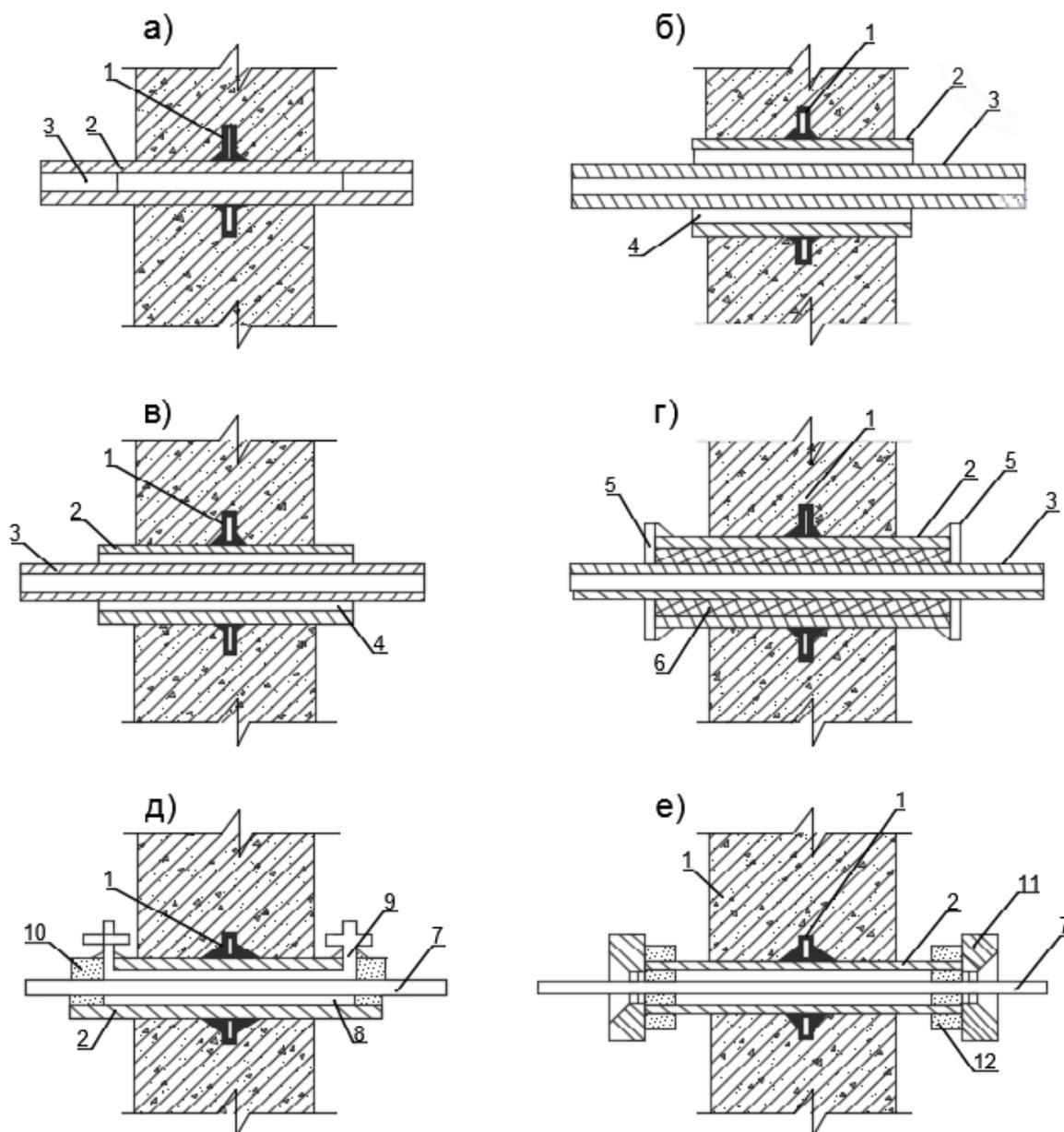


Рисунок 49 – Закладные части герметизирующих устройств на вводах трубопроводов и кабелей:

*a* – для воздухопроводов и холодных труб с приваркой в стык (на внутренних линиях герметизации); *б, в* – для холодных труб с пропуском внутри закладной гильзы; *г* – универсальный ввод для всех трубопроводов; *д, е* – то же, для кабелей и электропроводов, *1* – кольцевое стальное ребро; *2* – закладная гильза; *3* – трубопровод; *4* – зачеканка цементным раствором; *5* – стальной приварной фланец; *6* – набивка асбестом; *7* – кабель или электрические провода; *8* – кабельная мастика; *9* – патрубок для заливки кабельной мастики; *10* – уплотнение просмоленным канатом; *11* – гайка сальника СКТ; *12* – упругая прокладка

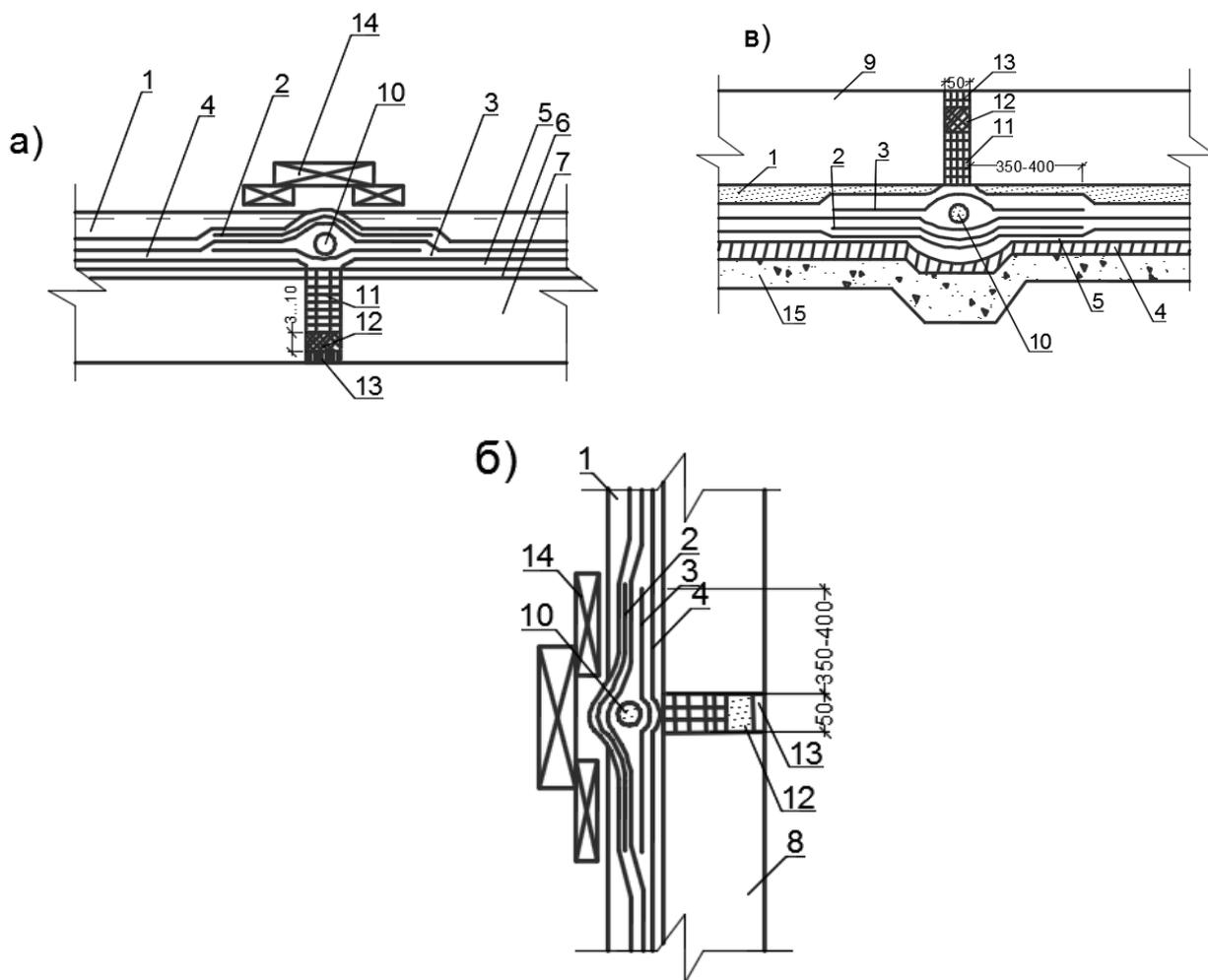


Рисунок 50 – Конструктивное решение деформационного шва в конструкциях убежищ, выполненных в монолитном железобетоне:  
*а* – в перекрытии; *б* – в стенах; *в* – в фундаментной плите при отсутствии гидростатического напора, *1* – защитный слой из цементно-песчаного раствора; *2* – стеклоткань между двумя слоями оклеечной гидроизоляции; *3* – дополнительный слой гидроизоляции; *4* – холодная битумная грунтовка; *5* – выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора; *6* – сливная призма с проектным уклоном; *7* – плита перекрытия; *8* – стена; *9* – фундаментная плита; *10* – жгут диаметром 5 см, пропитанный битумом; *11* – заливка мастикой изол или горячим битумом; *12* – конопатка просмоленная жгутом; *13* – цементно-песчаный раствор; *14* – глиняный кирпич; *15* – бетонная подготовка

Вводы коммуникаций в сооружения должны конструироваться с учетом перемещения сооружения относительно грунта, а переходы коммуникаций из одного блока сооружения в другой – с учетом разности перемещений этих блоков относительно грунта.

## 5.6 Гидроизоляция и герметизация

5.6.1 В убежищах гражданской обороны гидроизоляция должна обеспечивать:

- защиту конструкций сооружения от агрессивного действия грунтовых вод;
- нормальную эксплуатацию сооружения;
- незатопляемость сооружения после воздействия расчетной нагрузки.

Все эти требования могут быть выполнены при правильном решении вопросов, касающихся выполнения мероприятий, предупреждающих возможность обводнения грунта и поступления воды к убежищам, выбора гидроизоляционных материалов и конструктивных решений гидроизоляции.

К числу мероприятий, предупреждающих возможность обводнения, относятся: уплотнение грунтов при засыпке котлованов, устройство отмосток у зданий и вертикальная планировка территории вокруг убежища с устройством сети водосточков.

Грунты в пазухах котлованов должны засыпаться и уплотняться послойно. Послойное уплотнение повышает устойчивость грунта, уменьшает осадку и увеличивает водонепроницаемость обратной засыпки.

У наружных стен здания (сооружения), в которое встроено убежище, необходимо предусматривать устройство водонепроницаемой отмостки шириной не менее 1,2 м.

Поверхностные воды при плохой организации водоотвода служат источником для образования подземных вод. Вертикальная планировка вокруг убежища должна обеспечивать надежный сток поверхностных вод.

Выбор материалов и конструктивное решение гидроизоляции должны производиться исходя из необходимости сохранения сплошного покрытия и его водонепроницаемости после воздействия расчетных нагрузок.

Этим требованиям лучше всего удовлетворяют поливинилхлоридный пластикат М57-40 толщиной 2 мм; листовой полиэтилен высокого давления ВД тол-

щиной 1,5–2 мм, рулонный изол; бризол; асфальто-битумная, битумно-нанритовая, цементно-латексная и эпоксидно-дегтевая композиции и др.

Наиболее надежным типом гидроизоляции является штукатурная асфальтовая гидроизоляция из холодных и горячих мастик. Она представляет собой сплошное водонепроницаемое покрытие, создаваемое нанесением нескольких слоев холодных или горячих асфальтовых мастик на изолируемую поверхность. В зависимости от действующего гидростатического напора толщина слоя штукатурки принимается: для холодных мастик – 10–20 мм; для горячих растворов или мастик – 8–18 мм.

Кроме штукатурной асфальтовой гидроизоляции может также применяться литая асфальтовая гидроизоляция, которая наносится на вертикальные изолирующие поверхности путем залива асфальтового раствора или мастики в щели между изолируемой поверхностью и опалубкой. Ширина щели в зависимости от высоты одновременной заливки, типа ограждения (опалубки) и температуры воздуха принимается равной 30–50 мм. Гидроизоляция из рулонного изола и бризола применяется для защиты сооружений от напорных и безнапорных грунтовых, а также атмосферных вод и устраивается путем наклеивания этих материалов на изолируемую поверхность с применением мастики БКС.

В связи с недостаточной монтажной прочностью при соприкосновении с горячей мастикой бризол следует применять для гидроизоляции горизонтальных конструкций или вводить в мастику растворители для понижения ее рабочей температуры. Количество слоев материала принимается по расчету, но не менее трех. При наличии гидростатического напора необходимо не менее четырех слоев изола или бризола. Наклеивание этих материалов производится внахлестку с перекрыванием полотнищ на 100 мм в продольных стыках и на 150 мм в поперечных. Швы полотен должны располагаться вразбежку по длине и ширине кусков материала. Для предотвращения повреждений гидроизоляции при производстве работ на горизонтальных поверхностях должна устраиваться цементно-песчаная защитная стяжка толщиной 30–50 мм, а на вертикальных – цементная штукатурка по

металлической сетке толщиной 30–50 мм или защитно-прижимная стенка из кирпича, бетонных блоков или плит с заполнением зазоров между ней и гидроизоляционным покрытием песчано-цементным раствором состава 1:3.

При высоте стенки более 2 м ее устойчивость должна усиливаться путем устройства пилястр, контрфорсов и др.

Гидроизоляционное покрытие из поливинилхлоридного пластиката и листового полиэтилена применяют от напорных и безнапорных грунтовых вод и атмосферных осадков, проникающих в грунт. Его наклеивают на изолируемую поверхность с применением битумно-каучуко-соляной мастики (БКС), состав которой по массе следующий: битум БН-90-130; латекс СКС – 30 (в пересчете на сухое вещество) – 4; соляровое масло – 16.

Отдельные листы соединяют сваркой внахлестку с перекрытием кромок на 80-100 мм при наклейке и на 30–40 мм без наклейки. Гидроизоляция без наклейки на основание допускается при отсутствии постоянного гидростатического напора при толщине листа 1,5–2 мм. В целях защиты гидроизоляции от механических повреждений при производстве работ на горизонтальных поверхностях следует устраивать цементно-песчаную защитную стяжку толщиной 30–40 мм по металлической сетке. Причем по гидроизоляционному ковру фундаментной плиты предварительно укладывается один слой пергамина, рубероида или картона.

На вертикальных поверхностях гидроизоляция из поливинилхлоридного пластиката и листового полиэтилена может выполняться без устройства защитных конструкций (стяжек, стенок). Обсыпка сооружения с гидроизоляцией из указанных материалов производится однородным крупно- или среднезернистым песком. Битумно-наиритовая, цементно-латексная и эпоксидно-дегтевая гидроизоляция применяется для защиты сооружений от безнапорных грунтовых вод, а также от атмосферных вод и наносится механизированным или ручным путем. Битумно-наиритовая гидроизоляция наносится в 5–7 слоев общей толщиной 3–4 мм, цементно-латексная – не менее пяти слоев толщиной 2 мм, эпоксидно-дегтевая

– не менее 3 слоев толщиной 2–3 мм. С целью предотвращения повреждений при производстве работ на горизонтальных поверхностях устраивается цементно-песчаная стяжка толщиной 30–40 мм. Надежность гидроизоляции зависит от качества ее устройства, поэтому проектные организации, проектирующие убежища, должны организовать авторский надзор за их возведением, при этом особое внимание обращается на качество работ по устройству гидроизоляции ограждающих конструкций и вводов коммуникации в убежище, защитного ограждения и по засыпке котлована. Все скрытые работы должны быть оформлены актом.

## 6 Нагрузки и воздействия

### 6.1 Нагрузки и их сочетания

6.1.1 В соответствии с п.7.1.1 свода правил ограждающие и несущие конструкции убежищ необходимо рассчитывать на особые сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок: динамической от избыточного давления воздушной ударной волны, сейсмической или от обрушения конструкций вышележащих этажей.

Несущие и ограждающие конструкции убежищ необходимо рассчитывать на следующие сочетания нагрузок:

- основное сочетание нагрузок. Расчет производится по СП 20.13330 на эксплуатационные нагрузки по 1 и 2 группе предельных состояний. По 2 группе предельных состояний обязательно выполняется проверка сохранности герметичности защитного сооружения при осадке и деформации всего сооружения или его отдельных частей при действии эксплуатационных нагрузок;

- особое сочетание нагрузок, включающее помимо постоянных и временных нагрузок (учет длительных и кратковременных в соответствии с СП 20.13330) одну из особых нагрузок – динамическую от избыточного давления воздушной ударной волны, сейсмическую и нагрузку от обрушения конструкций вышележащих этажей. Убежища, размещаемые на территории нефтегазоперерабатывающих и химических производств, рассчитываются на особое сочетание нагрузок, включающих эквивалентную статическую нагрузку от ударной волны возможного взрыва газозвушных смесей, образующихся при разрушении емкостей с взрывоопасными продуктами;

- основное сочетание нагрузок с воздействием обычных средств поражения. Несущие и ограждающие конструкции убежищ необходимо рассчитывать на воздействия обычных средств поражения при напряженно-деформированном состоянии конструкции соответствующему действию эксплуатационных нагрузок. При данном расчете для встроенных убежищ необходимо учитывать возможность обрушения вышерасположенных этажей.

Определение усилий в элементах от действия инерционных сил представлено в Приложении А.

6.1.2 Постоянные и временные (длительные, кратковременные и особые) нагрузки должны определяться в соответствии с СП 20.13330.

К постоянным нагрузкам следует относить:

- вес частей сооружения, в том числе вес несущих и ограждающих конструкций;

- вес и давление грунтов (насыпей, насыпок), горное давление;

- гидростатическое давление.

К длительным нагрузкам следует относить:

- вес временных перегородок, подливок и подбетонок под оборудование;

- вес стационарного оборудования, а также вес жидкостей и твердых тел, заполняющих оборудование;

- давление газов, жидкостей и сыпучих тел в емкостях и трубопроводах, избыточное давление и разрежение воздуха, возникающее при вентиляции шахт;

- нагрузки от складироваемых материалов и стеллажного оборудования;

- температурные технологические воздействия от стационарного оборудования;

- вес слоя воды на плоских водонаполненных покрытиях;

- вес отложений производственной пыли, если не предусмотрены соответствующие мероприятия по ее удалению;

- пониженные значения нагрузок от людей, животных, оборудования, мостовых и подвесных кранов, снеговые и температурные воздействия;

- воздействия, обусловленные деформациями основания, не сопровождающимися коренным изменением структуры грунта, а также оттаиванием вечномерзлых грунтов;

- воздействия, обусловленные изменением влажности, усадкой и ползучестью материалов.

К кратковременным нагрузкам следует относить:

- нагрузки от оборудования, возникающие в пускоостановочном, переходном и испытательном режимах, а также при его перестановке или замене;
- вес людей, ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования;
- нагрузка от людей, животных и оборудования с полным нормативным значением по СП 20.13330;
- нагрузки от подвижного подъемно-транспортного оборудования включая вес транспортируемых грузов;
- нагрузки от транспортных средств;
- климатические (снеговые, ветровые, температурные и гололедные) нагрузки.

## 6.2 Динамические нагрузки от воздействия ударной волны

6.2.1 Динамическую нагрузку на элементы конструкций определяют условиями воздействия ударной волны на убежища в зависимости от заглубления их в грунт и гидрогеологических условий в соответствии с п. 7.2.1, рисунок 7.1 свода правил.

Динамические нагрузки на конструкции убежищ от ударной волны возникают при расчетном взрыве ядерного боеприпаса и взрыве обычных взрывчатых веществ, например тротила и смесей углеводородных газов с воздухом. На покрытия встроенных убежищ, кроме нагрузки от ударной волны, затекающей в помещения первого этажа через проемы в стенах, действует нагрузка от обрушения вышележащих конструкций здания. Однако нагрузка от обрушенных конструкций, как правило, не является определяющей, так как она в несколько раз меньше динамической от ударной волны и начинает действовать в момент, когда нагрузка от ударной волны значительно уменьшилась и в конструкции наступила разгрузка.

Динамическая нагрузка от ударной волны характеризуется направлением (вертикальным и горизонтальным), способом приложения к конструкции, законом

изменения во времени и величиной и параметрами ударной волны (давлением во фронте и временем действия).

Ударная волна распространяется в атмосфере со сверхзвуковой скоростью в виде области (фазы) сжатия и следующей непосредственно за ней фазы разрежения.

На земной поверхности в районе расположения убежища в момент прихода ударной волны давление скачком повышается от атмосферного  $P_0$  до значения  $P_0 + \Delta P_\phi$  во фронте волны, а затем постепенно убывает (рисунок 51).

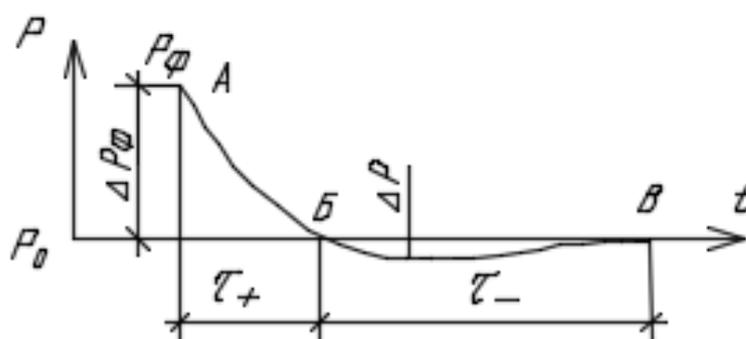


Рисунок 51 – Изменение давления в фиксированной на местности точке при прохождении ударной волны:

$\Delta P_\phi$  – избыточное давление во фронте;  $\Delta P$  – максимальное разрежение;  
 $\tau_+$  и  $\tau_-$  – продолжительность фазы сжатия и разрежения;  $P_0$  – атмосферное давление;  $A, B, B$  – точки кривой

По прошествии времени  $\tau_+$  от момента прихода фронта ударной волны фаза сжатия переходит в фазу разрежения. Одновременно с давлением в фазе сжатия возникает движение воздуха в направлении распространения волны. В фазе разрежения воздух движется в обратном направлении.

Изменение скорости  $U$  и плотности воздуха  $\rho$  во времени аналогично изменению избыточного давления в ударной волне. Расчетные нагрузки на конструкции убежищ в большинстве случаев зависят от избыточного давления  $\Delta P_\phi$  и скоростного напора  $q = 0,5\rho U^2$  в фазе сжатия.

Фаза разрежения существенно влияет при определении обратных (отсасывающих) нагрузок на защитные двери входов в убежища и люки (ставни) аварий-

ных выходов. Динамический эффект фазы разрежения невелик ввиду плавного возрастания отрицательного давления, поэтому эквивалентная статическая отсасывающая нагрузка на двери и люки в этой фазе принимается равной максимальному по абсолютной величине отрицательному давлению. Оно в фазе разрежения может быть принято равным: для убежищ с защитой  $2\text{--}3 \text{ кгс/см}^2$  ( $196,2\text{--}294,3 \text{ кПа}$ ) –  $0,25 \text{ кгс/см}^2$  ( $24,5 \text{ кПа}$ );  $1 \text{ кгс/см}^2$  –  $0,15 \text{ кгс/см}^2$  ( $98,1\text{--}14,7 \text{ кПа}$ ).

Основными характеристиками фазы сжатия является избыточное давление  $\Delta P_\phi$  во фронте ударной волны и время действия  $\tau_+$ . Величина давления во фронте ударной волны для убежищ принимается равной  $1 \text{ кгс/см}^2$  ( $98,1 \text{ кПа}$ ).

Время действия  $\tau_+$  фазы сжатия при заданной мощности взрыва определяется по соответствующим справочным данным в зависимости от величины воздушной ударной волны на которое рассчитано убежище.

При расчете конструкций действительный график изменения избыточного давления в положительной фазе (рисунок 51) заменяется эквивалентным треугольным графиком с линейной зависимостью давления от времени

$$\Delta P_{(t)} = \Delta P_\phi \left(1 - \frac{t}{\theta}\right), \quad (9)$$

где  $\theta$  – эффективное время действия ударной волны, которое рассчитывается по формулам:

$$\begin{aligned} \theta &= (0,72 - 0,08\Delta P_\phi)\tau_+ \quad \text{при } 1 < \Delta P_\phi \leq 3, \\ \theta &= (0,85 - 0,2\Delta P_\phi)\tau_+ \quad \text{при } \Delta P_\phi \leq 1. \end{aligned} \quad (10)$$

В случае отсутствия в задании на проектирование убежища данных о мощности взрыва эффективное время действия ударной волны следует принимать по справочным данным.

Максимальная величина динамической нагрузки на конструктивный элемент сооружения и закон изменения ее во времени зависят от среды (грунта, воздуха), через которую передается нагрузка от ударной волны, от условий взаимодействия ударной волны с конструкцией и ее размеров, а также от проемности здания (обстройки) и характеристики материала его ограждающих конструкций.

Под проемностью здания понимается отношение (в %) площади проемов (оконных, дверных, технологических и т. п.) в ограждающих конструкциях здания к общей площади ограждающих конструкций и проемов.

Принимается одновременное нагружение всех конструкций сооружения. При этом динамическая нагрузка считается нормально приложенной к поверхности рассчитываемой конструкции одновременно по всем пролетам, равномерно распределенной по площади и изменяющейся во времени по линейным законам.

6.2.2 По таблице 7.1, рисунку 7.1 и п. 7.2.2 свода правил определяют динамическую вертикальную нагрузку  $P$  на покрытия убежищ.

Динамическая нагрузка на покрытия встроенных убежищ, равная давлению во фронте ударной волны, будет в том случае, если ограждающие конструкции зданий (сооружений), в которые встроены убежища, будут выполнены из легко разрушаемого заполнения (асбестовое, легкие стальные или алюминиевые панели промышленных зданий весом не более  $50 \text{ кгс/м}^2$ ) или иметь проемность стен 10% и более.

Для этих условий закон изменения вертикальной динамической нагрузки во времени приведен на графиках рисунка 52, а (для стен с проемностью более 50%) и рисунка 52, б (для стен с проемностью от 10 до 50%).

В обоих случаях за величину нагрузки на покрытие принято  $P_{\text{макс}}$ , равное давлению во фронте ударной волны  $\Delta P_{\text{ф}}$ .

На графике рисунка 52, б показана  $P_{\text{макс}}$  – максимальная динамическая нагрузка;  $\theta$  – время нарастания нагрузки до максимального значения, которое ориентировочно принимается равным: 0,9 с – для убежищ с защитой от ударной воздушной волны  $1 \text{ кгс/см}^2$ ; 0,06 с –  $2 \text{ кгс/см}^2$  и 0,04 с –  $3 \text{ кгс/см}^2$ .

При расположении убежищ в зданиях без проемов или с проемностью менее 10 % закон изменения нагрузки во времени приведен на графике рисунка 52, д в котором:  $P_{\text{макс}}$  – максимальная динамическая нагрузка;  $\theta_1$  – время нарастания нагрузки до максимального значения, принимаемое в зависимости от расчетной защиты убежищ и материала ограждающих конструкций зданий по таблице 3.

Таблица 3

Защита	Значение $\theta_1$ с, для зданий					
	из кирпичной кладки толщиной, см			из бетонных панелей толщиной, см		
	38	51	64	20	24	30
3 кгс/см <sup>2</sup>	0,03	0,04	0,055	0,022	0,026	0,028
2 кгс/см <sup>2</sup>	0,045	0,06	0,07	0,031	0,034	0,04
1 кгс/см <sup>2</sup>	0,07	0,09	0,11	0,054	0,06	0,071

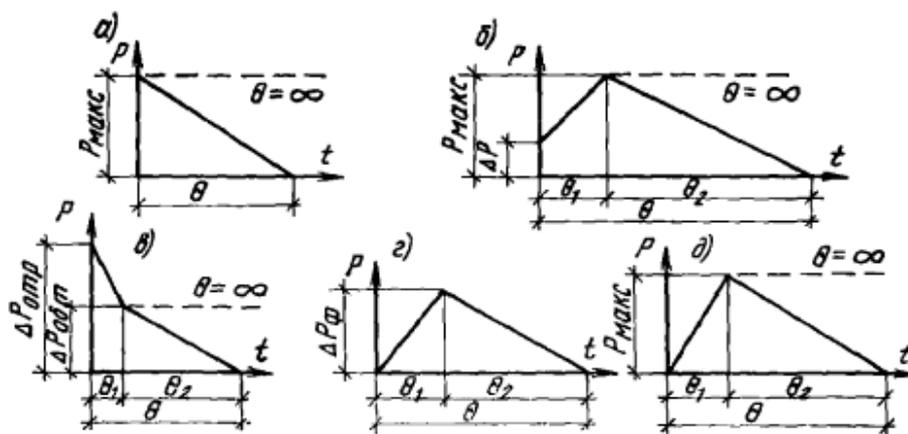


Рисунок 52 – Закон изменения во времени динамической нагрузки:

*а* – на покрытие отдельно стоящих убежищ и тоннелей аварийных выходов без грунтовой подсыпки и с подсыпкой высотой 1,2 м. на покрытие убежищ, встроенных в здания (сооружения) с легко разрушаемыми ограждающими конструкциями или в кирпичные и панельные здания с проемностью более 50%; *б* – на покрытия убежищ встроенных в здания (сооружения) с проемностью от 10 до 50%; *в* – на фронтальные элементы конструкций, возвышающихся над уровнем земли; *г* – на тыльные элементы конструкций, возвышающиеся над уровнем земли; *д* – на покрытие убежищ, встроенных в кирпичные и панельные здания с проемностью менее 10%, на стены, отделяющие убежище от примыкающих помещений подвала не защищенных от ударной волны, на наружные стены, обвалованные грунтом, на фундаменты на мягких нескальных грунтах

В этом случае максимальная динамическая нагрузка для покрытий равна значению  $P_v$ , вычисляемому по формуле:

$$P_v = C_{ст} \Delta P_{\phi}, \quad (11)$$

где  $C_{ст}$  – коэффициент, учитывающий потерю энергии ударной волны на разрушение наружных стен здания, принимаемый равным 0,9 для покрытий убежищ под первым этажом и 0,8 – под техническим этажом кирпичных и панельных зданий. Коэффициент  $C_{ст} = 0,8$  принимается также при определении нагрузки на сте-

ны, отделяющие убежища от примыкающих помещений подвалов, не защищенных от ударной волны.

При наличии на покрытии убежища или тоннеля аварийного выхода грунтовой засыпки толщиной более 1,2 м конструкция покрытия испытывает действие волны сжатия, генерированной ударной волной, распространяющейся по поверхности грунта. Для волны сжатия характерно постепенное нарастание напряжения до максимальной величины (рисунок 52,  $\underline{d}$ ) за время  $\theta_1$ , которое определяется по формуле

$$\theta_1 = \frac{X}{a_1} \left(1 - \frac{a_1}{a_0}\right), \quad (12)$$

где  $X$  – расстояние от поверхности грунта до рассматриваемого сечения;

$a_0$  и  $a_1$  – скорости распространения соответственно упругих и пластических волн сжатия в грунте.

Скорость  $a_1$  определяется по результатам испытаний образцов грунта. Ориентировочные значения  $a_0$  и  $a_1$  приведены в таблице 4. Если действующее на поверхность грунта давление  $\Delta P_\phi$  больше напряжения  $\sigma_s$ , соответствующего динамическому пределу упругости грунта при сжатии, то с возрастанием глубины максимальное вертикальное напряжение (давление)  $\sigma_m(X)$  в волне сжатия уменьшается и на глубине  $X \geq X_n$  (где  $X_n$  – расстояние от поверхности грунта до нижней границы зоны образования пластических деформаций однородного грунта) становится равным  $\sigma_s$ .

Глубина зоны образования пластических деформаций однородного грунта рассчитывается по формуле

$$X_s = \frac{2a_1\theta}{1 - \left(\frac{a_1}{a_0}\right)^2} \left(1 - \frac{\sigma_s}{\Delta P_\phi}\right) \quad (13)$$

при  $\Delta P_\phi > \sigma_s$ .

Динамический предел упругости  $\sigma_s$  мягких грунтов составляет 1–1,5 кгс/см<sup>3</sup> (10–15 МПа/м) и определяется по результатам испытаний образцов грунта.

Распределение максимальных напряжений  $\sigma_m(X)$  в волне сжатия по глубине грунта определяется зависимостью

$$\sigma_m(X) = \Delta P_\phi \left[ 1 - \left( 1 - \frac{a_1^2}{a_0^2} \right) \frac{X}{2a_1\theta} \right] \text{ при } 0 \leq X < X_s; \quad (14)$$

$$\sigma_m(X) = \sigma_s \text{ при } X \geq X_s.$$

При расчетах рекомендуется пользоваться коэффициентом затухания, представляющим отношение максимального давления в волне сжатия на глубине  $X$  к давлению на поверхности грунта. Коэффициент затухания  $K_{зат}$  определяется по формуле

$$K_{зат} = 1 - \left( 1 - \frac{a_1^2}{a_0^2} \right) \frac{X}{2a_1\theta} \quad (15)$$

при  $0 \leq X < X_s$ ;

$$K_{зат} = \frac{\sigma_s}{\Delta P_\phi} \text{ при } X \geq X_s$$

Основные физико-механические характеристики грунтов приведены в таблице 4.

Таблица 4

№ п/п	Характеристика грунтов в соответствии с главой СП по проектированию оснований зданий и сооружений	Параметр грунта $\delta$ , кН·с <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>	Скорость распространения волн, м/с			Коэффициент Пуассона $\mu$	Угол внутреннего трения $\varphi$
			Упругих $a_0$	Упругопластических $a_1$	Поперечных $B_s$		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Насыпной грунт, уплотненный со степенью влажности $G \leq 0,5$	1,60	300	150	100	0,35	12–14
2	Песок крупный и средней при степени влажности $G \leq 0,8$	1,70	500	250	150	0,3	25–35
3	Суглинок тугопластичный, твердые и полутвердые	1,70	600	300	250	0,35	15–22
4	Глина твердая и полутвердая	2,00	1500	500	350	0,4	18–38
5	Лесс, лессовидный суглинок при показателе просадочности $\Pi = 0,17$	1,50	400	200	150	0,3–0,4	14–25

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Грунт при относительном содержании растительных осадков $q > 0,6$ (торф)	1,00	200	100	80	0,2–0,3	5–30
7	Илы супесчаные-глинистые	1,50–1,90	1100	500	300	0,3–0,45	5–15
8	Водонасыщенный грунт (ниже уровня грунтовых вод) при степени влажности						
	$G > 0,9$	2,00	1750	1500	250	0,5	15–20
	$G \leq 0,8$	1,90	600	450	200	0,48	

В результате препятствия вертикальному движению частиц грунта, оказываемого перекрытием сооружения, происходит процесс отражения волны сжатия, приводящий к увеличению давления на перекрытие. Отражение волны сжатия учитывается коэффициентом отражения  $K_{отр}^*$  определяемым по графику рисунка 53 в зависимости от отношений  $\sigma_m(X)/\sigma_s$  и  $a_0/a_1$ .

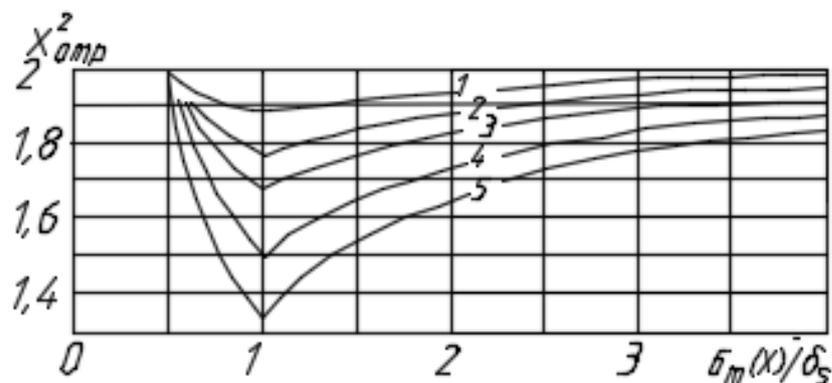


Рисунок 53 – Графики для определения коэффициента отражения волны сжатия от неподвижной преграды:  
кривые и значения  $a_0/a_1$ , соответственно 1 – 1,1; 2 – 1,3; 3 – 1,5; 4 – 2; 5 – 3

Максимальная динамическая нагрузка (рисунок 52, д) на покрытие сооружения с грунтовой обсыпкой  $X = H$  ( $H > 1$  м) будет равна

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= \Delta P_{\phi} K_{\text{зат}} K_{\text{отр}}^* \text{ при } \Delta P_{\phi} > \sigma_s, \\
 P_{\max} &= \Delta P_{\phi} K_{\text{отр}}^* \text{ при } \Delta P_{\phi} \leq \sigma_s,
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

где  $K_{\text{зат}}$  определяется по формуле (15) при  $X = H$ ;

$K_{отр}^*$  – определяется по графику рисунка 53, причем при  $\Delta P_{\phi} \leq \sigma_s$  вместо  $\sigma_m(X)/\sigma_s$  берется отношение  $\Delta P_{\phi}/\sigma_s$ .

Время нарастания нагрузки до  $P_{макс}$  рассчитывается по формуле (12).

6.2.3 Динамическую горизонтальную нагрузку  $P$  на стены убежищ принимают по таблице 7.2 свода правил.

На стены действует боковое давление с постепенным нарастанием до максимального значения (рисунок 52,  $\delta$ ), составляющего часть от вертикального максимального давления в волне сжатия:

$$\begin{aligned} P_{бок} &= K_6 \sigma_m(X) \text{ при } \Delta P_{\phi} > \sigma_s, \\ P_{бок} &= K_6 \Delta P_{\phi} \text{ при } \Delta P_{\phi} \leq \sigma_s. \end{aligned} \quad (17)$$

Здесь максимальное вертикальное напряжение  $\sigma_m(X)$  в волне сжатия по формуле (14) обычно определяют для сечения  $X$  на уровне середины высоты стены.

Величина коэффициента бокового давления  $K_6$  зависит от свойств и гранулометрического состава грунта, степени водонасыщенности, величины напряжений в грунте и скорости деформаций элемента грунта. Его значение ограничивается, с одной стороны, единицей для водонасыщенных грунтов и с другой стороны – 0,4–0,5 для грунтов естественной влажности. Как правило, местная величина  $K_6$  обычно бывает неизвестной. Значение  $K_6 = 1$  для водонасыщенных грунтов обеспечивает некоторый запас в определении максимального давления на стены.

При посадке убежища в водонасыщенный грунт давление на стены повышается в результате отражения и преломления падающей волны сжатия на границе раздела неводонасыщенный – водонасыщенный грунт.

Максимальная величина нормального (вертикального) давления в грунте на уровне грунтовых вод определяется по формуле:

$$\sigma_{макс} = \frac{K_{отр}^* A_2}{A_1 + A_2} \Delta P_{\phi}, \quad (18)$$

где  $K_{отр}^*$  —принимается по графику рисунка 62 при скоростях  $a_1$  и  $a_0$  для грунта выше уровня грунтовых вод;

$A_1$  и  $A_2$  – акустическое сопротивления грунта выше и ниже уровня грунтовых вод, определяются по формуле:

$$A = a_1 p_1, \quad (19)$$

где  $a_1$  – скорость распространения упруго-пластических волн;

$\rho$  – параметр грунта, см. таблицу 4.

Расчет стен производится на равномерно распределенную по высоте стены горизонтальную динамическую нагрузку, изменяющуюся во времени (рисунок 52, д):

$$p_{\text{макс}}^{\text{ст}} = \bar{K}_6 \sigma_{\text{макс}}, \quad (20)$$

где  $\sigma_{\text{макс}}$  – максимальная величина вертикального давления в грунте, определяемая по формуле (18);

$K_6$  – приведенный коэффициент бокового давления, рассчитываемый при:

$$\frac{h}{H} \geq \frac{1}{1 + \sqrt{K_6}} \quad (20a)$$

по формуле:

$$\bar{K}_6 = K_6 \left[ 1 + \frac{1 - K_6}{K_6} \left( 1 - \frac{h}{H} \right)^2 \right]^2 \quad (21)$$

Координаты максимального момента от верха стены (верхней опоры):

$$X_{\text{макс}} = \frac{H}{2} \sqrt{\frac{\bar{K}_6}{K_6}} = \frac{H}{2} \left[ 1 + \frac{1 - K_6}{K_6} \left( 1 - \frac{h}{H} \right)^2 \right] \quad (22)$$

при  $\frac{h}{H} \leq \frac{1}{1 + \sqrt{K_6}}$   $\bar{K}_6 = \left[ 1 - (1 - K_6) \left( 1 - \frac{h}{H} \right)^2 \right]^2 \quad (23)$

Координаты максимального момента от верха стены (верхней опоры):

$$X_{\text{макс}} = \frac{H}{2} (2 - \bar{K}_6), \quad (24)$$

где  $K_6$  – коэффициент бокового давления для грунта выше уровня грунтовых вод, принимаемый в соответствии с таблицы 7.3).

Время  $\theta_1$  нарастания расчетной горизонтальной динамической нагрузки до величины  $P_{\text{ст. макс}}$  определяется по формуле (12), где  $X$  – расстояние от свободной поверхности грунта до уровня грунтовых вод. Время  $\theta_2$  спада нагрузки принимается равным эффективному времени действия ударной волны.

При набегании воздушной ударной волны на передний откос обсыпки максимальное давление на откос по сравнению с давлением на фронте проходящей ударной волны резко увеличивается за счет отражения волны от наклонной преграды. Однако этот пик давления весьма кратковременный, и максимальное напряжение в волне сжатия, генерированное им, интенсивно затухает на небольшой глубине от поверхности откоса, поэтому влияние этого пика давления на волну сжатия не учитывается и принимается, что напряженное состояние в грунте создается проходящей ударной волной и от поверхности откоса распространяется плоская продольная волна, в которой смещение частиц грунта перпендикулярно к поверхности откоса. Фронтальная стена оказывает сопротивление смещению частиц грунта, в результате чего происходит отражение волны сжатия под углом. На стены действует давление отражения, величина которого определяется умножением максимального напряжения  $\sigma_m$  в волне сжатия от откоса на коэффициент отражения, вычисляемый по формуле

$$K_{отр\varphi} = K_{отр}^* \cos^2 \varphi + K_6 \sin^2 \varphi, \quad (25)$$

где  $\varphi$  – угол падения волны сжатия (угол между нормальными к поверхности откоса обсыпки и к поверхности преграды (рисунок 54, а);

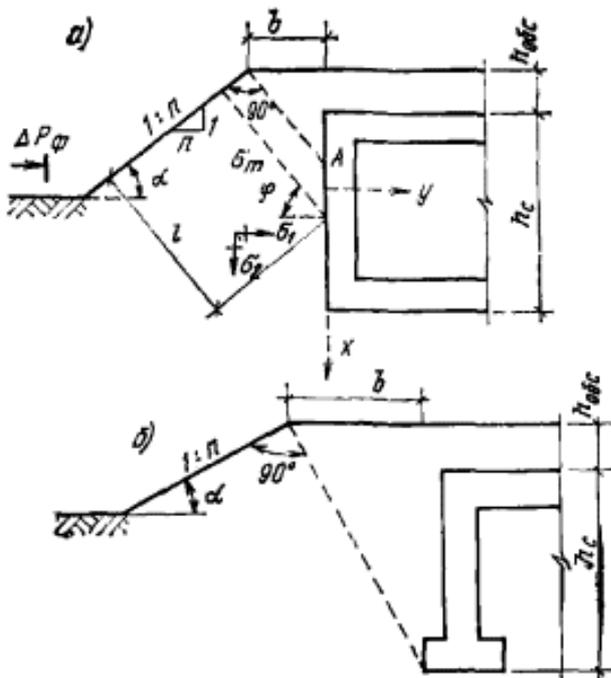
$K_{отр}^*$  – коэффициент отражения при нормальном падении волны сжатия на преграду (определяется по графику рисунка 53). В формуле (25) напряженное состояние в грунте от действующего давления  $\sigma_m$  заменено эквивалентным напряженным состоянием, создаваемым давлением  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (рисунок 54, а), которые находятся путем использования известных из теории упругости формул перехода от одних координатных площадок к другим.

Давление в волне сжатия  $\sigma_m$  определяется для сечения на уровне середины высоты стены с учетом затухания по глубине. Допускается принимать  $\sigma_m$  равным давлению во фронте воздушной ударной волны ввиду незначительного затухания волны сжатия при расчетном взрыве на практически применяемых глубинах посадки убежищ. Изменение нагрузки во времени на фронтальную стену при учете влияния откоса принимается по графику (рисунок 52, д), т. е. аналогично измене-

нию нагрузки на стены полностью заглубленных убежищ. Максимальная величина нагрузки (рисунок 52, д) на стену ниже точки А (рисунок 54а) равна:

$$P_{\text{макс}} = \sigma_m(X)(K_{\text{отр}}^* \cos^2 \varphi + K_6 \sin^2 \varphi). \quad (26)$$

Выше точки А принимается нагрузка  $P_{\text{макс}} = \sigma_m(X)K_6$ . Из чертежа на рисунке 54, а следует, что угол падения волны сжатия на стену равен  $\varphi = 90^\circ - \alpha$ , где  $\alpha$  – угол наклона откоса к горизонту ( $\text{tg } \alpha = 1/n$ ).



а — при выносе бровки откоса  $b < \frac{h_c + h_{\text{обс}}}{n}$ ; б — то же, при  $b \geq \frac{h_c + h_{\text{обс}}}{n}$

Рисунок 54 – Схемы обвалования убежищ

Формулу (27) можно привести к виду (при  $\sigma_m = (X) = \Delta P_\phi$ ):

$$P_{\text{макс}} = K_6 \left( \frac{K_6^*}{K_6} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \right) \Delta P_\phi.$$

Из сравнения с формулой свода правил видно, что

$$K_{\text{отр}} = \frac{K_{\text{отр}}^*}{K_6} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha. \quad (27)$$

В таблице 7,4 свода правил приведены усредненные значения  $K_{\text{отр}}$ . Для уменьшения нагрузки на фронтальную стену вынос бровки откоса рекомендуется устраивать таким, чтобы проекция откоса не попадала на стену (рисунок 54, б). Величина выноса при этом определяется из геометрического соотношения:

$$b \geq (h_{обс} + h_c) \tan a = \frac{h_{обс} + h_c}{n}. \quad (28)$$

При таких значениях  $b$  максимальная величина нагрузки на стену определяется по своду правил. Т. к. практически никогда точно не известна ориентация убежища относительно центра взрыва, то все стены при неполном заглублении убежища рассчитываются на рассмотренные выше нагрузки.

В процессе взаимодействия ударной волны с конструкциями убежища, возвышающимися над уровнем земли (наружные стены, оголовки аварийных выходов), различают две фазы: дифракцию и обтекание. Фаза дифракции является начальной – на фронтальные конструкции действует давление отражения  $\Delta P_{отр}$ , определяемое по формуле

$$\Delta P_{отр} = 2\Delta P + \frac{6\Delta P^2}{\Delta P + 7,2}. \quad (29)$$

На краях возвышающейся части сооружения, обтекаемой ударной волной, из-за разности давлений в падающей и отраженной волнах возникает волна разрежения, распространение которой приводит к снижению давления на конструкцию от значения  $\Delta P_{отр}$  до значения давления обтекания (рисунок 52, в). Время от начала отражения до начала установления режима обтекания  $\theta^*_1$  ориентировочное. Берется наименьшее из двух значений, рассчитываемых по формулам:

$$\theta^*_1 = 3h/D_\phi, \quad (30)$$

$$\theta^*_1 = 3b/2D_\phi, \quad (30a)$$

где  $h$  и  $b$  – размеры, определяемые по рисунку 55;

$D_\phi$  – скорость распространения фронта ударной волны, определяемая по таблице 5.

Таблица 5

$\Delta P$ , кгс/см <sup>2</sup>	0,05	0,1	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
$D_\phi$ , м/с	347	354	380	404	460	510	555	596	635

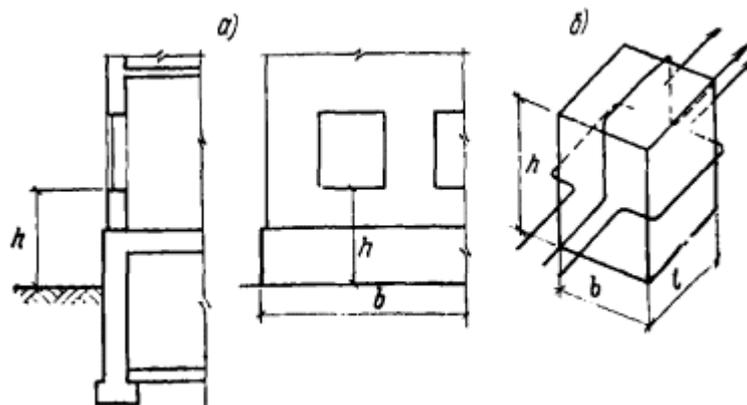


Рисунок 55 – Схемы для определения размеров, влияющих на время обтекания:  $a$  – встроенное убежище;  $b$  – обтекание оголовка ударной волной;  $h$  – расстояние от поверхности земли до оконного проема (высота оголовка);  $b$  – длина стороны здания, обращенной к взрыву;  $l$  – длина стороны здания (оголовка), расположенной по направлению движения ударной волны

В случае возведения над убежищем разрушаемой надстройки размер  $h$  следует принимать равным высоте возвышающейся над уровнем земли части стены убежища.

Для стен прочных зданий с площадью проемов на первом этаже менее 10% за величину  $h$  и  $b$  принимается, соответственно, высота и ширина здания в целом.

В фазе обтекания нагрузки на возвышающиеся над уровнем земли конструкции убежища складываются из статического (избыточного) давления в волне и динамического давления (от скоростного напора), возникающего вследствие торможения потока. Максимальная величина давления обтекания приблизительно вдвое меньше давления отражения;

$$\Delta P_{\text{обт}} = 0,5 \Delta P_{\text{отр}}. \quad (31)$$

При времени обтекания  $\theta_1^* < \frac{0,2\pi}{\omega}$ , где  $\omega$  – частота собственных колебаний конструкции с целью упрощения расчетов допускается не учитывать кратковременный импульс давления отражения в фазе дифракции и принимать максимальную величину нагрузки на конструкцию равной давлению обтекания по формуле (30), в которой второй член правой части определяет нагрузку от скоростного напора.

Как правило, это условие выполняется для частично возвышающихся необвалованных стен убежищ, встроенных в здания, имеющие на первом этаже проемы, составляющие 10 % и более площади стен этажа или легко разрушаемую надстройку. В этом случае закон изменения нагрузки принимается по графику рисунка 52, а, в котором значение  $P_{\text{макс}}$  равно давлению обтекания  $\Delta P_{\text{обт}}$ .

Если время обтекания  $\theta_1^* \geq \frac{0,2\pi}{\omega}$ , то импульсом давления отражения пренебречь нельзя и закон изменения нагрузки на конструкцию принимается по графику рисунка 52а, в котором максимальная динамическая нагрузка равна давлению отражения  $\Delta P_{\text{отр}}$ .

Пример. Наружные стены встроенного убежища, имеющего размеры в плане 12×36 м, возвышаются над уровнем земли на 1 м. Расстояние от уровня земли до низа оконных проемов в стенах здания  $h = 2$  м. Убежище находится в зоне действия воздушной ударной волны взрыва.

Давление во фронте и эффективное время действия ударной волны равны:

$$\Delta P_{\text{ф}} = 1 \text{ кгс/см}^2 (98,1 \text{ кПа}),$$

$$\Theta = 0,279 \text{ с.}$$

Требуется определить параметры динамической нагрузки на наружные стены убежища, возвышающиеся над уровнем земли.

По формуле (29) максимальная величина нагрузки от давления отражения равна

$$\Delta P_{\text{отр}} = 2 \cdot 1 + \frac{6 \cdot 1^2}{1+7,2} = 2,73 \text{ кгс/см}^2 (267,81 \text{ кПа})$$

при скорости фронта ударной волны

$$D_{\text{ф}} = 340 \sqrt{1 + 0,83 \cdot 1} = 572 \text{ м/с.}$$

Наименьшее значение времени обтекания по формуле (30) будет равно (при характерном размере  $h = 2$  м)

$$\theta_1' = \frac{3 \cdot 2}{572} = 0,01 \text{ с.}$$

Изменение нагрузки во времени представлено на графике рисунка 52, в.

6.2.4 Динамическую вертикальную нагрузку на конструкции убежищ определяют в соответствии с пп. 7.2.4, 7.2.5 по таблице 7.5 свода правил.

В результате воздействия нагрузки на покрытие сооружения оно начнет смещаться в грунте и в основании возникают напряжения, препятствующие смещению сооружения. Максимальная величина динамической нагрузки на подошву фундамента, возникающая за счет отпора грунта, может быть определена по формулам, полученным из рассмотрения одномерного движения грунта с находящимся в нем сооружением как жестким телом:

для отдельно стоящих убежищ:

$$P_{\text{макс}} = \frac{A_{\phi}}{A_{\text{п}} + A_{\phi} K_{\phi}} K_{\text{отр}}^* \sigma \Phi_1, \quad (32)$$

для встроенных убежищ:

$$P_{\text{макс}} = \frac{\Delta P_{\text{макс}}}{K_{\phi}} \Phi_2, \quad (32a)$$

где  $A_{\text{п}}$  и  $A_{\phi}$  – акустические сопротивления грунта обсыпки под покрытием  $A_{\text{п}}$  и под фундаментом  $A_{\phi}$ :

$$A_{\phi} = a_1 \rho, \quad (33)$$

$a_1$  – скорость распространения упругопластических волн сжатия в грунте;

$\rho$  – параметр грунта;

$K_{\text{отр}}$  – коэффициент отражения волны сжатия от покрытия, определяемый по графику рисунка 53;

$\sigma$  – максимальное давление в волне сжатия на уровне верха покрытия;

$\Delta P_{\text{макс}}$  – максимальное давление воздушной ударной волны на покрытие встроенного убежища;

$K_{\phi} = F_{\phi}/F_{\text{п}}$  – отношение площади подошвы фундамента к площади  $F_{\text{п}}$  покрытия сооружения;

$\Phi_1$  и  $\Phi_2$  – функции, значения которых определяют по формулам;

$$\Phi_1 = 1 - \frac{t - \theta_1}{\theta - \theta_1} + \frac{m_c}{(A_{\text{п}} + K_{\phi} A_{\phi}) \theta_1} \left[ e^{\frac{-(A_{\text{п}} + K_{\phi} A_{\phi}) \theta_1}{m_c}} - \frac{\theta_1}{\theta - \theta_1} \right] x e^{\frac{-(A_{\text{п}} + K_{\phi} A_{\phi}) (t - \theta_1)}{m_c}} + \frac{\theta_1}{\theta - \theta_1}, \quad (34)$$

где  $\theta_1$  – время нарастания нагрузки на покрытие до максимального значения;

$\theta$  – время действия нагрузки (эффективное время), с;

$m_c$  – масса сооружения, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади основания (размерность [ $m_c$  = кН·с<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> при [A] = кН×с/м<sup>3</sup>);

$t_m$  – время нарастания нагрузки на подошву фундамента определяется по формуле:

$$t_m = \theta_1 + \frac{m_c}{A_{\Pi} + K_{\Phi} A_{\Phi}} \ln \left[ \frac{\theta}{\theta_1} - \frac{\theta_1}{\theta - \theta_1} e^{-\frac{(A_{\Pi} + K_{\Phi} A_{\Phi})(t_m - \theta_1)}{m_c}} \right], \quad (35)$$

в которой те же обозначения, что и в формулах (32) – (35).

Вычисление  $\Phi_2$  и  $t_m$  для встроенного убежища производится соответственно по формулам (34) и (35), при подстановке в их  $A_{\Pi} = 0$ . Обычно расчет конструкций убежищ приходится проводить несколько раз. Для расчета в первом приближении значения функций  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  можно определить по упрощенной формуле

$$\Phi_1 \simeq \Phi_2 = 1 - \frac{t_m - \theta_1}{\theta - \theta_1}. \quad (36)$$

График изменения во времени нагрузки на подошву фундамента представлен на рисунке 52,  $\delta$ , где величина  $\theta_i$  численно равна  $t_m$  по формуле (35). Время спада  $\theta_2$  нагрузки принимается равным эффективному времени действия ударной волны.

Пример 1. На встроенное убежище с защитой от ударной воздушной волны 1 кгс/см<sup>2</sup> (98,1 кПа) действует воздушная ударная волна взрыва газозвушной смеси с параметрами  $\Delta P_{\Phi} = 1,0$  кгс/см<sup>2</sup> (98,1 кПа) и  $\theta = 0,227$  с.

Масса убежища, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади основания, составляет  $m_c = 3,50$  кН·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>.

Грунт под подошвой фундаментной плиты – суглинок ненарушенной структуры. Требуется определить нагрузку на фундаментную плиту.

Принимается коэффициент  $K_{\Phi} = F_{\Phi}/F_{\Pi} = 1$ .

В соответствии с таблицей 4,  $a = 300$  м/с;  $p = 1,70$  кН·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>. Время нарастания нагрузки на покрытие  $\theta_1 = 0,0067$  с. Акустическое сопротивление грунта под фундаментной плитой:

$$A_{\Phi} = a_1 \rho = 170 \times 300 = 5,1 \times 10^{-4}.$$

Вычислим:

$$\frac{m_c}{K_\phi A_\phi} = \frac{350}{1 \times 5,1 \times 10^{-4}} = 6,910^{-3},$$

$$\frac{K_\phi A_\phi}{m_c} = 170 \text{ с}^{-1}.$$

По формуле (35) время нарастания нагрузки на плиту до максимума равно:

$$t_m = 0,0067 + 0,0069 \times l_n \left[ \frac{0,297}{0,0067} - \frac{0,297 - 0,0067}{0,0067} e^{-170 \times 0,0067} \right] = 0,027 \text{ с}.$$

Функция  $\Phi_2$  при  $A_n = 0$  по формуле (34) равна:

$$\begin{aligned} \Phi_1 = 1 - \frac{0,027 - 0,0067}{0,297 - 0,0067} + \frac{0,0059}{0,0067} \left[ (e^{-170 \times 0,0067} - \frac{0,297}{0,297 - 0,0067}) \times e^{-170 \times 0,027 - 0,0067} + \frac{0,0067}{0,297 - 0,0067} \right] = 1 - 0,07 + \\ + 0,8 \times [(0,3198 - 0,0229) \times 0,03271 + 0,0229] = 0,95. \end{aligned}$$

По формуле (36)  $\Phi_2 = 0,93$ , таким образом, отличие от предыдущего значения менее 3%.

Максимальная величина нагрузки на фундаментную плиту по формуле (32а) равна:

$$P_{\text{макс}} = P_5 = \frac{1}{1} 0,956 = 0,956 \text{ кгс/см}^2 (93,78 \text{ кПа}).$$

Пример 2. На отдельно стоящее убежище с обсыпкой перекрытия слоем суглинка высотой 1 м действует нагрузка от ударной волны:  $\Delta P_\phi = 1,0 \text{ кгс/см}^2$  (98,1 кПа) и эффективным временем действия  $\theta = 0,297 \text{ с}$ . Масса убежища по примеру 1:  $m_c = 3,60 \text{ кН} - \text{с}^2/\text{м}^4$ .

Под фундаментом убежища – суглинок ненарушенной структуры. Требуется определить нагрузку на сплошную фундаментную плиту.

По таблице 4 для суглинка насыпанного  $a_0 = 300 \text{ м/с}$ ,  $a_1 = 150 \text{ м/с}$ ,  $\rho = 1,60 \text{ кН} \text{ с}^2/\text{м}^4$ ; для суглинка ненарушенной структуры  $a_1 = 300 \text{ м/с}$ ,  $\rho = 1,70 \text{ кН} \text{ с}^2/\text{м}^4$ .

Максимальное давление в волне сжатия на уровне покрытия  $\sigma_m = \Delta P_\phi = 1,3 \text{ кгс/см}^2$ . Время нарастания нагрузки на покрытие до максимального значения по формуле (12) равно

$$\theta_1 = \frac{1}{150} \left( 1 - \frac{150}{300} \right) = 0,0033 \text{ с}.$$

Вычислим акустические сопротивления:

$$A_{\Pi} = 160 \times 150 = 2,4 \times 10^2 \text{ кН с/м}^3$$

$$A_{\Phi} = 170 \times 300 = 5,1 \times 10^2 \text{ кН с/м}^3$$

и величины:

$$\frac{m_c}{A_{\Pi} + A_{\Phi}} = \frac{300}{(2,4 + 5,1) \cdot 10^4} = 0,04 \text{ с}$$

$$\frac{A_{\Pi} + A_{\Phi}}{m_c} = 250 \text{ с}^{-1}$$

По формуле (35) время  $t_m$  равно:

$$t_m = 0,0033 + 0,004 \times \ln \left[ \frac{0,297}{0,0033} - \frac{0,297 - 0,0033}{0,0033} e^{-250 \times 0,0033} \right] = 0,019 \text{ с.}$$

Функция  $\Phi_1$  по формулам (34) и (36) соответственно равна 0,95 и 0,947, т.е. имеет практически одинаковые значения.

Коэффициент отражения по графику рисунка 53 при значениях:

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_s} = \frac{1,3}{1,5} = 0,87,$$

$$\frac{a_0}{a_2} = \frac{300}{150} = 2$$

будет  $K^*_{\text{отр}} = 1,6$ , тогда максимальная величина нагрузки на фундаментную плиту по формуле (32) равна:

$$P_{\text{макс}} = P_5 = \frac{5,1 \cdot 10^7}{(2,4 + 5,1) \cdot 10^4} \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,95 = 1,03 \text{ кгс/см}^2 (101,043 \text{ кПа}).$$

Время нарастания этой нагрузки  $t_m = 0,019 \text{ с.}$

6.2.5 Нагрузки на элементы входов (стены, защитно-герметические двери и т. п.) в основном зависят от давления в проходящей ударной волне, типа и расположения входа и ориентации его относительно центра взрыва.

Значения коэффициента  $K_T$ , равного отношению максимальной динамической нагрузки во входе к давлению на фронте проходящей ударной волны, приведены в таблице 7.7. Этим коэффициентом определяется максимальная величина горизонтальной динамической нагрузки на участки наружных стен убежищ во входах и на первые (наружные) защитные или защитно-герметические двери, установленные в предтамбурах.

График изменения во времени нагрузки на наружные стены и двери во входах из помещений первого этажа, подвалов и из лестничных клеток принимается по рисунку 52, *д* при времени нарастания нагрузки  $\theta_1$  определяемом в зависимости от защиты убежища в соответствии с п. 3.5. Для остальных типов входов указанных в таблице 7.7, график нагрузки принимается по рисунку 52, *а*.

Динамическая нагрузка  $P_m$  на внутренние стены, пол, перекрытие и вторую защитно-герметическую дверь тамбура-шлюза определяется из условия возможного затекания ударной волны через открытую первую защитно-герметическую дверь в момент заполнения тамбура-шлюза. При этом нагрузка на наружные стены убежища в месте расположения первой защитно-герметической двери определяется по п. 7.2.4.

Динамическая нагрузка  $P_T$  на внутренние стены тамбуров и герметические двери возникает в результате затекания ударной волны через возможные неплотности в наружных мастях входа и по периметру примыкания наружной двери к дверной коробке. Такие неплотности являются следствием скрытых дефектов строительных и монтажных работ при установке закладных деталей и элементов наружной двери. Нагрузка на внутренние стены тамбуров плавно возрастает за сравнительно большое время до своего максимального значения и потому принимается действующей статически.

По динамическим нагрузкам определяют эквивалентные статические нагрузки для всех элементов входов (полов, стен, перекрытий) от устья до защитно-герметической двери или противозрывного устройства в наружной стене убежища.

### 6.3 Эквивалентные статические нагрузки

6.3.1 Эквивалентную статическую нагрузку на изгибаемые и внецентренно-сжатые железобетонные конструкции покрытий убежищ при расчете их на изгибающий момент и поперечную силу принимают равной динамической нагрузке, умноженной на коэффициент динамичности  $K_d$ .

Эквивалентная статическая нагрузка принимается равномерно распределенной и нормально приложенной к поверхности конструкции.

При проектировании предварительные параметры конструкций принимаются исходя из практики проектирования или устанавливаются приближенным расчетом на эквивалентную статическую нагрузку, равную максимальной величине динамической нагрузке, умноженной на коэффициент динамичности.

6.3.2 По таблице 7.10 свода правил определяют горизонтальную эквивалентную статическую нагрузку при расчете железобетонных изгибаемых и внецентренно сжатых элементов наружных стен.

Формулы таблицы 7.10 и значения коэффициентов динамичности, представленные в таблице 7.11 учитывают действие изменяющейся по времени максимальной динамической нагрузки определяемой по формулам 17 и 26 вне зависимости от наличия прикрытия (защиты встроенного убежища конструкциями здания прикрытия).

Заглубленные и обвалованные стены: время нарастания  $\theta_1$  нагрузки рассчитывается по формуле (11), в которой значение  $X$  принимается равным расстоянию от поверхности земля до середины стены. Стены, примыкающие к помещениям подвалов, рассчитываются по формулам, применяемым для расчета конструкций перекрытий на аналогичную по характеру изменения во времени нагрузку, с использованием графиков раздела 7 для определения  $K_m$ .

Необвалованные стены: действующая нагрузка, изменяется во времени по графику рисунка 52, в. Максимальная величина ее равна давлению отражения, определяемому по формуле (29). Время обтекания рассчитывается по формуле (30).

В таблице 7.11 приведены усредненные значения коэффициента динамичности к максимальной нагрузке, равной давлению обтекания  $\Delta P_{обт}$  для случая, когда время обтекания мало (менее  $0,2\pi/\omega$ ), импульс давления отражения не учитывается и изменение нагрузки во времени можно принять аналогично графику рисунка 52, а, но с максимальным давлением  $\Delta P_{обт}$ .

Если время обтекания больше  $0,2\pi/\omega$ , то импульсом давления отражения в фазе дифракции пренебречь нельзя, и коэффициенты динамичности необходимо определять по максимальной динамической нагрузке, равной давлению отражения. При расчете по случаю 1б коэффициент динамичности определяется по графику в зависимости от отношения  $\omega \theta_1/2\pi$ . Расчет по случаю 1а производится с помощью графиков и формул, применяемых для расчета конструкций перекрытий (см. раздел 7 свода правил и раздел 6 настоящего руководства).

При  $\theta_1 < 0,2\pi/\omega$  расчет может производиться для нагрузки линейно убывающей от скачка с максимальным давлением, равным давлению обтекания до нуля. При этом используются графики и формулы раздела 7 свода правил и раздела 6 настоящего руководства, применяемые для расчета балок с соответствующими закреплениями концов.

6.3.3 Приведенные в таблице 7.13 свода правил значения коэффициента динамичности являются усредненными значениями могут определяться по графикам в зависимости от параметров  $q_1$  и  $r_1$ .

6.3.4 Эквивалентная статическая нагрузка на элементы входов встроенных заглубленных убежищ, а также на элементы входов, вынесенных за пределы контура здания или отдельно стоящих убежищ, определяется согласно п. 7.2.6 свода правил.

В таблице 7.14 свода правил приведены усредненные значения коэффициента  $K_d$ . Более точно коэффициенты динамичности при определении горизонтальной эквивалентной статической нагрузки на стены в местах примыкания входов и на защитно-герметические двери (ставни) в заглубленных входах из помещений первого этажа или из лестничных клеток, а также из подвалов, не защищенных от ударной волны, можно определять по п. 6.2.2 настоящего руководства.

Для остальных типов входов коэффициенты динамичности при определении горизонтальных эквивалентных статических нагрузок на наружные стены и двери определяют по п. 6.2.3 настоящего руководства.

Графики изменения нагрузки во времени и максимальные значения динамической нагрузки на наружные стены, в местах примыкания входов и двери необходимо принимать в соответствии с п. 6.2.5. Коэффициент динамичности к нагрузке на внутренние стены тамбуров и герметические двери можно брать из таблиц указанного пункта, а нагрузку на внутренние стены шлюза и вторую защитно-герметическую дверь шлюза определяется по графикам рисунка 52, а при времени нарастания  $\theta_1$ .

6.3.5 Стены открытых лестничных спусков и горизонтальных открытых участков входов в убежища во всех случаях проверяют расчетом на совместное действие нагрузки от фазы разрежения, величина которой принимается в соответствии с п. 6.2.2 и нагрузки от собственного веса грунта.

6.3.6 Эквивалентная статическая нагрузка на конструкции (двери, ставни, противовзрывные устройства), расположенные внутри тоннелей аварийных выходов, принимается равной динамической нагрузке с коэффициентом динамичности, определяемым по данным п. 6.2.1.

Участки тоннелей аварийных выходов протяженностью от убежища до защитно-герметических дверей, ставней или противовзрывных устройств, предотвращающих затекание масс воздуха ударной волны внутрь тоннеля, рассчитываются только на внешние нагрузки (в соотв. с п. 6.2.1) с коэффициентом динамичности, определяемым по графикам п. 6.2.1.

При расчете на загрузку снаружи и изнутри коэффициент динамичности для результирующей нагрузки принимается равным 1.

Внешняя эквивалентная статическая нагрузка на тоннели круглого сечения и воздухозаборных труб большого сечения определяется умножением внешнего давления, передаваемого через грунт, на коэффициент динамичности, равный 1. Направление давления в любой точке трубы принимается по радиусу (рисунок 56).

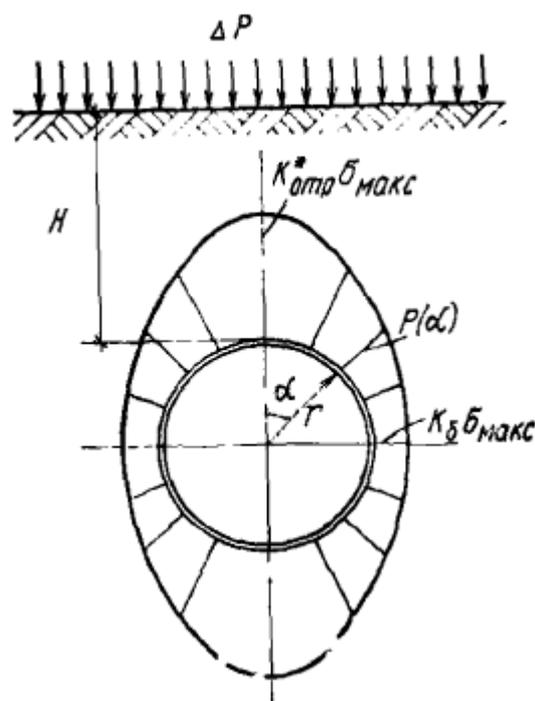


Рисунок 56 – Схема внешнего нагружения цилиндрической трубы

Относительно вертикального и горизонтального диаметров трубы закон изменения давления на контуре принимается симметричным:

$$P_{(\alpha)} = \sigma_{\text{макс}}(K_{\text{отр}}^* \cos^2 \alpha + K_{\text{б}} \sin^2 \alpha), \quad (37)$$

где  $\alpha$  – центральный угол, отсчитываемый от вертикального диаметра;

$\sigma_{\text{макс}}$  – максимальное давление в волне сжатия на уровне верха трубы, определяемое по формуле (14);

$K_{\text{отр}}^*$  – коэффициент отражения, определяемый по графику рисунка 53, в соответствии с п. 7.3;

$K_{\text{б}}$  – коэффициент бокового давления.

#### 6.4 Расчетные нагрузки

6.4.1 В общем виде расчетную нагрузку определяют по формуле (7.2) свода правил, расчетную нагрузку на покрытие убежища определяют по формуле (7.3) свода правил, горизонтальную расчетную нагрузку на стены убежища – по формуле (7.4).

Эквивалентная статическая нагрузка является особой нагрузкой приведенной к эквивалентной статической путем коэффициентов, учитывающих различ-

ные параметры воздействия воздушной ударной волны, а также параметры конструкции и расчета (состояние 1а и 1б).

Статическая нагрузка  $q_{ст}$  состоит из постоянных нагрузок, и временных полных (длительных и кратковременных).

При сборе нагрузок и определении расчетных значений постоянных и временных (коэффициентов надежности по нагрузке) следует руководствоваться соответствующими главами СП 20.13330. При этом полные значения временных нагрузок также рекомендуется принимать по СП 20.13330.

При определении расчетных нагрузок коэффициент сочетания нагрузок принимается равным единице.

6.4.2 Вертикальную расчетную нагрузку на фундаменты убежища определяют по формуле (7.9) свода правил.

Приведенные формулы определения нагрузок на вертикальные элементы предполагают приближенный расчет и допустимы для простых схем нагружения колонн, стен и фундаментов. В общем случае рекомендуется выполнять расчет методом конечных элементов (МКЭ), при котором указанные нагрузки задаются на горизонтальные элементы (перекрытия, балки), а расчетные усилия в элементах для особого сочетания нагрузок определяются на основании МКЭ расчета.

## **7 Расчет и конструирование убежищ**

### **7.1 Расчет железобетонных конструкций**

7.1.1 Железобетонные конструкции убежищ рассчитывают на силовые воздействия, возникающие при обычной эксплуатации (основное сочетание) и специальные динамические (особое сочетание нагрузок): воздействия от сейсмических воздействий (расчет по СП 14.13330) и воздействие от ударной волны. Расчет во всех случаях необходимо производить по предельным состояниям в соответствии с положениями СП 63.13330, в том числе на особое сочетание нагрузок, т.к. динамические нагрузки особого сочетания нагрузок относятся к кратковременным.

Основные особенности расчета защитных сооружений:

- расчет убежищ на основное сочетание нагрузок производится только по первой группе предельных состояний (несущей способности), расчет по второй группе предельных состояний не производится;

- конструкции должны выдержать однократное воздействие особой нагрузки без разрушения. Допускается развитие остаточных деформаций, сопровождающееся достижением напряжений в наиболее нагруженных сечениях элементов, предельным значениям, близких к разрушающим.

- после однократного действия нагрузки в конструкции не должны оставаться значительные остаточные деформации. Все трещины после окончания действия нагрузки должны закрываться.

Выбор расчетного предельного состояния (1а или 1б) основывается на свойствах материалов используемых в несущих железобетонных конструкциях и требованиях, предъявляемым к рассчитываемому убежищу.

Предельное состояние конструкций в упругопластической стадии их работы под нагрузкой (состояние 1а) характеризуется значительным развитием неупругих деформаций в рабочей арматуре, что проявляется в существенном увеличении прогибов конструкции с последующим разрушением (раздроблением) бетона в сжатой зоне сечения.

Деформирование железобетонного элемента в упругопластической стадии происходит в следующей последовательности: сначала при достижении конструкцией упругого прогиба  $Y_0$  напряжения в растянутой арматуре достигают значения расчетного динамического предела текучести стали  $R_a^d$ , а напряжения в бетоне сжатой зоны сечения при этом оказываются меньше динамического предела прочности  $R_b^d$  бетона. После этой стадии происходит интенсивное развитие неупругих (пластических) деформаций в арматуре и бетоне, также развитие прогибов от того момента, пока не начнется разрушение бетона сжатой зоны сечения при достижении конструкцией предельного прогиба  $Y_{пр}$ .

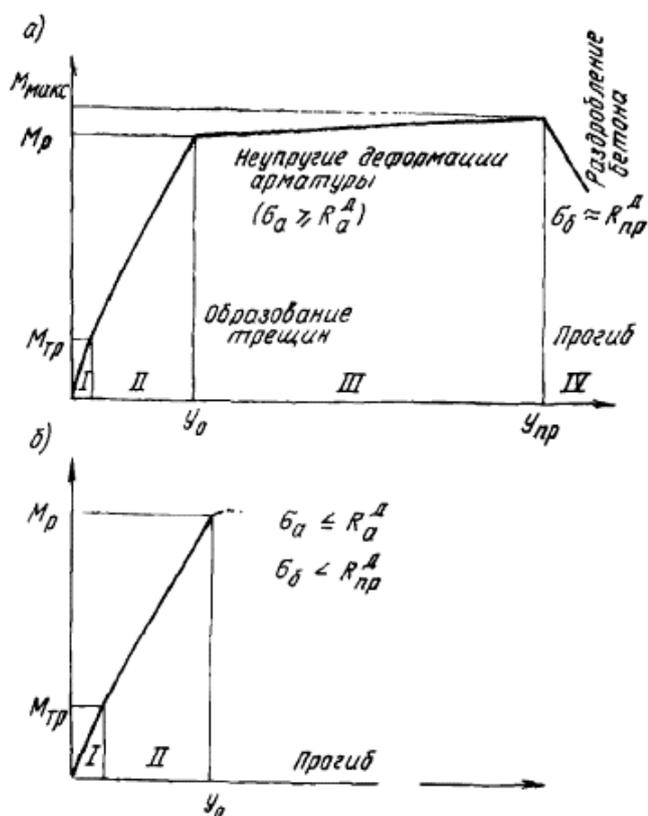


Рисунок 57 – Развитие прогибов в железобетонном элементе при нагружении: *a* – по стадии 1а; *б* – на стадии 1б;  $M_{макс}$  – предельный изгибающий момент;  $M_p$  – момент внутренних усилий;  $Y$  – значения прогибов;  $M_{тр}$  – момент появления трещин

На рисунке 57, *a* изображена типичная диаграмма момента – прогиба изгибаемой железобетонной конструкции, армированной малоуглеродистой сталью с площадкой текучести. Граница между I и II стадиями напряженного состояния се-

чения соответствует появлению трещин в растянутой зоне бетона. Граница между II и III (прогиб  $Y_0$ ) стадиями соответствует началу текучести в растянутой арматуре, а граница между III и IV стадиями (прогиб  $Y_{пр}$  – началу разрушения бетона сжатой зоны). Диаграмма деформации в IV стадии характеризует процесс разрушения (падения несущей способности) конструкции.

Теоретические исследования показывают, что при действии кратковременной динамической нагрузки конструкция может работать, не разрушаясь и в стадии разрушения (стадия IV). В настоящее время не имеется диаграмм деформаций конструкций в этой стадии ее работы. В связи с этим при расчете конструкций на действие кратковременных динамических нагрузок достижение предельного состояния до полной несущей способности характеризуют началом разрушения сжатой зоны материала, т. е. для железобетонной балки достижением прогиба  $Y_{пр}$ , соответствующего концу стадии III.

Предельное состояние железобетонных конструкций по упругой стадии деформирования (состояние 1б) характеризуется тем, что при достижении конструкцией некоторого упругого прогиба  $Y_0$  напряжения в растянутой арматуре достигают напряжений, меньших или равных расчетному динамическому сопротивлению а напряжения в бетоне сжатой зоны сечения при этом, как правило, меньше расчетного динамического сопротивления бетона (призмной динамической прочности) (рисунок 57, б).

При работе железобетонных конструкций в стадии упругого деформирования в бетоне растянутой зоны сечения образуются трещины, а в бетоне сжатой зоны при этом могут развиваться неупругие деформации. Вследствие этого в железобетонных конструкциях убежищ, рассчитываемых по предельному состоянию 1б, после воздействия однократной кратковременной динамической нагрузки возможно наличие незначительных остаточных деформаций (прогибов) и раскрытых трещин со стороны растянутой зоны. Величины упругих прогибов  $Y_0$  и предельных прогибов  $Y_{пр}$  в изгибаемых железобетонных конструкциях (элементах) при действии кратковременных однократных динамических нагрузок зависят от

геометрических размеров сечений, нормальных к продольной оси элементов, количества растянутой и сжатой арматуры в сечениях, прочностных и деформативных свойств арматурной стали и бетона. В железобетонных элементах с одинаковым поперечным сечением по мере увеличения количества растянутой арматуры предельные прогибы, при которых происходит разрушение бетона сжатой зоны, сокращаются, а упругие прогибы несколько возрастают. При этом происходит уменьшение способности элементов к податливому (пластическому) деформированию и повышается вероятность хрупкого их разрушения при восприятии кратковременной динамической нагрузки.

Уменьшение способности к упругопластическому деформированию железобетонных элементов по мере увеличения содержания растянутой арматуры в заданном сечении объясняется сокращением величины максимальных неупругих деформаций арматурных стержней из-за ограниченных предельных относительных деформаций бетона сжатой зоны, которые принимаются равными 0,003 (рисунок 58).

В зависимости от требований, предъявляемых к железобетонным конструкциям защитных сооружений, для обеспечения их работы при динамическом нагружении необходимо проверять расчетом величины упругих и предельных прогибов  $Y_0$  и  $Y_{пр}$ .

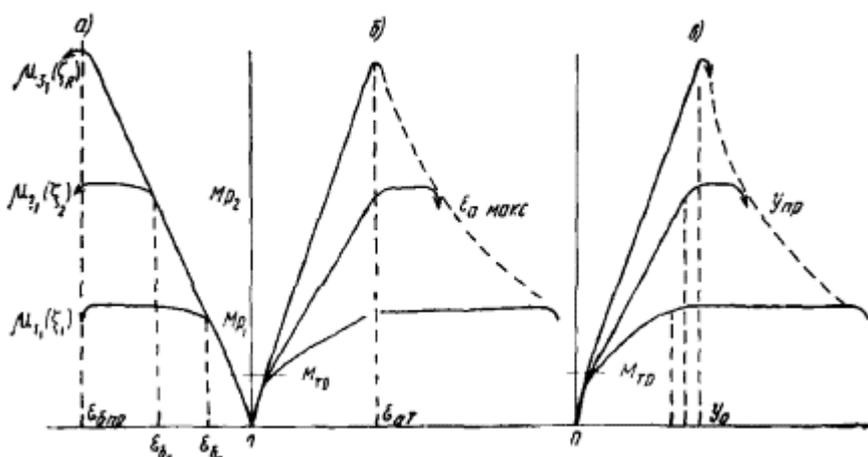


Рисунок 58 – Схемы деформации бетона (а), арматуры (б) и прогибов (в) железобетонных элементов при нагрузке в зависимости от  $\mu$ , % или от  $\xi$

## 7.2 Бетон и его расчетные характеристики

7.2.1 В соответствии с п. 8.2.1 свода правил для железобетонных конструкций убежищ должны применять тяжелый бетон класса не ниже В15, а для ригелей и колонн – не менее В25, бетонные блоки для стен следует проектировать из бетона класса не ниже В7,5, а бетон для замоноличивания стыков сборных элементов железобетонных конструкций следует принимать не ниже класса В7,5.

Для второстепенных конструкций (подготовка под полы, под наружные лестничные марши, пандусы и т. п.) может применяться бетон класса – В7,5. Для внутренних конструкций убежищ (перегородок или несущих небольшую вертикальную нагрузку стен) допускается применение легких бетонов марки не ниже класса – В7,5.

Требования к минимальному классу бетона относятся только к вновь проектируемым убежищам. При проверке несущей способности существующих убежищ расчеты необходимо производить по фактическому классу бетона, определенному по ГОСТ 31937.

7.2.2 Расчет конструкций убежищ на особое сочетание нагрузок производят в соответствии с п. 8.2.2 свода правил.

Коэффициент динамического упрочнения бетона ( $K_y = 1, 2$ ), учитывающий повышение прочностных характеристик материалов при больших скоростях деформирования, вводится при расчете конструкции на особое сочетание нагрузок, а также на воздействие инерционных сил. Повышение прочностных характеристик материалов предусматривается при всех видах напряженного состояния конструкций.

Коэффициент линейной температурной деформации бетона при изменении температуры от минус 50°C до плюс 50°C принимается равным  $1 \cdot 10^{-5}$  град<sup>-1</sup>.

Начальный коэффициент поперечной деформации бетона (коэффициент Пуассона) принимается равным 0,2, а модуль сдвига бетона  $G$  равным 0,4 от соответствующих значений  $E_b$ , указанных в таблице 8.1 свода правил.

Объемный вес вибрированного бетона на гравии или щебне принимается равным  $2500 \text{ кг/м}^3$ . При содержании арматуры более 3% объемный вес должен определяться как сумма весов бетона и арматуры на единицу объема железобетонной конструкции. При этом вес арматурной стали на единицу длины принимается по действующим нормам (ГОСТ Р 52544 и [4]).

Расчетное динамическое сопротивление бетона срезу  $R_{cp}$  следует принимать равным расчетному сопротивлению бетона осевому сжатию (призменная прочность)  $R_b$ , согласно таблице 8.1, умноженному на коэффициент, равный 0,25.

Расчетное динамическое сопротивление бетона на срез  $R_{cp}$  применяется при расчете фундаментов на продавливание, определении размеров капителей безбалочных перекрытий, а также при проверке на скалывающие напряжения в местах соединения монолитного железобетона со сборным в сборно-монолитных конструкциях перекрытий.

7.2.3 В таблице 8.2 свода правил приведены коэффициенты условий работы  $\gamma_b$ . Воздействие расчетной нагрузки на конструкции убежищ происходит не сразу после их возведения, а за промежуток времени от возведения сооружения до воздействия расчетной нагрузки произойдет нарастание прочности бетона, которое учитывается коэффициентом  $\gamma_b$ , равным 1,25.

В заводских условиях по сравнению с обычными имеют место более качественная подготовка инертных материалов для бетона и арматуры, укладка арматуры и бетонной смеси, тщательное уплотнение уложенного бетона и благоприятные условия для его твердения. Все это учитывается коэффициентом  $\gamma_b$ , равным 1,15.

### 7.3 Арматура и ее расчетные характеристики

7.3.1 Выбор арматурных сталей для железобетонных конструкций убежищ должен производиться в зависимости от требований, предъявляемых к сооружениям убежищ, типа конструкций, назначения арматуры, вида и класса бетона, условий возведения и эксплуатации убежищ. При этом должны приниматься во внимание следующие свойства арматурных сталей:

- прочностные, характеризуемые величиной физического (условного) предела текучести и временного сопротивления;
- пластические, выражаемые величиной общих и равномерных удлинений при разрыве;
- упругопластические свойства, характеризуемые формой диаграммы деформирования стали при растяжении (диаграмма «удлинение-напряжение»). Такая диаграмма может учитываться при определении работы, затрачиваемой на деформирование конструкций при напряжениях в стали за пределом текучести;
- свариваемость сталей, что принимается во внимание при выборе типа сварных соединений.

Кроме указанных свойств сталей необходимо учитывать возможность их хрупкого разрыва при возведении конструкций или эксплуатации в условиях низких температур, поведение при повышенных температурах, при скоростном нагружении и при действии повторяющихся нагрузок.

7.3.2 При расчете конструкции по предельным состояниям условия, исключаящие их наступление, учитываются введением расчетных коэффициентов трех видов: однородности материала, условий работы и перегрузки.

Чтобы гарантировать соблюдение условий  $R > \sigma$ , где  $R$  – предел прочности материала;  $\sigma$  – фактическое напряжение, в расчетах берут меньшие значения сопротивлений материалов и большие значения нагрузок. При коэффициенте перегрузки, равном единице, одновременное применение коэффициентов однородности и условия работы (величины которых меньше единицы) и определении расчетного сопротивления приводит к тому, что вероятность наступления предельного состояния становится чрезвычайно малой. Как известно, предельное состояние означает не разрушение конструкции, а только допущение определенных величин деформаций. Защитные конструкции убежищ рассчитываются на однократное воздействие нагрузки от ударной волны, имеющей резко выраженный случайный характер, поэтому расчет этих конструкций по расчетным сопротивлениям, величины которых определены в своде правил, изложенным выше методом, приведет

к излишнему запасу прочности. Целесообразно защитные конструкции убежищ рассчитывать по сопротивлениям материалов, приближающимся к нормативным, величины которых в СП 63.13330 определены с меньшей характеристикой безопасности (число стандартов), чем расчетные сопротивления, поэтому в качестве первого шага для сталей классов А240 и А400 при расчете на изгиб вводится дополнительный коэффициент условий работы  $\gamma_s = 1,1$ , на который умножается расчетное сопротивление стали.

#### 7.4 Расчет железобетонных элементов по прочности при действии динамических нагрузок

7.4.1 При нахождении сборного элемента бетона в сжатой зоне (над промежуточными опорами неразрезных балок) наблюдается расслоение сборных элементов и монолитного бетона. Исходя из этого сборно-монолитные железобетонные конструкции над промежуточными опорами должны быть проверены расчетом на скалывающее напряжение.

Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси элемента, рассчитываемого без учета сопротивления бетона растянутой зоны, приведена на рисунке 59.

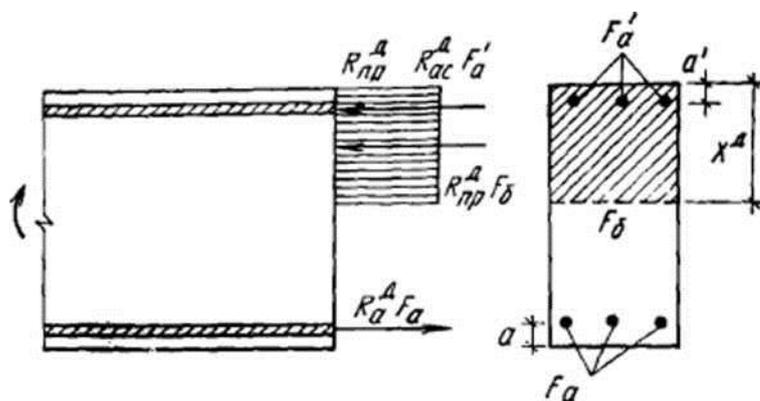


Рисунок 59 – Схема усилий в нормальном сечении железобетонного элемента при расчете его прочности

7.4.2 В изгибаемых железобетонных конструкциях, смещение опорных сечений которых ограничено, возникают продольные сжимающие усилия от распора. Эти усилия появляются вследствие того, что примыкающие к рассчитываемому элементу соседние конструкции препятствуют горизонтальному смещению его

на опоре. Такое явление имеет место в монолитных железобетонных рамах, в сборных и сборно-монолитных железобетонных элементах, в плитах, окаймленных по контуру балками.

В убежищах распор должен учитываться при расчете сборных железобетонных конструкций перекрытий с замоноличенными швами и связанными со стенами или стойками сваркой закладных деталей, анкерами или другими способами.

Экспериментальные исследования показали, что распор в изгибаемых железобетонных элементах возникает до образования в бетоне растянутой зоны первых трещин. Однако в этот период времени величина его незначительна, и он не оказывает существенного влияния на напряженное состояние элемента. По мере развития трещин, особенно в стадии развития неупругих деформаций арматуры, величина распора резко увеличивается, несущая способность элемента повышается.

*Расчет по прочности сечений, нормальных к продольной оси элемента*

7.4.5 В соответствии с п.8.4.5 свода правил расчет сечений, нормальных к продольной оси элемента, когда внешняя сила действует в плоскости оси симметрии сечения и арматура сосредоточена у перпендикулярных граней элемента указанной плоскости, следует проводить в зависимости от соотношения между значением относительной высоты сжатой зоны бетона  $\xi_d = x_d / h_0$  и граничным значением относительной высоты сжатой зоны  $\xi_{Rd}$ .

Значение  $\xi_d$  определяется из условия равновесия внутренних сил, воспринимаемых бетоном сжатой зоны и растянутой арматурой в предельной стадии 1а работы элемента под нагрузкой. В этом случае напряжения в растянутой арматуре, как правило, достигают расчетного динамического сопротивления стали  $R_{sd}$  раньше, чем в бетоне будет достигнута расчетная призматическая динамическая прочность  $R_{bd}$ , за счет чего и происходит развитие неупругих (пластических) деформаций в конструкции.

Граничная высота сжатой зоны определяется из того условия, что предельное состояние элемента наступает при одновременном достижении в растянутой

арматуре сопротивления, равного расчетному динамическому сопротивлению стали при растяжении и расчетного динамического сопротивления бетона сжатой зоны В этом случае арматура растянутой зоны не претерпевает развития неупругих деформаций и в элементе с граничным армированием происходит хрупкое разрушение в предельной стадии.

В пункте 8.4.4 свода правил значение высоты сжатой зоны бетона  $x_d$  может быть определено по формуле:

$$x_d = \frac{R_{sd}A_s - R_{scd}A'_s}{R_{bd}b}, \quad (38)$$

где  $b$  – ширина сечения.

### *Изгибаемые элементы прямоугольного сечения*

#### 7.4.8 Пример. Расчет нормального сечения ригеля перекрытия

Необходимо подобрать армирование ригеля прямоугольного сечения  $700 \times 550$  ( $h$ ) мм. Бетон В30. Расчетный изгибающий момент от  $\Delta P_\phi = 1$  кгс/см<sup>2</sup> (98,1 кПа) составляет 2300 кН м.

Рабочая высота сечения:

$$h_0 = h - a = 0,55 - 0,05 = 0,50 \text{ м.}$$

Коэффициент:

$$\alpha_m = M / (R_{bd} \cdot b \cdot h_0^2) = 2,3 / (24,5 \cdot 0,7 \cdot 0,50^2) = 0,536;$$

относительная деформация растянутой арматуры при напряжениях, равных  $R_{sd}$ :

$$\varepsilon_{sd,el} = \frac{R_{sd}}{E_{sd}} = \frac{490}{20 \cdot 10^4} = 0,00245;$$

относительная высота сжатой зоны  $\xi_{Rd}$  определяется по формуле (8.1):

$$\xi_{Rd} = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{sd,el}}{\varepsilon_{bd,ult}}} = \frac{0,8}{1 + \frac{0,00245}{0,0035}} = 0,47.$$

Коэффициент:

$$\alpha_{Rd} = \xi_{Rd} \cdot (1 - 0,5\xi_{Rd}) = 0,47 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,47) = 0,36,$$

$$\alpha_m = 0,536 > \alpha_{Rd} = 0,36.$$

Следовательно, требуется сжатой арматуры:

$$A'_s = \frac{M - 0.4 \cdot R_{bd} \cdot b \cdot h_0^2}{R_{scd}(h_0 - a')} = \frac{2.3 - 0.4 \cdot 24.5 \cdot 0.7 \cdot 0.5^2}{430 \cdot (0.5 - 0.05)} = 3.023 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$A_s = \frac{0.55 \cdot R_{bd} \cdot b \cdot h_0}{R_{sd}} + A'_s = \frac{0.55 \cdot 24.5 \cdot 0.7 \cdot 0.5}{490} + 3.023 \cdot 10^{-3} = 0.0126 \text{ м}^2$$

#### *Внецентренно сжатые элементы прямоугольного сечения*

7.4.9 Расчет внецентренно-сжатых элементов на действие сжимающей продольной силы  $N$  производится в соответствии с требованиями главы СП 63.13330 по проектированию бетонных и железобетонных конструкций. Для случая, когда расчетный эксцентриситет продольной силы  $e$  равен нулю, а расчетная длина элемента  $l_0 \leq 20h$ , расчет сжатых элементов допускается производить из условия:

$$N_d = \varphi [R_{bd} A + R_{sc,d} (A_s + A_{sc})]$$

Пример. Расчет центральной колонны размером 500×500 мм из бетона В30 на нагрузку  $N = 7000$  кН. Длина колонны  $l_0 = 2,6$  м.

Необходимо подобрать армирование колонны.

Коэффициент продольного изгиба  $\varphi$  принимается по СП 63.13330 в зависимости от отношения  $l_0/h$  и равен 1,0.

Площадь сжатой арматуры при этом равна:

$$A_s + A_{sc} = (N_d \varphi - R_{bd} A) / R_{sc,d} = (7000 \cdot 1,0 - 23,0 \cdot 1000 \cdot 0,5 \cdot 0,5) / 430,0 \cdot 1000 = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

#### *Расчет по прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента*

7.4.10 Расчет прочности железобетонных элементов по наклонным сечениям производится на действие поперечной силы и изгибающего момента.

За расчетное значение поперечной силы в наклонном сечении принимается поперечная сила в сечении, нормальном к продольной оси элемента и расположенном у конца сечения в сжатой зоне, а также сила, найденная с учетом части нагрузки, приложенной к элементу в пределах длины проекции наклонного сечения (т. е. уменьшающей величину поперечной силы).

При расчете на действие поперечной силы сечений, наклонных к продольной оси элементов, предельные усилия определяются исходя из следующих условий:

- учитывается вся поперечная арматура, пересекающая рассматриваемое наклонное сечение, с растягивающими напряжениями, равными расчетным динамическим сопротивлением стали;

- поперечное усилие в бетоне над наклонной трещиной определяется в зависимости от его расчетного динамического сопротивления растяжению, размеров элемента и наклона сечения;

- поперечное усилие в продольной арматуре, пересекающей наклонную трещину, не учитывается;

- сопротивление продольной арматуры, расположенной в бетоне сжатой зоны, не учитывается.

При армировании приопорной зоны железобетонных элементов предпочтительно применять поперечную арматуру, найденную расчетом, в виде стержней меньших диаметров и расположенных более часто. Кроме того, поперечное армирование элемента независимо от результатов расчета должно удовлетворять конструктивным требованиям, изложенным в СП 63.13330.

При расчете на действие изгибающего момента высота сжатой зоны в наклонном сечении измерена по нормали к продольной оси элемента, определяется из условия равновесия проекции на продольную ось сил, воспринимаемых бетоном и арматурой в наклонном сечении.

Проверка наклонного сечения на действие изгибающего момента не производится на участках, где невозможно образование нормальных трещин.

*Расчет железобетонных элементов на местное действие нагрузок*

7.4.11 Пример расчета. Необходимо провести проверку на продавливание стыка плиты перекрытия толщиной 600 мм (расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S в направлении X до ближайшей грани  $a_x = 45$  мм,  $a_y = 55$  мм).

Сечение колонны 600×400 мм.

Рабочая высота сечения для продольной арматуры, расположенной в направлении X:

$$h_{ox} = h - a_x = 0,6 - 0,045 = 0,555 \text{ м.}$$

Рабочая высота сечения для продольной арматуры, расположенной в направлении Y:

$$h_{oy} = h - a_y = 0,6 - 0,055 = 0,545 \text{ м.}$$

Приведенная рабочая высота сечения:

$$h_o = 0,5 (h_{ox} + h_{oy}) = 0,5 \cdot (0,555 + 0,545) = 0,55 \text{ м.}$$

Площадка продавливания расположения нагрузки внутри плоского элемента.

Длина участка в направлении оси X:

$$L_x = b_x + h_o = 0,6 + 0,55 = 1,15 \text{ м.}$$

Длина участка в направлении оси Y:

$$L_y = b_y + h_o = 0,4 + 0,55 = 0,95 \text{ м.}$$

Периметр контура расчетного поперечного сечения:

$$u = 2 (L_x + L_y) = 2 \cdot (1,15 + 0,95) = 4,2 \text{ м.}$$

Предельное усилие, воспринимаемое бетоном без поперечной арматуры:

$$F_{d,ult} = R_{bt,d} u h_o = 19,4 \cdot 1000 \cdot 4,2 \cdot 0,55 = 44814 \text{ кН.}$$

## 7.5 Расчет убежищ из каменных и других материалов

7.5.1 Минимальные требования к прочности каменной кладки обусловлены сложным напряженно-деформированным состоянием конструкции при воздействии особых нагрузок (непосредственное воздействие ударной волны, инерционные силы). При этом в конструкциях стен и перегородок возникает изгиб в плоскости и из плоскости, а также внецентренное сжатие с большим эксцентриситетом.

7.5.2 В соответствии с п. 8.5.3 свода правил расчетные динамические сопротивления для стального листового и профильного проката в конструкциях следует принимать равными расчетным сопротивлениям по СП 16.13330, умноженным на коэффициент динамического упрочнения  $\gamma_{sv} = 1,4$  и коэффициент условий работы

$\gamma_s = 1,1$ , а при расчете сварных соединений стальных конструкций коэффициент динамического упрочнения  $\gamma_{sv}$  следует принимать равным единице.

Коэффициент динамического упрочнения учитывается при расчете конструкций на особое сочетание нагрузок.

При расчете изгибаемых металлических конструкций на особое сочетание нагрузок предельный момент внутренних сил в разрезных балках постоянного сечения может определяться по формуле:

$$M_{\text{пред}} = R^D W^{\text{II}}, \quad (39)$$

где  $R^D$  – расчетное динамическое сопротивление стали;

$W^{\text{II}}$  – пластический момент сопротивления, равный удвоенному статическому моменту половины площади сечения относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения. Для прокатных двутавров и швеллеров при изгибе в плоскости полки  $W^{\text{II}} = 1,12W$ , при изгибе параллельно полкам  $W^{\text{II}} = 1,2W$ .

7.5.3 Расчет элементов каменных и армокаменных конструкций производят в соответствии с п. 8.5.5 свода правил.

Каменные стены без продольного армирования при расчете на динамические нагрузки (особое сочетание) необходимо рассчитывать с учетом следующих положений:

- расчетная схема стены принимается в виде балки, свободно опирающейся в уровнях перекрытия и верха фундамента;
- вертикальная нагрузка равна весу вышерасположенных стен и опорной реакции покрытия над убежищем от действующей на него динамической нагрузки (с учетом раздела 8 свода правил);
- горизонтальная динамическая нагрузка равномерно распределена по высоте стены.

Исходя из величины эксцентриситета возможны два варианта работы конструкции:

- сжатие всех сечений (первая схема);

- наличия в некоторых сечениях растягивающих напряжений с образованием горизонтальных трещин (вторая схема).

Первая схема соответствует центрально-сжатым и внецентренно сжатым элементам с величиной эксцентриситета:

$$\frac{2e_0}{h} \leq 0,45, \quad (40)$$

где  $e_0$  – эксцентриситет продольной силы относительно центра тяжести сечения;  
 $h$  – толщина стены (при прямоугольном ее сечении).

Вторая схема соответствует большим эксцентриситетам:

$$\frac{2e_0}{h} > 0,45. \quad (40a)$$

При расчете на особое сочетание нагрузок величину эксцентриситета допускается не ограничивать, т.к. данный расчет предполагает отсутствие обрушения конструкции и требования по пригодности к дальнейшей эксплуатации конструкции не учитываются.

Под действие внешних динамических нагрузок величина эксцентриситета изменяется. Начальная величина может быть определена по формуле:

$$\frac{2e_0}{h} = \frac{\xi H^2 (2 - a)^2}{4h^2 \left(1 + 0.5 \frac{l}{h}\right)}, \quad (41)$$

где  $H$  – высота стены;

$l$  – пролет покрытия, опирающегося на стену;

$a$  – безразмерная величина, определяемая по формуле:

$$a = 1 + \frac{le_1}{\xi H^2}, \quad (42)$$

где  $e_1$  – эксцентриситет опорной реакции – расстояние от оси приложения опорной реакции покрытия до центра тяжести сечения стены;

$\xi$  – коэффициент, величина которого определяется условиями взаимодействия волны сжатия в грунте или воздушной ударной волны с конструкцией стены.

Для стен, воспринимающих нагрузку через грунт, значение  $\xi$  зависит от схемы обвалования и вида грунта. При полном заглублении стены убежища можно принять

$$\xi = K_6, \quad (43)$$

где  $K_6$  – коэффициент бокового давления, принимаемый по разделу 7.

Для стен, ограждающих убежище от других помещений и наружных необвалованных стен, приближенно можно принимать  $\xi = 1$ .

Сечение, для которого эксцентриситет определяется по формуле (41), находится на расстоянии  $H a/2$  от нижней плоскости покрытия. Далее рассматриваются несущие наружные стены с величиной безразмерного параметра  $a \leq 1,172$  (при значении  $a \geq 1,172$  максимальный момент будет в сечении на уровне покрытия и несущие стены в этом случае могут быть рассчитаны статическим методом).

Для несущих наружных стен максимальный изгибающий момент будет в середине высоты стены и величина относительного эксцентриситета продольной силы в этом сечении определяется по формуле

$$\frac{2e_0}{h} = \frac{\xi H^2 \left(1 - \frac{K_T h}{2H}\right)}{4h^2 \left(1 + \frac{\xi K_T H}{2H}\right)}, \quad (44)$$

$K_T$  – коэффициент трения материала стены по материалу покрытия.

В формуле (44) учтены продольные силы, возникающие в несущих наружных стенах убежища вследствие трения верхнего конца стены об опорные конструкции (покрытие).

При больших эксцентриситетах в наиболее напряженных сечениях после разрушения раствора от растяжения возникают горизонтальные трещины, раскрывающиеся с ростом перемещения стены и уменьшающие рабочую часть сжатого сечения. Вследствие малой прочности раствора на растяжение упругие деформации стены оказываются ничтожно малыми по сравнению с остаточными, так что при расчете стен по предельному состоянию 1а упругую стадию можно не учитывать.

Принимается, что горизонтальная трещина делит стену на два одинаковых блока, вращающихся относительно друг друга, которые деформируются в местах контактов друг с другом, а также с фундаментом и перекрытием (рисунок 60).

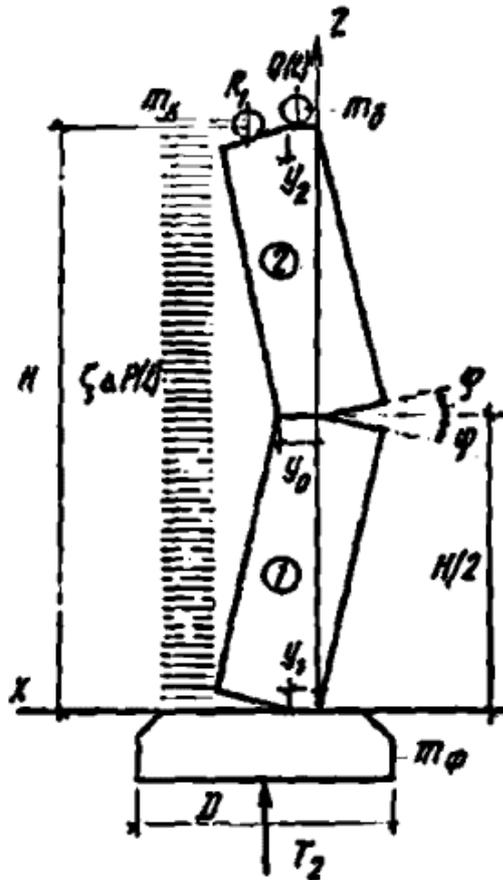


Рисунок 60 – Расчетная схема каменной неармированной стены:  
 $m_c$  – масса вышерасположенной стены,  $m_b$  – масса части перекрытия,  $m_f$  – масса фундамента,  $Q(t)$  – нагрузка от перекрытия,  $T_a$  – продольная сила под подошвой фундамента

Достижение предельного состояния 1а характеризуется началом разрушения материала кладки сжатой зоны в сечении с раскрытой горизонтальной трещиной в момент получения стеной наибольших перемещений.

Предельное состояние 1а может быть нормировано величиной полного угла раскрытия горизонтальных трещин.

Условием прочности стены является:

$$\varphi_{\max} \leq \varphi_{\text{п}}, \quad (45)$$

где  $\varphi_{\Pi}$  – половина предельного угла раскрытия трещины (шва), величина которого определяется из экспериментальных данных или по формуле:

$$\varphi_{\Pi} = \frac{R_{\text{д}} h_{\text{к}} \sqrt[3]{\frac{h}{y_0}}}{E_{\text{к}} y_0}, \quad (46)$$

где  $R_{\text{д}}$  – расчетное динамическое сопротивление сжатию кладки;

$h_{\text{к}}$  – высота ряда кладки;

$y_0$  – высота сжатой зоны кладки с трещиной;

$E_{\text{к}}$  – модуль деформации кладки, определяемый по формуле:

$$E_{\text{к}} = 0,5E_0,$$

$E_0$  – модуль упругости (начальный модуль деформации) кладки, определяемый по СП 15.13330;

$\varphi_{\text{макс}}$  – максимальный угол поворота блока, определяемый из решения дифференциального уравнения движения стены под действием внешних динамических нагрузок:

$$\varphi_{\text{макс}} = \frac{f_{\text{макс}}(t) \xi \Delta P A_5}{A_4} - \frac{R_1}{A_5} (1,5h - 3y_0), \quad (47)$$

где  $f_{\text{макс}}(t)$  – функция времени, зависящая от характера действующей динамической нагрузки. Максимальное ее значение равно коэффициенту динамичности;

$R_1$  – вес стен надземной части сооружения, учитываемый в расчете;

$A_4$  – коэффициент жесткости, определяемый по формуле:

$$A_4 = \frac{1,5E_{\text{к}} y_0^3}{h_{\text{к}}} \quad (48)$$

$A_5$  – коэффициент, определяемый по формуле:

а) для несущих стен

$$A_5 = h^2 \left[ \frac{\xi H^2}{4h^2} - \frac{l}{\eta} \left( 1 - 1,5 \frac{y_0}{h} - 0,5 \frac{y_2}{h} \right) - 1,5 \left( 1 - 2 \frac{y_0}{h} \right) \right], \quad (49)$$

где  $y_2$  – высота зоны смятия в месте опирания элементов перекрытия на стену.

Приближенно  $y_2$  можно принять равной длине заделки элементов покрытий;

б) для самонесущих стен:

$$A_5 = h^2 \left[ \frac{\xi H^2}{4h^2} - K_{\text{Т}} \frac{h}{H} \left( 1 - 1,5 \frac{y_0}{h} \right) \left( \xi \frac{H^2}{h^2} + 1 \right) - 1,5 \left( 1 - 2 \frac{y_0}{h} \right) \right]; \quad (50)$$

в) для стен заполнения каркасов, включающих достаточно жесткие ригели, между которыми находится кладка:

$$A_5 = \frac{\xi H^2}{4}. \quad (51)$$

Предельная величина эквивалентной статической горизонтальной нагрузки  $P_{\text{экв}}$  от ударной волны на каменную стену без продольного армирования определяется по формулам (45) и (47):

$$P_{\text{экв}} \leq \frac{A_4}{A_5} \left[ \varphi_{\text{П}} + \frac{R_1}{A_4} (1,5h - 3y_0) \right], \quad (52)$$

где

$$P_{\text{экв}} = f_{\text{макс}}(t) \xi \Delta P = K_{\text{Д}} \xi \Delta P.$$

Давление во фронте ударной волны, соответствующее предельной величине  $P_{\text{экв}}$  может быть определено по формуле:

$$\Delta P = \frac{A_4}{A_5 \xi K_{\text{Д}}} \left[ \varphi_{\text{П}} + \frac{R_1}{A_4} (1,5h - 3y_0) \right]. \quad (53)$$

Из условия минимума предельной нагрузки высота  $y_0$  сжатой зоны равна:

а) для несущих стен:

$$y_0 = 1,25h \frac{\left[ 1 + 2/3 \left( \frac{l}{h} - \frac{\xi H^2}{4h^2} \right) \right]}{1 + 0,5 \frac{l}{h}} \quad \text{при} \quad \frac{\xi H^2}{4h^2} < 1,35 + 0,925 \frac{l}{h} \quad (54)$$

$$y_0 = 1,25h \quad \text{при} \quad \frac{\xi H^2}{4h^2} \geq 1,35 + 0,925 \frac{l}{h}$$

б) для самонесущих стен:

$$y_0 = 1,25h \left[ 1 - \frac{2}{3} \left( \frac{2e_0}{h} \right) \right] \quad \text{при} \quad \frac{2e_0}{h} < 1,35, \quad (55)$$

$$y_0 = 1,25 \quad \text{при} \quad \frac{2e_0}{h} \geq 1,35;$$

в) для стен заполнения проемов:

$$y_0 = 0,5h - \frac{H}{8} \varphi \approx 0,5h \quad \text{и} \quad R_1 = 0. \quad (56)$$

## 7.6 Расчет оснований и фундаментов

7.6.1 Проектирование оснований и фундаментов убежищ следует производить в соответствии с требованиями глав СП 22.13330 по проектированию оснований зданий и сооружений и оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах.

При проектировании убежищ для северных районов особое внимание должно быть уделено правильному выбору принципа использования вечномерзлых грунтов для основания.

Рекомендации по выбору принципа использования вечномерзлых грунтов для основания приведены в таблице 6.

Для каждой строительной площадки, как правило, следует предусматривать один принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве основания зданий и сооружений. Совместное применение двух принципов допускается только при условии, если в процессе строительства и эксплуатации будет исключено нарушение устойчивости зданий и сооружений в результате взаимного теплового влияния зданий и сооружений на грунты основания. Это требование необходимо учитывать также при строительстве отдельно стоящих убежищ, возводимых на застроенной территории.

При применении оснований по принципу I вечномерзлое состояние грунтов основания достигается путем:

- а) устройства в основании убежища охлаждающих каналов и труб, вентилируемых с принудительным побуждением;
- б) устройства под зданиями и сооружениями термоизолирующих слоев.

Выбор способа производится на основе теплотехнического расчета и технико-экономического сравнения вариантов.

Таблица 6

№ п/п	Мерзлотно-грунтовые условия строительной площадки	Принцип использования грунта	Способ обеспечения устойчивости основания и фундамента	Рекомендуемые конструкции фундамента
1	Толщина деформирующихся при оттаивании вечномерзлых грунтов более 25 м. Температура грунта минус 2 <sup>0</sup> С	I	Сохранение естественного температурного состояния мерзлых грунтов в период эксплуатации	Свайные фундаменты или сплошная фундаментная плита
2	То же, с температурой грунта выше минус 2 <sup>0</sup> С	I	Понижение температуры грунтов в течение периода эксплуатации с помощью охлаждающих установок	Полюе сваи или сплошная фундаментная плита

№ п/п	Мерзлотно-грунтовые условия строительной площадки	Принцип использования грунта	Способ обеспечения устойчивости основания и фундамента	Рекомендуемые конструкции фундамента
3	Слой деформирующихся при оттаивании грунтов подстилается на глубине от 6 до 25 м непросадочными вечномерзлыми, скальными или тальми грунтами	II	Выбор конструкций, ограничивающих расчетные величины деформаций фундаментов, заложенных на оттаивающем основании из просадочных грунтов	Сплошная фундаментная плита
4	Непросадочные при оттаивании мерзлые или тальные грунт залегают на глубине 6-10 м от поверхности земли	II	Опирающие фундаменты на непросадочные грунты	Сплошная фундаментная плита, свайные фундаменты

7.6.2 Фактически несущая способность свайных фундаментов по условию сопротивления материала свай определяется СП 24.13330 на вертикальную эквивалентную статическую нагрузку, которая принимается равной динамической нагрузке от ударной волны, действующей на покрытие и передающейся на рассматриваемую часть фундамента, умноженной на коэффициент динамичности  $K_d$ .

В общем виде уравнение движения фундамента из висячих свай можно представить формулой:

$$M\varphi(t) + R(t) = P(t), \quad (57)$$

где  $M$  — масса фундамента;

$\varphi(t)$  — ускорение вертикального движения;

$R(t)$  — общее сопротивление грунта вертикальному движению свайного фундамента;

$P(t)$  — нагрузка.

Общее сопротивление грунта  $R(t)$  складывается из сопротивлений по боковым поверхностям свай и заглубленных стен убежища, а также из реакции ростверка и сопротивления у острия свай.

Анализ и обобщение результатов расчета по определению величин сопротивления грунта движению свайного фундамента при осадке защитного сооружения в пределах 10–15 см дали возможность получить формулу (57), позволяющую установить несущую способность висячих свай при воздействии нагрузок, возникающих при воздействии воздушной ударной волны.

## 8 Расчет противорадиационной защиты

8.1 В веществе, более плотном, чем воздух, гамма-излучение и нейтронное излучение ослабляются сильнее. Происходит это потому, что чем больше плотность вещества, тем больше в единице его объема атомов и тем больше количество раз взаимодействуют с ними гамма-излучение и нейтроны.

При попадании потока гамма-излучения на поверхность преграды толщиной  $l$ , некоторый слой  $d_y$  уменьшает дозу гамма-излучения в два раза. Тогда на границе А-А доза равна  $D_{oy}/2$ , если в толщине преграды уместится несколько слоев  $d_y$ , то доза радиации, например на границе второго слоя Б-Б, будет  $D_{oy}/4$ , и т.д. в общем виде ослабление дозы гамма-излучения преградой толщиной  $l$  пропорционально  $2^{l/d_y}$ . Эта величина называется коэффициентом ослабления материала  $K_y$ . Доза за преградой будет:

$$D = D_{oy}/2^{l/d_y}.$$

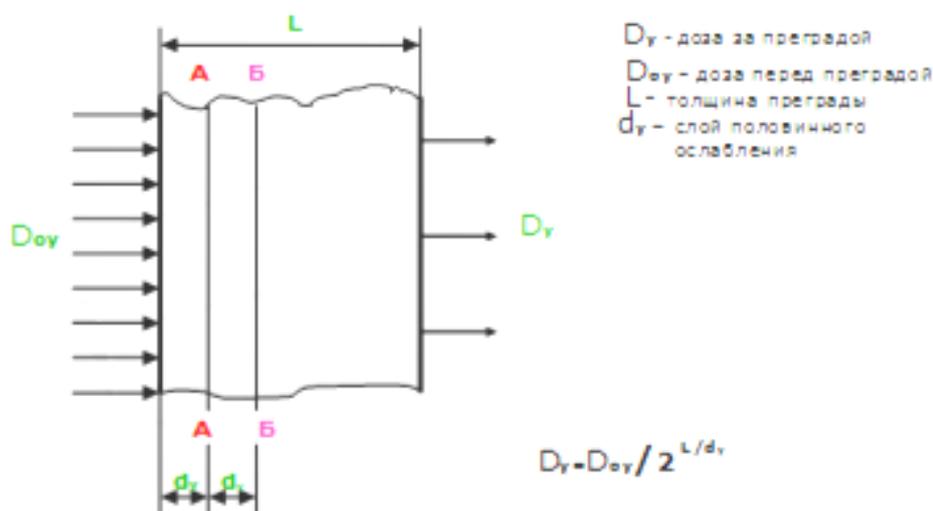


Рисунок 61 – Прохождение проникающей радиации через защитные материалы

### 8.2 Пример расчета противорадиационной защиты убежища ГО

Исходные данные: Расчет делается для убежища, расположенного в зоне застройки АЭС. Убежище представляет собой заглубленное в грунт, отдельно сто-

ящее сооружение. Убежище имеет прямоугольную форму 12×40 м. Уровень чистого пола расположен на условной отметке – 4,6 м. Высота потолков в убежище 3 м. Крыша убежища – монолитная железобетонная плита – 400мм. Гидроизоляция-утепление – полиэтилен, пенополистирол – 100 мм, насыпной грунт – 1100 мм.

Расчет: ограждающие конструкции убежища должны обеспечивать ослабление радиационного воздействия до допустимого уровня  $A \geq 5000$  (согласно Техническому заданию).

$$A \leq \frac{2K_{\gamma i} K_{ni}}{K_{\gamma i} + K_{ni}} K_p, = (2 \times 39000 \times 1619200000) / (39000 + 1619200000) \times 1 =$$

$$= 126297600000000 / 16169239000 \times 1 = 7811 \times 1 = 7811,$$

где  $A$  – требуемая степень ослабления  $\geq 5000$  (согласно Техническому заданию);

$K_{\gamma i}$  – коэффициент ослабления дозы гамма-излучения преградой из  $i$  слоев материала, равный произведению значений  $K_{\gamma}$  для каждого слоя, принимаемых по таблице 9.1 свода правил,

$$K_{\gamma i} = 30 \text{ (бетон 400 мм)} \times 1,0 \text{ (полиэтилен 100 мм)} \times 1300 \text{ (грунт 1100 мм)} = 39000;$$

$K_{ni}$  – коэффициент ослабления дозы нейтронов преградой из  $i$  слоев материала, равный произведению значений  $K_n$  для каждого слоя, принимаемых по таблице 9.1 свода правил,

$$K_{ni} = 230 \text{ (бетон 400 мм)} \times 22 \text{ (полиэтилен 100 мм)} \times 320000 \text{ (грунт 1100 мм)} =$$

$$= 1619200000;$$

$K_p$  – коэффициент условий расположения убежищ, принимаемый по формуле:

$$K_p = \frac{K_{зас}}{K_{зд}}, = 1/1 = 1,$$

где  $K_{зас}$  – коэффициент, учитывающий снижение дозы проникающей радиации в застройке и принимаемый по таблице 9.2 свода правил;

$K_{зас} = 1$  (худший возможный индекс, так как плотность застройки не известна);

$K_{зд}$  – коэффициент, учитывающий ослабление радиации в жилых и производственных зданиях при расположении в них убежищ и принимаемый по таблице 9.3 свода правил;

$$K_{зд} = 1 \text{ (отдельно стоящее убежище).}$$

Промежуточный итог 1 – неравенство выполнено, так как  $7811 \geq 5000$ .

Коэффициент защиты  $K_3 \geq 5000$  (согласно Техническому заданию).

Коэффициент защиты для полностью заглубленных зданий определяется по формуле:

$$K_3 = \frac{4.5 \cdot K_n}{V_i + x \cdot K_n} = (4,5 \cdot 4500) / (0,4 + 0,0000009 \cdot 4500) = 20250 / (0,4 + 0,0000009 \cdot 4500) = \\ = 20250 / 0,40405 = 50117,56,$$

где  $K_n$  – кратность ослабления перекрытием подвала (цокольного этажа) вторичного излучения, рассеянного в помещении первого этажа, определяемая в зависимости от веса  $1 \text{ м}^2$  перекрытия по таблице 9.1 свода правил,

$$K_n = 4500;$$

$V_i$  – коэффициент, зависящий от высоты и ширины помещения и принимаемый по таблице 9.5 свода правил,  $V_i = 0,4$  (глубина 4,6 м / ширина 40 м);

$x$  – при наличии нескольких входов значение определяется как сумма значений по всем входам, по формуле:

$$x = \sum_1^n \frac{K_{вх}}{K_{ст.э}} \cdot \Pi_{90} = (0,004/5000 \cdot 0,5) + (0,005/5000 \cdot 0,5) = 0,0000004 + 0,0000005 = \\ = 0,0000009$$

где  $n$  – количество входов,  $n = 2$ ;

$K_{вх}$  – коэффициент, характеризующий конструктивные особенности входа и его защитные свойства, принимаемый по таблице 9.8 свода правил,

$$K_{вх} \text{ (центральный вход)} = 0,004,$$

$$K_{вх} \text{ (запасной выход)} = 0,005;$$

$K_{ст.э}$  – кратность ослабления излучения стенкой-экраном (дверью).

Проектом выбраны двери защитные имеющие сертификат завода изготовителя  $K_{ст.э} = 5000$ .

$P_{90}$  – коэффициент, учитывающий тип и характеристику входа, принимаемый по таблице 9.7 свода правил.  $P_{90} = 0,5$  (вход тупиковый с поворотом на 90, одинаково как для первой, так и для второй двери).

Промежуточный итог 2 – неравенство выполнено, так как  $50117,56 \geq 5000$ .

Итог – запроектированное убежище соответствует требованиям раздела 9 свода правил.

## **9 Санитарно-технические системы**

### **9.1 Вентиляция и отопление убежищ**

9.1.1 На случай выхода из строя внешних источников электроснабжения и водоснабжения в убежищах должны предусматриваться аварийные запасы воды, местные источники освещения, резервуары для приема фекальных вод.

При необходимости обеспечения бесперебойной работы инженерно-технического оборудования в убежищах допускается после соответствующего технико-экономического обоснования устройство местных или групповых (на группу убежищ) автономных источников электро- и водоснабжения (дизель-электроагрегатов, артезианских скважин).

При устройстве групповых автономных электро- и водоисточников для снабжения потребителей электроэнергией и водой необходимо максимально использовать существующие внешние инженерные сети.

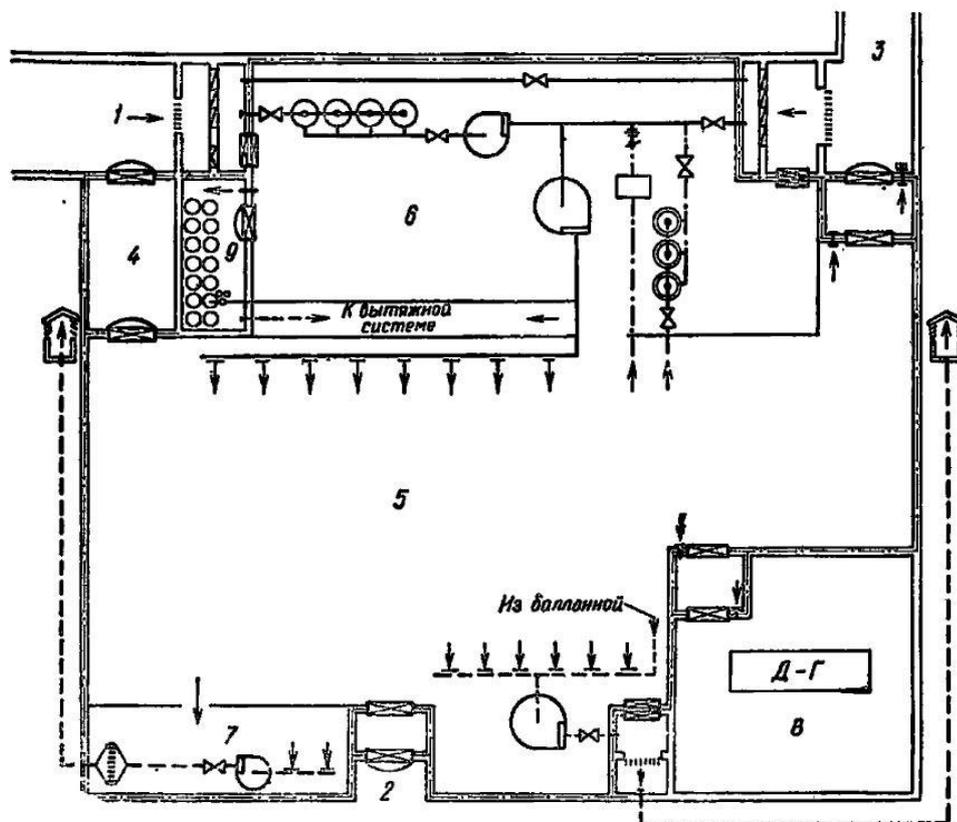
Решения по устройству защищенных источников электроснабжения и водоснабжения должны быть увязаны с общими инженерно-техническими мероприятиями, проводимыми в целях повышения устойчивости работы промпредприятия.

9.1.2 При расположении убежищ в местах, где возможны сплошные пожары или сильная загазованность территории вредными веществами от вторичных факторов, следует предусматривать режим полной изоляции с регенерацией внутреннего воздуха.

В этом случае убежища следует проектировать повышенной герметичности из монолитного, сборно-монолитного или сборного железобетона с оклеенной или другими видами гидроизоляции. Специальные установки для поддержания подпора воздуха не предусматриваются.

Этот режим распространяется на производства нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и химической промышленности, отдельные производства металлургической промышленности и на цеха, связанные с применением растворителей, склады лесных, горючих и смазочных материалов и другие пожароопасные производства, устанавливаемые министерствами и ведомствами РФ.

Схемы вентиляции убежищ с учетом перечисленных режимов и устанавливаемого в сооружениях оборудования приведены на рисунках 62, 63.



### Условные обозначения

	Граница герметизации		Электроручной вентилятор с указателем расхода
	Защитно-герметическая дверь или ставень		Вентилятор с электроприводом
	Герметическая дверь или ставень		Фильтр поглотитель
	Дверь глухая уплотненная с порогом		Регенеративный патрон
	Защитное устройство в стене		Противопыльный фильтр
	Защитное устройство на поворотной раме		Клапан герметический
	Приточный воздуховод		Клапан избыточного давления
	Вытяжной воздуховод		Направление движения воздуха
	Рециркуляционный воздуховод		Отверстие на воздуховоде
	Дизель-генератор		Диафрагма
	Кислородный баллон с редуктором		Регулирующее устройство
			Воздухоохладитель

Рисунок 62 – Принципиальная схема вентиляции убежища с дизельной электростанцией для режимов I, II и III вентиляции:  
 1 – вход основной; 2 – вход №2; 3 – аварийный выход; 4 – тамбур-шлюз входа; 5 – помещение для укрываемых; 6 – фильтровентиляционная камера; 7 – санитарный узел; 8 – дизельная электростанция (ДЭС); 9 – баллонная

На рисунке 62 показаны два варианта обслуживания противопыльных фильтров.

Для системы фильтровентиляции показан вход в чистую часть воздухоприемной камеры через два герметических ставня. Для прохода к ячейкам фильтров в перегородке, на которой они установлены, предусмотрена дверь с уплотнением, применяемая в обычных вентиляционных камерах.

Доступ к противопыльным фильтрам системы чистой вентиляции осуществляется через грязную часть воздухоприемной камеры. Выбор того или другого решения зависит от планировки помещений камеры.

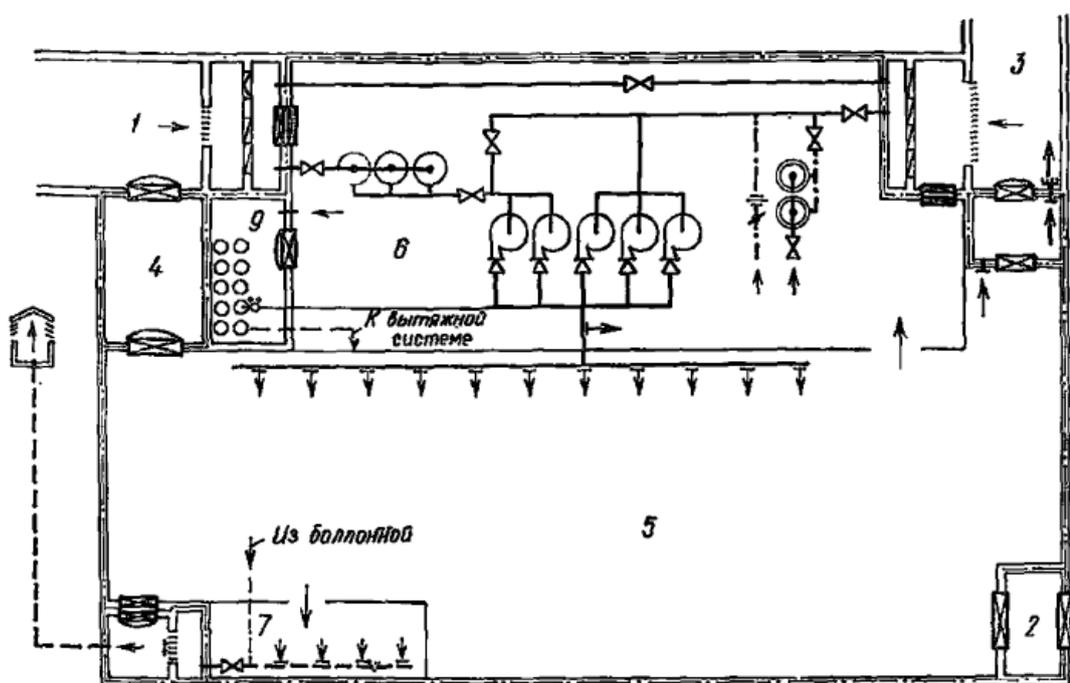


Рисунок 63 – Принципиальная схема вентиляции убежища, оборудованного электроручными вентиляторами для режимов I, II и III вентиляции

На рисунках 62 и 63 показаны различные варианты входа в вытяжную камеру вытяжной системы вентиляции. На рисунке 62 показан вход в камеру после защитного устройства.

В этом случае устанавливаются два герметических ставня и защитное устройство на поворотной раме (УЗС-8 или УЗС-25). Вход в зону обслуживания защитного устройства осуществляется через проем самого устройства.

Вариант на рисунке 63 предусматривает вход в камеру со стороны зоны обслуживания защитного устройства.

В этом случае внутренний ставень должен быть защитно-герметический, а защитное устройство может устанавливаться без поворотной рамы (УЗС-1 или МЗС).

Вентиляция убежища должна решаться совместно с вентиляцией ДЭС, так как зависит от принятого типа дизель-электроагрегата, способа его охлаждения и других причин.

При применении дизель агрегатов с водоводяной и прямоточной системами охлаждения, а также при водовоздушной системе с вынесенным узлом охлаждения (радиатором) вентиляция помещения ДЭС должна производиться воздухом, удаляемым из помещения убежища, для чего в стене, отделяющей убежище от ДЭС, устанавливается патрубок с герметическим клапаном. Воздух в помещение ДЭС поступает за счет подпора в помещении убежища.

В случае, если для вентиляции ДЭС при режиме II требуется воздуха больше, чем можно подать его из помещения для укрываемых, может быть целесообразно соответственно увеличить производительность системы фильтровентиляции, чтобы сохранить помещение ДЭС чистым, не прибегая к вентиляции загрязненным воздухом.

При применении дизель-агрегатов с водовоздушным охлаждением и невыносным узлом охлаждения (радиатором), как правило, вентиляции ДЭС делается независимой от убежища, и только при дизель-агрегатах малой мощности в 1-м и 2-м климатических районах возможно вентилировать ДЭС при режиме II за счет воздуха убежища.

Целесообразно вход в ДЭС совмещать с вентилируемым входом в убежище. В этом случае кроме уменьшения строительных работ отпадает необходимость в установке одной герметической двери, минимум двух КИДов и противовзрывного устройства.

9.1.3 Расчет количества наружного воздуха, подаваемого в убежища производят в соответствии с п. 10.2.4 свода правил.

При определении поверхности ограждающих конструкций учитываются поверхности, выходящие непосредственно в помещения для укрываемых, а также в сообщающиеся с ними подсобные помещения (санузлы, венткамеры и т. д.).

В отдельно стоящих убежищах следует учитывать поверхности пола, потолка и всех стен, примыкающих к грунту, а также внутренних капитальных стен толщиной, не менее чем в 2 раза превышающей расчетную глубину прогрева ограждения, определяемую по формуле

$$\delta_p = 1,13 \sqrt{az}, \text{ м}, \quad (58)$$

где  $a = \frac{\gamma}{\gamma c}$  – коэффициент температуропроводности материала ограждения, м<sup>2</sup>/ч;

$\gamma$  – коэффициент теплопроводности, ккал/м·ч·°С;

$\gamma$  – объемный вес материала, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  – теплоемкость материала, ккал/кг·°С;

$z$  – продолжительность режима II вентиляции, ч.

Наименьшая толщина учитываемых внутренних стен наиболее часто встречающихся конструкций (железобетонных, бетонных и кирпичных) составляет 0,37–0,4 м.

Во встроенных убежищах при определении поверхностей ограждающих конструкций площадь потолка учитывается только при наличии над ним засыпки толщиной не менее 0,5 м.

Увеличение поверхности ограждающих конструкций для борьбы с теплоизбытками является неэкономичным мероприятием и может применяться только в случаях, когда увеличение размера убежища по конструктивным и планировочным условиям не вызывает большого его удорожания и не выходит за пределы установленной нормы 0,75 м<sup>2</sup> пола на одного укрываемого.

Необходимая поверхность ограждающих конструкций для удаления всех тепловыделений может быть определена по формулам:

при режиме II:

$$F = \frac{Q - 1.2L(23.5 - t_{нар})}{q_{огр}}, \quad \text{м}^2, \quad (59)$$

при режиме III:

$$F = \frac{Q}{q_{огр}}, \quad \text{м}^2, \quad (60)$$

где  $L$  – количество воздуха подаваемого фильтровентиляцией,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

9.1.4 Отведение теплоизбытков предусматривают в соответствии с п. 10.2.5 свода правил.

В случае, если увеличением объема фильтровентиляции удалить теплоизбытки не представляется возможным, а также при наличии режима III, то следует предусматривать искусственное охлаждение воздуха.

Наиболее простым способом искусственного охлаждения воздуха является применение пластинчатых калориферов, питаемых холодной водой из артезианской скважины, от холодильных машин или из заглубленного защищенного от ударной волны резервуара.

9.1.5 Наиболее дешевым источником холода для устройств охлаждения воздуха является вода, сохраняемая в подземном резервуаре. Подземные резервуары могут располагаться под убежищами или выполняться отдельно стоящими. Но применение их возможно только в том случае, если температура сохраняемой в них воды в самое жаркое время будет не выше  $+20^\circ\text{C}$ .

Наиболее дешевым источником холода является вода, сохраняемая в подземном резервуаре. Подземные резервуары могут располагаться под убежищами или выполняться отдельно стоящими. Но применение их возможно только в том случае, если температура сохраняемой в них воды в самое жаркое время будет не выше  $+20^\circ\text{C}$ .

Если объект, где располагается убежище, снабжается водой из подземных источников или горных рек и температура воды в водопроводной сети в самое жаркое время не превышает  $+20^\circ\text{C}$ , подземный резервуар может заполняться в период подготовки убежища к действию.

В большинстве же случаев в южных районах температура воды в водопроводной сети выше  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и поэтому для воздухоохлаждающих установок без применения холодильных машин или кондиционеров не может быть использована. В этих случаях резервуар должен заполняться заблаговременно (например, весной), чтобы вода в нем в самое жаркое время года равнялась температуре грунта. Температуру воды в таких резервуарах при расчете воздухоохлаждающих установок следует принимать равной средней температуре грунта в пределах внутренней высоты резервуара.

При невозможности получения в резервуаре воды с температурой ниже  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в качестве источника холода можно применять артезианские скважины.

Кроме экономических соображений применение артезианских скважин ограничивается невозможностью в засушливых районах получения воды даже со значительных глубин, а также во избежание заиливания, необходимостью эксплуатации их в мирное время, строгого санитарного надзора за ними и т. п.

Холодильные машины следует применять в случаях, когда устройство артезианской скважины невозможно или экономически не оправдано. При применении холодильных машин надобность в устройстве заглубленных защищенных резервуаров не отпадает, так как у всех выпускаемых промышленностью машин (кроме машин малой холодопроизводительности) охлаждение конденсаторов производится водой. Однако емкость резервуара получается значительно меньшей, так как нагрев воды производится до более высокой температуры.

Наряду с калориферными установками, питаемыми холодной водой от холодильных машин, для удаления теплоизбытков в убежищах можно применять автономные кондиционеры.

Воздухоохладители устанавливаются на рециркуляционном воздуховоде чистой вентиляции до подмешивания воздуха фильтровентиляции и регенерации.

Поглощение тепла ограждающими конструкциями при расчете воздухоохлаждающих установок учитывается при температурах поверхностей ограждающих конструкций, не выше:

26 °С – при температуре в помещении 30 °С;

24 °С – то же, 28 °С.

В убежищах, в которых предусматриваются только режимы I и II вентиляции, располагаемых в районах с температурами ограждающих конструкций, т. е. со среднемесячными температурами самого жаркого месяца ниже указанных, удаление теплоизбытков обеспечивается за счет увеличения объема фильтровентиляции. Прибегать же к применению воздухоохлаждающих установок приходится только в районах со среднемесячными температурами выше 26°С. Поэтому в убежищах с двумя режимами вентиляции при расчете воздухоохлаждающих установок практически учитывать поглощение тепла ограждающими конструкциями не приходится.

9.1.6 Воздухозаборы для различных режимов вентиляции проектируют в соответствии с п.10.2.8 свода правил.

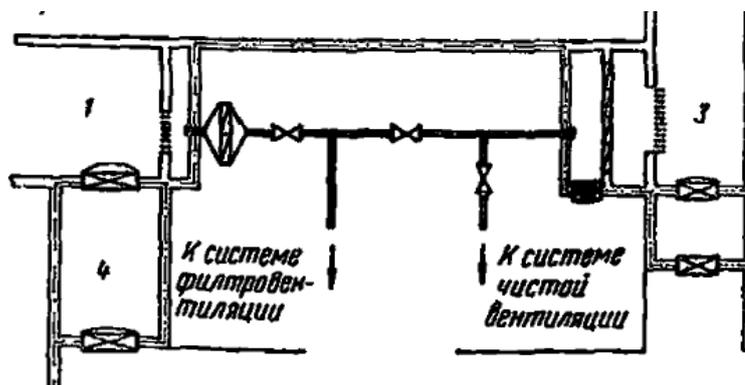


Рисунок 64 – Вариант установки перемычки между воздуховодами

Воздухозабор чистой вентиляции в случае его несовмещения с аварийным выходом и воздухозабор фильтровентиляции, располагаемый вне здания, должен осуществляться через воздухозаборные шахты (оголовки), снабженные жалюзийными решетками и рассчитанные на воздействие ударной волны.

Воздухозаборные шахты чистой вентиляции должны располагаться на незаваливаемой территории, т. е. при расположении низа решетки от поверхности

земли 1,2 м – на расстоянии, равном половине высоты здания плюс 3 м; при расположении решетки на 0,5 м – на расстоянии высоты здания.

При удалении воздухозаборной шахты на расстояние менее половины высоты  $H$  здания высоту расположения решетки следует принимать по интерполяции между величинами 1,2 м и высотой завала у здания  $h_3 = 0,1H + 0,7$  м.

Воздухозаборы систем фильтровентиляции допускается располагать на заваливаемой территории или внутри здания (в лестничных клетках, предтамбурах).

В тех случаях, когда вследствие завала воздухозабор второго режима использовать не представляется возможным, допускается для фильтровентиляции пользоваться воздухозабором первого режима, для чего в системе вентиляции предусматривается перемычка.

Воздуховоды приточных и вытяжных систем, прокладываемые снаружи, могут выполняться в строительных конструкциях, рассчитываемых на воздействие соответствующей ударной волны, или монтироваться из стальных электросварных труб.

9.1.7 Пункт 10.2.9 свода правил предусматривает установку на вводе воздухозаборных и вытяжных трактов в убежище противовзрывных устройств (ПВУ) с расширительными камерами после них.

При воздействии давления ударной волны подпружиненные лопасти секции МЗС, так же как и лопасти УЗС-8 и УЗС-25 поворачиваются на осях и перекрывают живое сечение опорной решетки и вентиляционный канал. За противовзрывное устройство проскакивает лишь незначительная часть ударной волны с малым временем действия.

Давление в проскочившей ударной волне снижается до безопасной величины в расширительной камере или в воздуховоде за ПВУ.

Для снижения давления проникшей ударной волны до безопасной величины и для сохранения фильтровентиляционного оборудования за ПВУ устраиваются расширительные камеры. В объем камеры включается также объем соответствующих участков трубопроводов и каналов.

При установке секций МЗС на воздуховоде диаметром не менее 0,2 м и при расстоянии от секции до вентиляционного оборудования не менее 4 м, расширительную камеру можно не устраивать. Размеры каналов и расширительных камер должны обеспечивать удобство монтажа и обслуживания ПВУ.

Расчет прочности стенок расширительных камер и каналов за ПВУ следует производить на статическое давление 5500 кгс/м<sup>2</sup>.

Противовзрывные устройства вытяжных систем вентиляции в целях предохранения от обледенения должны устанавливаться в местах, где температура воздуха не будет ниже 0, поэтому устанавливать их в оголовках и в шахтах, расположенных вне сооружений, не следует.

Противовзрывные устройства МЗС, УЗС-8 и УЗС-25 предназначены для применения в системах вентиляции при номинальных расходах воздуха соответственно 1500, 8000 и 25 000 м<sup>3</sup>/ч.

9.1.8 В убежищах с защищенным источником электроснабжения следует применять вентиляторы с электрическим приводом.

Вентиляторы с электроручным приводом рекомендуется применять при количестве их не более десяти, объединяя в группы по 4–5 параллельно работающих агрегатов.

На каждом вентиляторе ЭРВ-49 должен устанавливаться табельный расходомер, который служит для измерения количества подаваемого вентилятором воздуха, а также выполняет роль обратного клапана.

Наряду с вентиляторами ЭРВ-49 для чистой вентиляции и вытяжных систем могут применяться вентиляторы типа Ц4-70, смонтированные с редукторами общего назначения.

Можно также использовать вентиляторы и других номеров серии Ц4-70 в сочетании с редукторами ЦДН-17,5.

Длина ручки на рукоятке привода редуктора должна быть не менее 400 мм, а длина самой рукоятки 300 мм.

При наличии ДЭС для чистой вентиляции, фильтровентиляции и вытяжных систем применяются центробежные вентиляторы с электроприводами, выпускаемые серийно промышленностью и применяемые в гражданском строительстве.

Следует устанавливать отдельные вентиляторы для чистой вентиляции и фильтровентиляции. Резервные вентиляторы предусматривать не требуется.

Вентилятор фильтровентиляции устанавливается последовательно с вентилятором чистой вентиляции (см. рисунки 62, 63), который работает в течение всего периода укрытия людей.

При переводе убежища на режим фильтровентиляции вентилятор чистой вентиляции переключается на рециркуляцию. Воздух фильтровентиляции подается в воздуховод перед вентилятором чистой вентиляции, т. е. подмешивается к рециркуляционному воздуху.

Данная схема вентиляции убежищ рекомендована указаниями по следующим соображениям.

1. Количество воздуха, подаваемого при фильтровентиляции меньше количества, подаваемого при чистой вентиляции. Поэтому при подаче воздуха фильтровентиляции по воздуховодам чистой вентиляции без рециркуляции скорости воздуха в них будут очень малы, что не обеспечит гидравлическую устойчивость работы системы и равномерное распределение воздуха по всем зонам помещения.

2. При чистой вентиляции скорость выхода воздуха из приточных отверстий принимается равной 2–2,5 м/с, следовательно, при фильтровентиляции без рециркуляции она будет составлять 0,25–0,5 м/с, т. е. будет не ощутима.

3. Подача воздуха фильтровентиляцией перед вентилятором чистой вентиляции обеспечивает хорошее очищенное воздуха с внутренним воздухом убежища, который содержит повышенную концентрацию CO<sub>2</sub>.

4. При установке вентиляторов последовательно в случае выхода из строя вентилятора фильтровентиляции наружный воздух может быть подан в небольшом количестве вентилятором чистой вентиляции.

9.1.9 Для очистки воздуха от отравляющих веществ и бактерий применяются фильтры-поглотители типа ФП-100/50; ФП-100У; ФП-300 (69). Фильтры komponуются в колонки по 3 шт. До и после фильтров должны устанавливаться герметические клапаны.

В убежищах, не имеющих защищенных источников электроснабжения (ДЭС), для подачи и очистки наружного воздуха от отравляющих веществ и бактериальных средств рекомендуется применять фильтровентиляционные агрегаты ФВА-49, ФВК-1, ФВК-2, ФВКП-М-1, ФВКП-М-2 и др.

Для очистки подаваемого воздуха от пыли рекомендуется применять ячеювые масляные фильтры типа ФЯР, но могут применяться и другие противопыльные фильтры с коэффициентом очистки не ниже 0,7 и выдерживающие давление (разряжение) ударной волны до 0,2 кгс/см<sup>2</sup>.

При количестве фильтров до двух ячеек их можно устанавливать на воздуховоде в коробе, при большем количестве следует устанавливать в стене. Фильтры, как правило, должны устанавливаться так, чтобы обслуживались они со стороны подхода к ним неочищенного воздуха, т. е. со стороны грязной зоны. В случае необходимости установки их со стороны чистой зоны фильтрующие сетки в ячейках фильтра должны быть переложены в обратном порядке.

Фильтры в убежищах всегда располагаются в негерметизированной зоне, поэтому вход в камеру к фильтрам из незащищенной зоны должен оборудоваться защитногерметическим ставнем, при устройстве входа из герметизированной зоны – двумя герметическими ставнями.

Для прокачки воздуха через регенеративные патроны используются вентиляторы чистой вентиляции.

Воздух для регенерации можно забирать непосредственно из помещения фильтровентиляционной камеры. Для подачи воздуха к патронам над ними прокладывается распределительный воздуховод. До и после всей группы устанавливаемых регенеративных патронов устанавливаются герметические клапаны.

Воздуховод, идущий от регенеративных патронов, присоединяется к системе чистой вентиляции перед вентилятором.

При режиме регенерации предусматривается рециркуляция внутреннего воздуха, к которому подмешивается регенерированный воздух. Потери давления в рециркуляционном воздуховоде или рециркуляционной заслонке, установленной в стене камеры, должны равняться сопротивлению регенеративных патронов и воздуховодов от них до точки присоединения к системе чистой вентиляции.

Регенеративные патроны поглощают  $\text{CO}_2$ . Восстановление же содержания в воздухе кислорода осуществляется за счет добавления к нему сжатого кислорода из баллонов. Кислород применяется медицинский по ГОСТ 5583, хранимый в стальных бесшовных баллонах по ГОСТ 947, преимущественно емкостью 40 л, с условным давлением  $150 \text{ кгс/см}^2$  (тип А-40). Баллоны имеют наружный диаметр 219 мм, длину корпуса 1390 мм и вес 60 кг. Ограждения помещения для хранения кислородных баллонов должны быть рассчитаны на прочность от воздействия на них ударной волны при возможном взрыве баллона. Вентиляция в помещении хранения кислородных баллонов устраивается только вытяжной в размере двукратного обмена в 1 ч, присоединяемой к вытяжной системе чистой вентиляции убежища, или только приточной, присоединяемой к приточной системе чистой вентиляции. Для подачи или выхода воздуха из помещения следует под потолком помещения делать отверстие.

Кислород подается в воздуховод после вентилятора системы чистой вентиляции через кислородные редукторы ДКП-1-66, БКО-50-КР2 и др. Над баллонами прокладывается труба  $\text{Ду} = 20 \text{ мм}$ , к которой при помощи дюритовых шлангов диаметром 8 мм присоединяются редукторы. Количество редукторов должно определяться из условия, чтобы на каждый из одновременно работающих дозирующих устройств приходилось три редуктора: один будет в работе, другой подготавливаться к работе и третий резервный, на случай поломки или замерзания одного из редукторов. Причем общее количество редукторов должно быть не меньше четырех.

Дозирование кислорода производится при помощи устанавливаемых на выходных штуцерах редукторов дюз (калиброванных отверстий) (рисунок 65), позволяющих по давлению на вторичном манометре регулировать количество подаваемого кислорода.

В сооружениях вместимостью до 150 человек следует применять дюзу с отверстием диаметром 1,1 мм (рисунок 66), в сооружениях вместимостью больше 150 человек – диаметром 2,2 мм (дюза № 2).

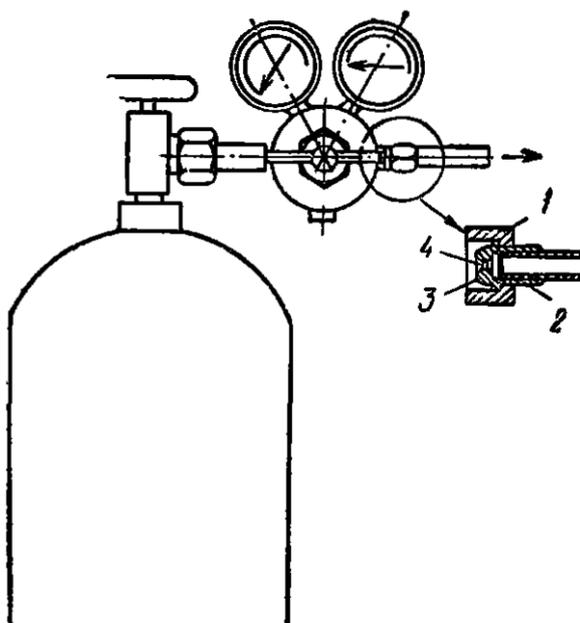


Рисунок 65 – Установка дюзы в кислородном редукторе:  
1 – накидная гайка; 2 – сварка; 3 – дюза; 4 – калиброванное отверстие

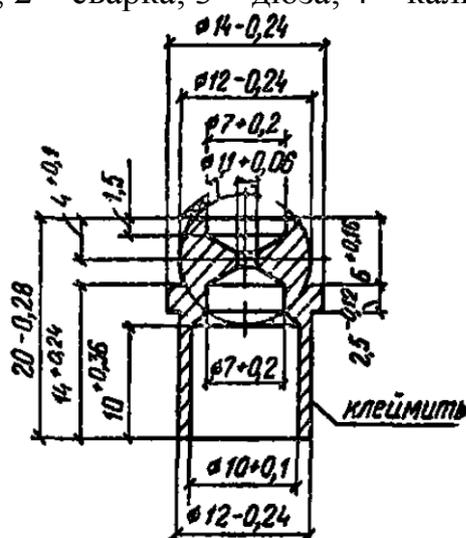


Рисунок 66 – Дюза №1

Давление в баллоне (на первичном манометре) должно быть не менее чем в 2 раза больше давления перед отверстием.

График на рисунке 67 позволяет для заданной вместимости сооружения (ось ординат) определять давление (ось абсцисс), которое должно быть установлено на вторичном манометре для дозирования кислорода через редуктор по норме из расчета 25 л кислорода на одного человека в 1 ч.

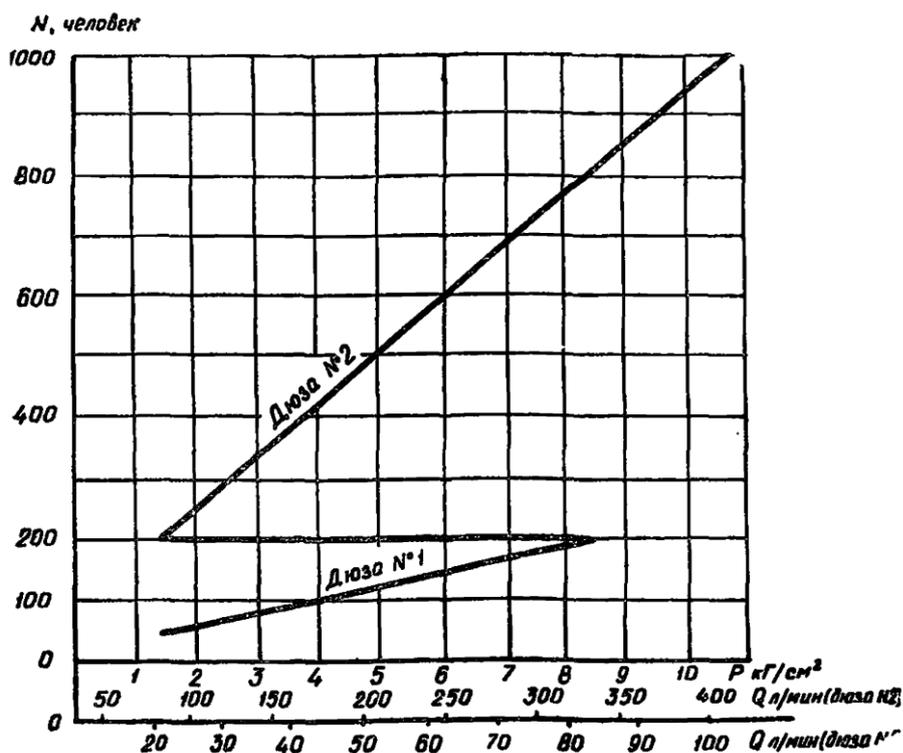


Рисунок 67 – График для определения давления на вторичном манометре редуктора, при котором обеспечивается дозирование кислорода из расчета 25 л/ч·чел

Расчет по графику ведется на одно дозирующее устройство (один баллон). Количество же одновременно работающих дозирующих устройств следует принимать из расчета обслуживания одним устройством не более 900 человек. При больших нагрузках на одно устройство в баллонах остается большое количество неиспользованного кислорода.

Общее количество устанавливаемых кислородных баллонов определяется по формуле:

$$n = \frac{25Nz}{V_6}, \quad \text{шт}, \quad (61)$$

где  $N$  – вместимость убежища, чел.;

$z$  – продолжительность режима полной изоляции, ч;

$V_6$  – полезный объем кислорода в баллоне, л.

Полезный объем кислорода в баллоне определяется по формуле

$$V_6 = V_n \left(1 - \frac{2P_2 + 1}{P_n + 1}\right), \quad \text{л}, \quad (62)$$

где  $V_n$  – начальный объем кислорода в баллоне, л;

$P_2$  – давление по вторичному манометру, определяемое по графику на рисунке 67, в зависимости от количества людей, обслуживаемых баллоном, кгс/см<sup>2</sup>;

$P_n$  – начальное давление в баллоне, кгс/см<sup>2</sup>.

Начальный объем кислорода в баллоне А-40 при давлении 150 кгс/см<sup>2</sup>, отнесенный к нормальным условиям (температура 20 °С, давление 760 мм рт. ст.), согласно ГОСТ 5583—78, составляет 6240 л.

Для ориентировочных расчетов полезный объем кислорода в баллоне А-40 можно принимать равным 5600 л (90% полного).

Регенеративная установка не только поглощает из воздуха углекислый газ, но и обогащает его кислородом, поэтому при применении ее предусматривать кислородные баллоны не требуется.

9.1.10 Системы вентиляции должны обеспечивать равномерное распределение воздуха по помещению. Поэтому как приточные, так и вытяжные системы должны иметь разветвленные сети воздуховодов, обеспечивающие проветривание всех зон, где находятся укрываемые.

Если убежище имеет несколько помещений для пребывания укрываемых, то должны быть обеспечены подача и удаление воздуха из каждого помещения в объеме, соответствующем количеству укрываемых.

Выпуск воздуха в помещения убежищ следует производить через отверстия с заслонками (воздухораспределительные устройства), закрытые сетками, со скоростью 2–2,6 м/с, если по условиям эксплуатации вентиляции в мирное время не требуется меньшая скорость и другое оформление выпускных отверстий.

9.1.11 Устраивать вентиляцию, как правило, следует в тамбуре аварийного выхода. И только при отсутствии у аварийного выхода тамбура, что может иметь место в убежищах малой вместимости, устраивать вентиляцию в одном из эвакуационных выходов.

Вентиляция тамбуров может осуществляться следующими способами:

- продувкой тамбура при помощи системы фильтровентиляции;
- через устанавливаемые в наружной и внутренней стенах тамбура клапаны избыточного давления (КИД).

При вентиляции тамбура при помощи системы фильтровентиляции (рисунок 68, *а*) воздух, забираемый из тамбура, очищается в фильтрах-поглотителях и при помощи вентилятора фильтровентиляции подается обратно в тамбур. При проветривании тамбура открываются оба герметических клапана.

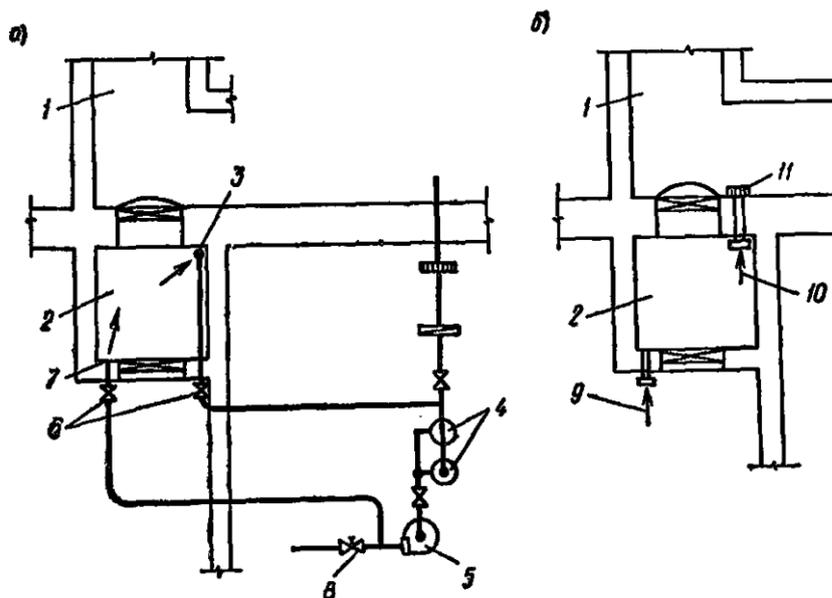


Рисунок 68 – Вентиляция тамбуров:

- а* – при помощи системы фильтровентиляции; *б* – при помощи клапанов избыточного давления; 1 – аварийный выход; 2 – тамбур; 3 – воздухозабор у пола; 4 – фильтры-поглотители; 5 – вентилятор фильтровентиляции; 6 – герметические клапаны; 7 – выпуск воздуха под потолком; 8 – дроссель-клапан; 9 – КИД у пола; 10 – КИД под потолком, 11 – МЗС

Как правило, КИДы должны быть постоянно расстопорены, но при недостатке воздуха для проветривания тамбура (что имеет место при режиме II вентиляции в убежищах малой вместимости или при больших размерах тамбура)

КИДы, установленные на внутренней стене тамбура, должны быть постоянно застопорены (для чего на них имеется стопорное устройство) и расстопориваться только на 6 мин. при входе или выходе укрываемого на поверхность с обеспечением проветривания тамбура за счет сокращения или полного выключения вентиляции санузла.

Увеличивать объем воздуха фильтровентиляции для проветривания тамбура не следует.

Клапаны избыточного давления в вентилируемых тамбурах работают за счет нормируемого подпора в помещении убежища, равного  $5 \text{ кгс/м}^2$ , но так как клапаны, установленные на внутренней и наружной стенах тамбура, работают последовательно, каждый клапан работает за счет подпора, равного  $2,5 \text{ кгс/м}^2$ .

9.1.12 Вытяжная вентиляция, работающая за счет подпора воздуха в помещении, создаваемого приточной системой вентиляции, применяется в основном в убежищах, не обеспеченных защищенным источником электроэнергии, т. е. при применении электроручных вентиляторов. Для уменьшения сопротивления системы, работающей за счет подпора, противовзрывные устройства следует ставить с малой нагрузкой.

Можно устраивать вытяжные системы, работающие за счет подпора и при наличии ДЭС. В этом случае подпор можно принимать больше  $5 \text{ кгс/м}^2$ . В основном при наличии ДЭС следует проектировать вентиляцию с применением электровентиляторов серийного производства.

При размещении в убежище ДЭС, оборудованных дизель-генераторами с водо-водяной системой охлаждения или с водовоздушной и выносным узлом охлаждения, удаление воздуха из помещения для укрываемых при режимах I и II вентиляции (частично или полностью) производится через помещение ДЭС, для чего в стене, отделяющей ДЭС от убежища, устанавливаются герметические клапаны.

Размер клапана может быть определен по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{L}{11360} \sqrt{\frac{\zeta}{h}}}, \quad \text{м}, \quad (63)$$

где  $d$  – диаметр клапана, м;

$L$  – количество проходящего через клапан воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$\zeta$  – коэффициент местного, сопротивления патрубку с установленным в нем клапаном, принимаемый равным 1,9 (вход в патрубок 0,7; клапан 0,2; выход 1 (внезапное расширение при  $\frac{F_0}{F_1} = 1$ ));

$h$  – разность давлений. между помещением для укрываемых и машинным залом ДЭС, кгс/м<sup>2</sup>.

9.1.13 Для воздухопроводов следует применять стальные электросварные трубы по ГОСТ 10704.

Рекомендуемые размеры применяемых труб для наружных прокладок приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Размеры труб, применяемых для воздухопроводов (ГОСТ 10704-76)

Условный проход, мм	150	200	250	300	400	500	600	800	1000
Наружный диаметр и толщина стенки, мм	159x4,5	219x6	273x8	325x8	426x9	530x9	630x9	820x10	1020x10

Скорости воздуха в трубах и каналах при применении электровентиляторов следует принимать 5÷10 м/с, в воздухозаборных решетках – 4÷6 м/с. При применении электроручных вентиляторов скорости воздуха определяются исходя из располагаемого давления.

Из стальных труб следует изготавливать так же воздухопроводы внутри помещений до герметических клапанов, соединительные воздухопроводы между воздухозаборами чистой и фильтровентиляции, а также патрубки для установки герметических клапанов в стенах. Воздуховоды, обвязывающие фильтры ФП и регенеративные патроны, следует изготавливать из листовой стали толщиной 2 мм. Остальные воздухопроводы изготавливаются из тонколистовой стали, в соответствии

с главой СП 60.13330 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Стальные воздуховоды, прокладываемые вне зданий, должны иметь антикоррозионное покрытие.

Пропуск воздуховодов из стальных труб через зону герметизации должен осуществляться в соответствии с примером, изображенным на рисунке 69а, в убежищах с оклеечной изоляцией – согласно рисунку 69б. Пропуск труб отопления, водоснабжения и канализации для возможности их замены должен осуществляться при помощи гильз, как показано на рисунке 69в. При наличии оклеечной изоляции гильза закрепляется в стене (рисунок 69б).

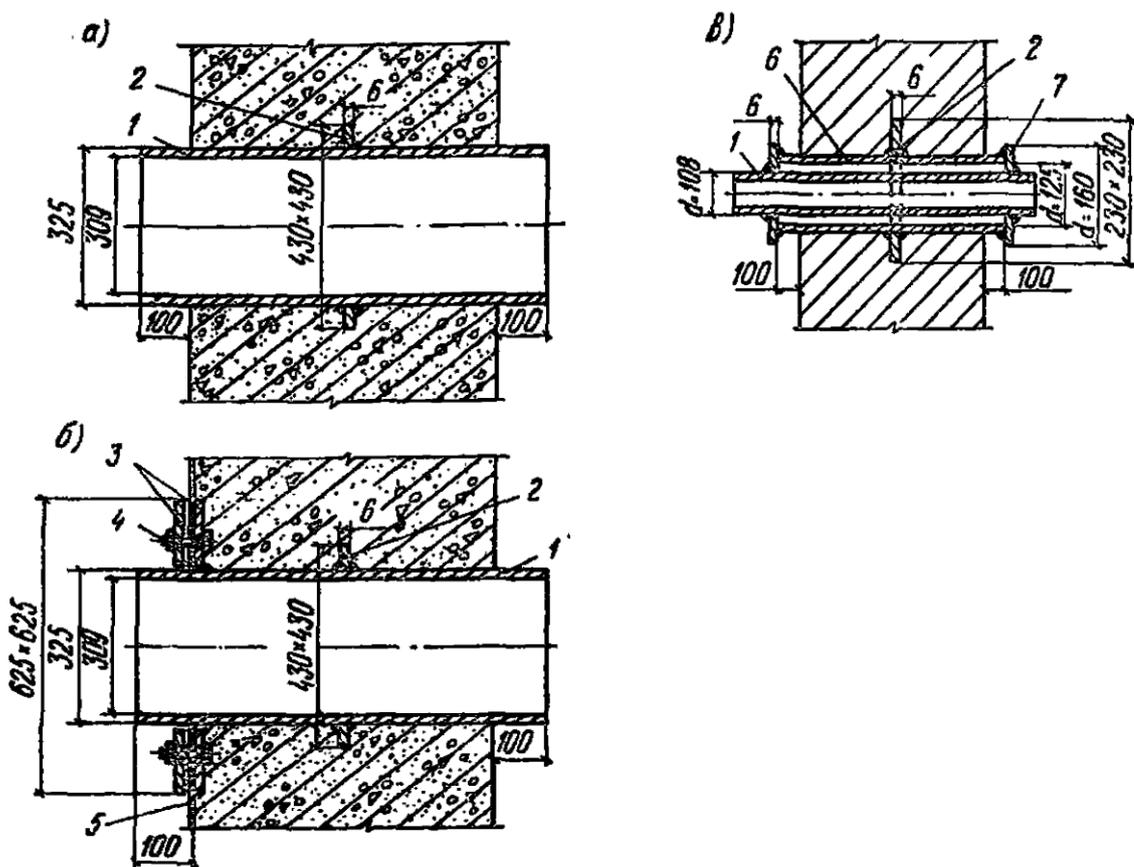


Рисунок 69 – Пропуск стальных труб через монолитные стены по линии герметизации:

*а* – пропуск воздуховодов из стальных труб; *б* – пропуск труб через стены с оклеечной гидроизоляцией; *в* – пропуск труб отопления, водоснабжения и канализации; *1* – труба; *2* – стальное ребро; *3* – квадратные фланцы; *4* – болты; *5* – оклеечная гидроизоляция; *6* – гильза; *7* – фланец приварной

Диаметр гильзы следует принимать больше размера пропускаемой трубы: для  $d_y = 40$  мм на два размера, для  $d_y = 50$  мм и больше на один размер.

Патрубок или гильза соответствующего диаметра с наваренным ребром должны заделываться в стену при ее бетонировании. В дальнейшем к этому патрубку приваривается или присоединяется на фланцах нужный трубопровод.

На вводах трубопроводов, которые обеспечивают функционирование необходимого оборудования после воздействия ударной волны, как, например, подачу воды для воздухоохлаждающих установок от внешних артезианских скважин или внешних резервуаров, следует предусматривать устройства, исключающие возможность повреждения вводов при осадке убежищ относительно окружающего грунта.

9.1.14 Отопление в помещениях убежища нужно только для периода мирного времени. При заполнении убежища отопление должно отключаться, так как тепло, выделяемое людьми, превышает теплотери помещения для самых низких наружных температурах.

Для убежища никаких особых требований к теплоносителю и приборам не предъявляется.

Так как убежища располагаются ниже уровня земли, благодаря чему теплотери ограждениями в них небольшие, отопление в них обычно осуществляется прокладкой по периметру здания одной или двух гладких труб на высоте примерно 300 мм от пола.

При установке в приточной камере убежища для мирного времени калориферов для подачи к ним теплоносителя можно предусматривать отдельную ветку, но можно использовать и трубы отопления. В этом случае калориферы присоединяются к отопительной трубе с устройством обвода, на котором устанавливается шайба.

При выключенных калориферах нужное количество теплоносителя для отопления обеспечивается шайбой. При открытии же кранов у калориферов коли-

чество проходящего по трубам теплоносителя увеличивается до нужного для нормальной работы калориферов.

Калориферы для подогрева воздуха в мирное время устанавливаются за герметическим клапаном (считая по ходу воздуха).

До герметического клапана калориферы устанавливать не следует. Установка калориферов на обводной линии обязательна при электроручных вентиляторах, чтобы можно было исключить их сопротивление при работе вентиляторов с ручным приводом. При наличии ДЭС устройство обвода не обязательно.

При пуске приточной камеры по режиму чистой вентиляции во избежание замерзания из калориферов должна выпускаться вода, для чего на подводках к ним теплоносителя устанавливаются воздушный и спускной краны.

## 9.2 Вентиляция дизельных электрических станций

9.2.1 Целью вентилирования ДЭС, кроме удаления тепловыделений, является разбавление газообразных вредностей, выделяющихся при работе дизеля, до безопасных концентраций и подача воздуха на горение топлива в дизеле.

В среднем необходимое количество воздуха составляет:

- для разбавления газообразных вредностей 4–5 м<sup>3</sup>/ч на 1 л.с.;
- на горение топлива 6,8–8,2 м<sup>3</sup>/ч на 1 кВт.

Как видно из приведенных данных, на горение требуется больше воздуха, чем на разбавление вредностей, поэтому, если воздух на горение топлива поступает в дизель из машинного зала, проверку на разбавление вредностей в помещении делать не нужно.

Воздух для вентиляции ДЭС должен забираться на незаваливаемой территории и очищаться от пыли. Воздухозабор ДЭС не допускается совмещать с воздухозабором чистой вентиляции.

9.2.2 Производительность вентиляционной системы ДЭС следует определять для режимов I и II. Если проветривание производится наружным воздухом, температуру его следует принимать соответствующую параметру А СП 60.13330. При определении производительности вентиляционной системы ДЭС для режима

II вместо  $Q_d$  подставляются избыточные тепловыделения, т. е. за вычетом тепла, поглощаемого ограждающими конструкциями.

9.2.3 Вентиляция помещений ДЭС, оборудованных дизель-генераторами с водо-водяной системой охлаждения, при режиме чистой вентиляции и фильтровентиляции должна осуществляться, как правило, воздухом, перетекающим из помещения для укрываемых.

9.2.4 Стационарные аккумуляторные батареи (АКБ) должны устанавливаться в специально предназначенных помещениях. Допускается установка в одном помещении нескольких кислотных батарей (п. 4.4.26 [5]).

Помещения АКБ относятся к производствам категории Е и должны размещаться в зданиях не ниже II степени огнестойкости по противопожарным требованиям. Двери могут быть деревянными (п. 4.4.28 [5]).

Переносные аккумуляторы закрытого типа (например стартерные), применяемые для питания стационарных электроустановок, а так же открытые АКБ до 60 В общей емкостью не более 72 А ч могут устанавливаться как в отдельном помещении с вентиляцией, имеющей естественное побуждение, так и в общем производственном невзрыво- и непожароопасном помещении, в вентилируемых металлических шкафах с удалением воздуха вне помещения. Переносные аккумуляторы закрытого типа, работающие в режиме разряда или постоянного подзаряда, заряд которых производится вне места их установки, могут быть установлены и металлических шкафах с жалюзи без удаления воздуха вне помещения. При соблюдении указанных условий класс помещений в отношении взрыво- и пожароопасности не изменяется (п. 4.4.29 [5]).

Герметичные стационарные АКБ, заряд которых производится при напряжении не выше 2,3 В на элемент, могут устанавливаться в общем производственном взрыво- и пожароопасном помещении при условии установки над ними вентиляционного зонта. При этом класс помещений в отношении взрыво- и пожароопасности не изменяется (п. 4.4.30 [5]).

Вход в помещение аккумуляторной батареи должен осуществляться через тамбур. Устройство входа из бытовых помещений не допускается. Тамбур должен иметь такие размеры, чтобы дверь из помещения АКБ в тамбур можно было открывать и закрывать при закрытой двери из тамбура в смежное помещение; площадь тамбура должна быть не менее 1,5 м<sup>2</sup>. Двери тамбура должны открываться наружу. На дверях должны быть надписи: «Аккумуляторная», «Огнеопасно», «С огнем не входить», «Курение запрещается» (п. 4.4.32 [5]).

Вентиляционная система помещения аккумуляторной батареи должна обслуживать только аккумуляторные батареи и кислотную (п. 4.4.41 [5]).

Отсос газов должен производиться как из верхней, так и из нижней части помещения со стороны, противоположной притоку свежего воздуха. Если потолок имеет выступающие конструкции или наклон, то должна быть предусмотрена вытяжка воздуха соответственно из каждого отсека или из верхней части пространства под потолком. Расстояние от верхней кромки верхних вентиляционных отверстий до полочка должно быть не более 100 мм, а от нижних вентиляционных отверстий до пола – не более 300 мм (п. 4.4.43 [5]).

Стены и потолок помещения аккумуляторной, двери, металлические конструкции, стеллажи и другие части должны быть окрашены кислотостойкой (щелочестойкой) и не содержащей спирта краской. Вентиляционные короба и вытяжные шкафы должны окрашиваться с наружной и внутренней стороны (п. 2.10.5 [6]).

### 9.3 Водоснабжение и канализация убежищ и ДЭС

9.3.1 Системы водопровода и канализации убежищ следует проектировать в соответствии с требованиями СП 30.13330.

В убежищах монтируются системы хозяйственно-питьевого, противопожарного, совмещенного хозяйственно-противопожарного водопровода.

Необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода в убежищах, а также минимальный расход воды на пожаротушение следует определять согласно требованиям СП 10.13130.

9.3.2 Допускается для водоснабжения убежищ использовать защищенную водозаборную скважину.

Скважину рекомендуется размещать в убежище, для чего необходимо предусмотреть отдельное помещение. Размер помещения в плане следует принимать из условия размещения в нем электродвигателя, электрооборудования и контрольно-измерительных приборов (КИП).

Диаметр эксплуатационной колонны труб в скважинах следует принимать при установке насосов: с электродвигателем над скважиной – на 50 мм больше номинального диаметра насоса; с погружным электродвигателем – равным номинальному диаметру насоса.

Верхняя часть эксплуатационной колонны труб должна выступать над полом не менее чем на 0,5 м.

Конструкция оголовка скважины должна обеспечивать полную герметизацию, исключая проникание в межтрубное и затрубное пространства скважины поверхностной воды и загрязнений.

В конструкции скважины необходимо предусматривать возможность проведения замеров дебита, уровня и отбора проб воды, а также производства ремонтно-восстановительных работ при применении импульсных, реагентных и комбинированных методов регенерации при эксплуатации скважин.

Пересечение трубопровода ввода со стенами здания следует выполнять: в сухих грунтах – с зазором 0,2 м между трубопроводом и строительными конструкциями и заделкой отверстия в стене водонепроницаемыми и газонепроницаемыми эластичными материалами, в мокрых грунтах – с установкой сальников.

9.3.3 Рекомендуется для безнапорных баков запаса питьевой воды, используемых в особый период, применять полимерные емкости. При вместимости убежищ до 100 человек и необходимом технико-экономическом обосновании для обеспечения укрываемых водой питьевого качества следует рассмотреть возможность применения запаса бутилированной воды заводского разлива.

9.3.4 Для баков запаса питьевой воды предусматривают:

- трубу для подачи воды в бак с запорным вентилям или задвижкой;
- отводящую трубу к кранам или в разводящую сеть;
- переливную трубу, присоединяемую на высоте наивысшего допустимого уровня воды в баке;
- спускную трубу, присоединяемую к днищу бака и к переливной трубе с вентилям или задвижкой на присоединяемом участке трубопровода;
- водоотводную трубу для отвода воды из поддона (при наличии);
- устройства, обеспечивающие циркуляцию холодной воды в баках, предназначенных для хранения воды питьевого качества;
- датчики уровня воды в баках для включения и выключения насосных установок;
- указатели уровня воды в баках и устройства для передачи их показаний на пульт управления;
- подающие и отводящие трубы могут быть объединены в одну, в этом случае на ответвлении подающей трубы к днищу бака предусматривается обратный клапан и задвижка или вентиль;
- при отсутствии сигнализации уровня воды в водонапорном баке предусматривается сигнальная трубка диаметром 15 мм, присоединяемая к баку на 5 см ниже переливной трубы, с выводом ее в раковину дежурного помещения насосной установки.

9.3.5 В соответствии с п. 10.5.5 свода правил для снабжения водой воздухоохлаждающих установок и дизелей с водяной, комбинированной или радиаторной с переводом на водяную системой охлаждения следует предусматривать запас воды в резервуарах объемом, обеспечивающим работу в течение расчетного срока.

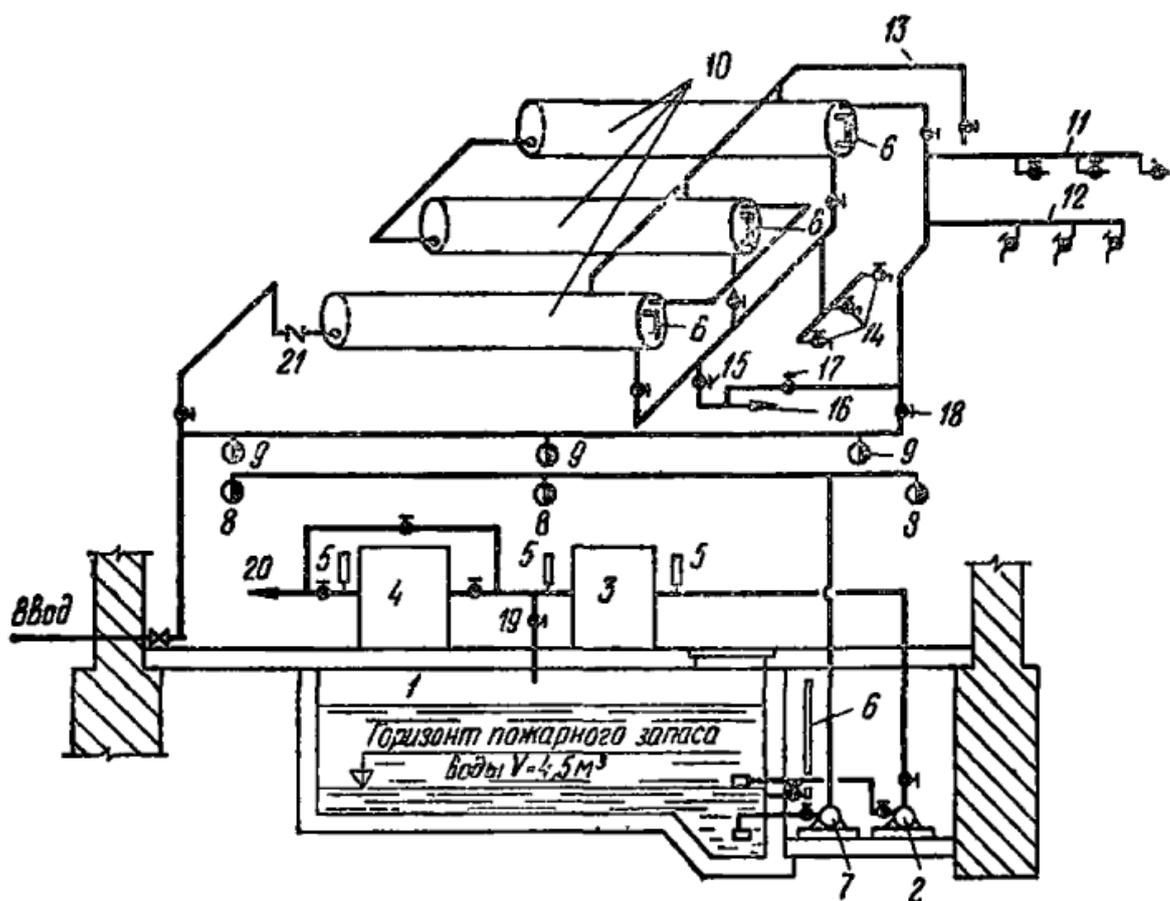


Рисунок 70 – Схема водоснабжения убежищ при наличии воздухоохлаждающих установок и ДЭС с горизонтальным расположением аварийных резервуаров питьевой воды:

1 – запасной резервуар для воздухоохлаждающих установок и ДЭС; 2 – насос воздухоохлаждающих установок; 3 – воздухоохлаждающая установка убежища; 4 – воздухоохлаждающая установка помещения ДЭС; 5 – термометры; 6 – указатели уровня; 7 – пожарный насос; 8 – пожарные краны; 9 – пожарные краны на сети хозяйственно-питьевого водопровода; 10 – проточные резервуары питьевой воды; 11 – подводка к смывным бачкам; 12 – подводка к умывальникам; 13 – воздушная труба; 14 – краны для наполнения питьевых баков; 15 – вентиль для опорожнения резервуаров; 16 – труба к баку разрыва струи; 17 – вентиль для подачи воды на уплотнение и промывку сальников канализационных насосов; 18 – вентиль для подачи воды к приборам при отключении резервуаров 10 от сети (постоянно закрыт); 19 – вентиль для возврата охлаждающей воды в резервуар (при работе воздухоохлаждающей установки убежища по замкнутому циклу); 20 – труба для подачи воды на охлаждение воды внутреннего контура дизеля или на выброс; 21 – обратный клапан

Объем баков запаса воды на технические нужды определяется по паспортным данным установленного оборудования, объему воды в трубопроводах и на восполнение потерь на утечки и испарения в объеме до 10% от общего объема системы.

На выпусках трубопроводов бытовой и ливневой канализации из убежища следует устанавливать обратные клапаны в пределах границ герметизации.

Для постоянной смены воды в резервуарах (постоянного протока) следует в первую очередь использовать разбор воды через установленные в убежище санитарные приборы, т.е. ко всем водопотребителям убежища вода должна подаваться через запасные резервуары. Полный обмен воды в резервуарах должен обеспечиваться в течение пяти суток. Запасные резервуары, находящиеся под давлением водопровода, как правило, следует предусматривать из стальных электросварных труб с наружным диаметром не более 720 мм, с плоскими приварными днищами по торцам. Применение труб большего диаметра нецелесообразно вследствие необходимости устройства торцовых днищ сферической формы, что значительно усложнит работы по изготовлению резервуаров.

В целях исключения утечки воды из запасных резервуаров через ввод при аварии наружного водопровода подающий трубопровод от ввода перед подключением к резервуарам должен быть поднят не менее чем на 0,1 м выше верха запасных резервуаров. Кроме того, на нем должен быть установлен обратный клапан. Отбор воды из резервуаров для подачи к санитарным приборам должен производиться через верхний штуцер, чтобы аварийный запас не мог быть израсходован в санитарных приборах.

Аварийные резервуары для лучшего протока следует соединять последовательно.

В случае, когда санитарные узлы в убежищах в мирное время не эксплуатируются, т. е. в пределах убежищ разбор воды отсутствует, проточность в запасных резервуарах следует обеспечивать:

- во встроенных убежищах путем подключения к санитарным приборам, расположенным за пределами убежищ;
- в отдельно стоящих убежищах путем подключения к наружной водопроводной сети в двух точках или к санитарным приборам расположенного поблизости здания.

На ответвлениях к приборам, расположенным вне убежища, в пределах убежища необходимо предусматривать установку вентилях, которые должны перекрываться после включения в работу водоразборного оборудования убежища.

В схеме водоснабжения, приведенной на рисунке 70, выпуск воздуха из запасных резервуаров при наполнении их водой и впуск воздуха при переходе на использование аварийного запаса надлежит осуществлять через водоразборные краны умывальников.

Специальной воздушной линии в указанной схеме предусматривать не следует.

В схемах водоснабжения с расположением запасных резервуаров горизонтально под потолком убежища (рисунок 70) следует устраивать воздушную линию.

При использовании помещений убежищ в мирное время и при наличии станции перекачки опорожнение резервуаров следует предусматривать в канализационную сеть через бачок с разрывом струи. Бачок рекомендуется принимать типовой № Т-2092 «Бак разрыва струи емкостью 180 л» серии 7.902-4, используя его для подачи воды на уплотнение сальников канализационных насосов.

Давление в трубопроводе, подающем воду на уплотнение сальников, должно быть на  $0,3-0,5 \text{ кгс/см}^2$  (29,43–49,05 кПа) выше рабочего давления насоса.

При отсутствии станции перекачки опорожнение резервуаров убежищ следует предусматривать в канализацию через сливную воронку или трап.

9.3.6 При проектировании санузлов рекомендуется предусматривать изолированные санитарные кабины. Допускается в однополых санузлах отделять санитарные кабины экранами высотой не менее 1,6 м.

Рекомендуется применять в убежищах преимущественно открытую прокладку трубопроводов системы канализации.

В сетях внутренней канализации убежищ рекомендуется применять чугунные канализационные раструбные трубы. Допускается применение полиэтилено-

вых труб низкого давления, поливинилхлоридных труб и полиэтиленовых труб высокого давления (ПНД, ПВХ, ПВД).

Наряду с унитазами и напольными чашами в туалетах, душевых кабинах, а так же в санпропускниках следует применять трапы.

Стоки от трапов санпропускников следует отводить в отдельный от бытового канализационного резервуар. Емкость последнего определяется расчетом.

При выпуске сточных вод из убежищ самотеком на выпусках следует предусматривать установку электрифицированных задвижек, автоматически закрывающихся при повышении уровня стоков в наружной канализационной сети и автоматически открывающихся при понижении уровня.

В канализационных колодцах, к которым подключены выпуски, необходимо предусматривать установку поплавковых реле, контролирующих уровень стоков.

При повышении уровня стоков в колодце до отметки уровня пола убежища контакты поплавкового реле замыкают исполнительную цепь управления электродвижкой на ее закрытие с одновременной подачей звукового сигнала, а при понижении уровня до дна колодца замыкают цепь на открытие задвижки.

В случае если внешняя канализационная сеть проходит выше отметки пола убежища, но ниже пола санузла, сточные воды самотеком удаляются только от санитарных приборов, опорожнение же аварийного резервуара производится принудительно, по одному из приведенных ниже способов.

При самотечном выпуске стоков в наружную канализацию от санитарных приборов и при невозможности самотечного выпуска из аварийного резервуара опорожнение его следует производить ассенизационной машиной с вакуумной (пневматической) загрузкой, с дальнейшим сливом стоков в канализационную сеть или в приемный резервуар ближайшей станции перекачки.

При невозможности применения ассенизационных машин очистку аварийных резервуаров надлежит осуществлять временно устанавливаемым насосом с перекачкой стоков в сеть наружной канализации.

Расчетные секундные расходы сточных вод и процент одновременного действия санитарных приборов надлежит принимать по СП 30.13330 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

9.3.7 При невозможности удаления сточных вод из убежища самотеком следует в соответствии с п.10.5.7 свода правил предусматривать станцию перекачки.

Категория надежности канализационных насосных станций (КНС) – третья согласно СП 32.13330.

Станцию перекачки, размещаемую за пределами убежищ, рекомендуется проектировать полностью заглубленной, без надземной части, с установкой двух вертикальных насосов (рабочего и резервного). Применение вертикальных насосов значительно сокращает габариты насосной станции.

Емкость регулирующего резервуара станции перекачки при отсутствии почасового графика притока принимается равной 8-минутному притоку сточных вод, но не менее 5-минутной производительности рабочего насоса.

Насосную станцию рекомендуется проектировать круглой в плане из сборных железобетонных колец, внутренним диаметром 2,5 м, что является достаточным для размещения необходимого оборудования. Так же возможно применение готовых комплектных КНС с корпусами из армированного стеклопластика и полиэтилена.

Запуск и остановка насосов производится автоматически в зависимости от уровня воды в резервуаре.

Схема канализации со станцией перекачки за пределами убежища приведена на рисунке 71.

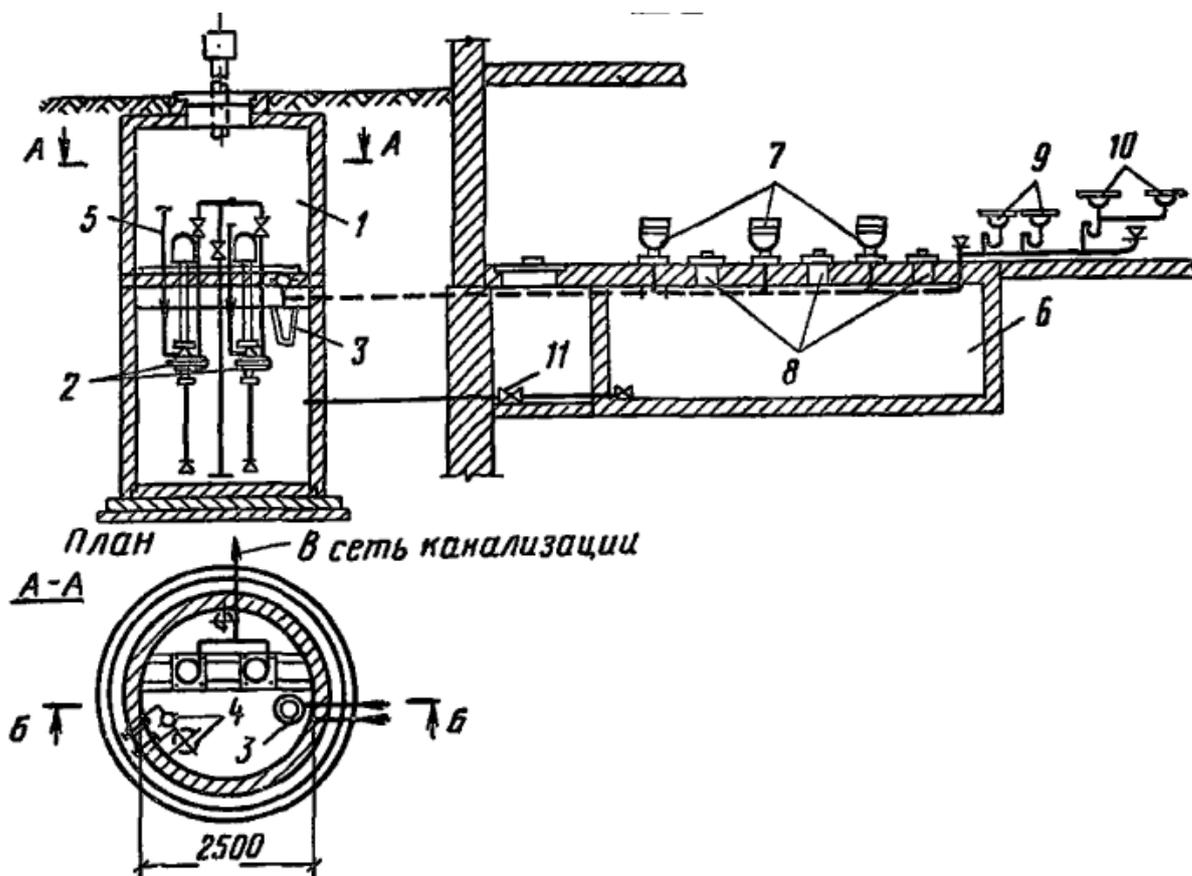


Рисунок 71 – Схема канализации убежища, используемого в мирное время, со станцией перекачки сточных вод:

1 – станция перекачки сточных вод; 2 – вертикальные насосы; 3 – корзина-решетка; 4 – поплавковое реле; 5 – подвод воды на уплотнение и промывку сальников насосов; 6 – аварийный резервуар, используемый только во время пребывания укрываемых в убежище при аварийном состоянии наружного водопровода или канализации; 7 – унитазы; 8 – отверстия с крышками, используемые вместо унитазов; 9 – писсуары; 10 – умывальники; 11 – задвижка для опорожнения и промывки аварийного резервуара после его использования (постоянно закрыта)

КНС в убежище следует размещать в отдельном помещении. компоновка и обвязка оборудования должны обеспечивать возможность замены агрегатов, арматуры и отдельных узлов без остановки работы станции. Резервные насосы можно не предусматривать.

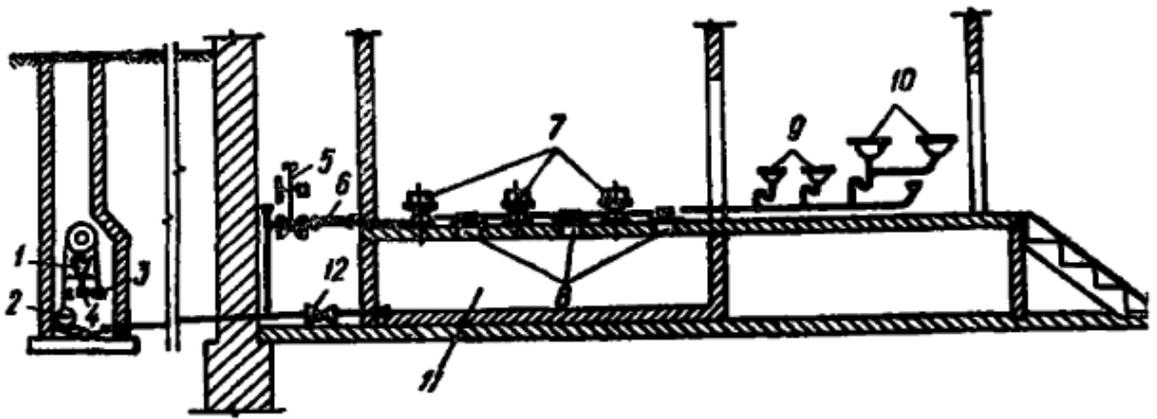


Рисунок 72 – Схема канализации убежища, используемого в мирное время, с выпуском сточных вод в канализацию самотеком:

1 – поплавковое реле; 2 – поплавок, фиксирующий уровень стоков в колодце; 3 – груз, уравнивающий поплавок; 4 – подвижной контакт, подающий сигнал электроприводу задвижки; 5 – задвижка с электроприводом; 6 – ревизия; 7 – унитазы; 8 – отверстия с крышками, используемые вместо унитазов; 9 – писсуары; 10 – умывальники; 11 – аварийный резервуар, используемый только во время пребывания укрываемых в убежище при аварийном состоянии наружного водопровода или канализации; 12 – задвижка для опорожнения и промывки аварийного резервуара (постоянно закрыта)

Насосы следует устанавливать под заливом перекачиваемой жидкости.

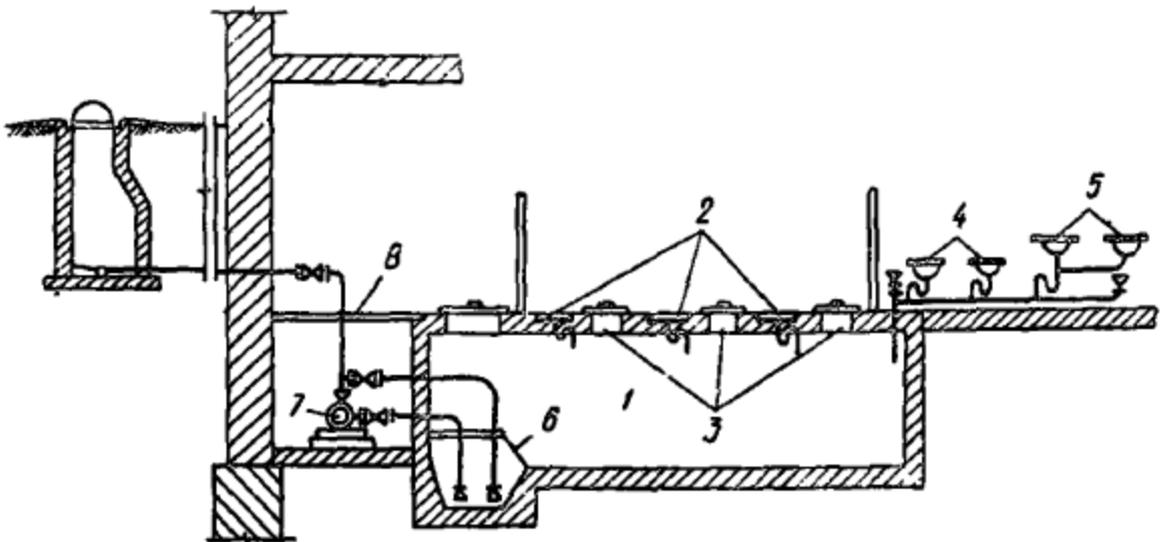


Рисунок 73 – Схема канализации убежища, не используемая в мирное время с размещением станции перекачки в пределах убежища:

1 – приемный резервуар сточных вод, совмещенный с аварийным резервуаром; 2 – клозетные чаши или унитазы; 3 – отверстия с крышками; 4 – писсуары; 5 – умывальники; 6 – решетка; 7 – фекальный насос; 8 – съемное покрытие

В КНС необходимо предусматривать возможность промывки всасывающих и напорных коммуникаций.

Насосные станции с погружными насосами погружной установки необходимо проектировать согласно рекомендациям фирм-изготовителей с учетом их конструктивных и технологических особенностей, а также требований СП 31.13330.

Диаметр всасывающего трубопровода рекомендуется предусматривать больше всасывающего патрубка насоса.

Уклон дна резервуара принимать не менее 0,1.

9.3.8 В соответствии с п. 10.5.8 свода правил отметку пола у санитарных приборов допускается поднимать выше отметки пола помещения убежища. При этом высота от пола у приборов до потолка должна быть не менее 1,7 м. При проектировании санитарных приборов, борта которых расположены ниже уровня люка ближайшего смотрового колодца, следует предусматривать мероприятия, приведенные в СП 30.13330, исключающие затопление убежищ сточными водами.

Санитарные приборы, борта которых расположены ниже уровня люка ближайшего смотрового колодца, должны быть защищены от подтопления сточной жидкостью в случае его переполнения. В таких случаях допускается присоединение соответствующих санитарных приборов к отдельной системе канализации (изолированной от системы канализации вышерасположенных помещений) с устройством отдельного выпуска и устройством на нем автоматизированной запорной арматуры (канализационный затвор и т.п.) или автоматической насосной установки, управляемых по сигналу датчика, устанавливаемого на трубопроводе в канализационном подвале или вмонтированного в запорное устройство, и подачей аварийного сигнала в дежурное помещение или на диспетчерский пункт.

9.3.9 При применении санитарных узлов убежищ только в период пребывания укрываемых вентиляцию канализационной сети убежищ в соответствии с п. 10.5.9 свода правил не предусматривают, в случае применения санитарных узлов

в мирное время вентиляцию канализационной сети предусматривают в соответствии с требованиями СП 30.13330.

Вентиляцию сети необходимо предусматривать через вентиляционные стояки, присоединяемые к высшим точкам трубопроводов.

Диаметр вытяжной части одиночного стояка должен быть равен диаметру его сточной части.

При объединении группы стояков единой вытяжной частью ее диаметр и диаметры участков сборного вентиляционного трубопровода следует принимать равными наибольшему диаметру стояка из объединяемой группы. Участки сборного вентиляционного трубопровода следует прокладывать с уклоном в стороны стояков, обеспечивая сток конденсата.

Установка в устье вытяжной части стояка сопротивлений в виде дефлекторов (флюгарка, простой колпак и т.п.) запрещается.

9.3.10 Пакеты с сухими отбросами следует хранить в помещениях с вытяжной вентиляцией, размещаемых около санитарных узлов.

9.3.11 В соответствии с п. 10.5.11 свода правил в помещениях убежищ, не подключенных к канализации, при организации резервуаров-выгребов с возможностью удаления нечистот ассенизационным транспортом в ограждающих конструкциях следует предусматривать устройство патрубка из стальной электросварной трубы с заглушкой на болтах.

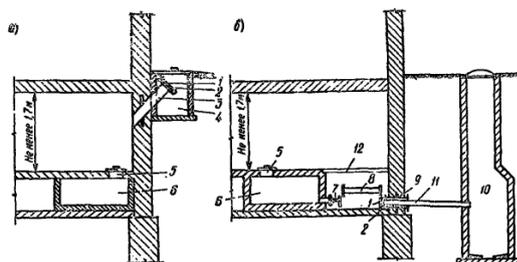


Рисунок 74 – Принципиальные схемы опорожнения аварийных резервуаров при помощи ассенизационного транспорта:

*а* – при расположении санузла у наружной стены; *б* – при расположении санузла внутри помещения; 1 – глухие фланцы; 2 – прокладки; 3 – патрубок с ребром; 4 – прямик; 5 – отверстия с крышками; 6 – аварийные резервуары; 7 – задвижка; 8 – патрубок с приваренными фланцами; 9 – патрубок с ребром; 10 – колодец для приема стоков; 11 – труба с приваренным фланцем; 12 – съемное покрытие

На рисунке 74, *а* приведен вариант при расположении санитарного узла у наружной стены убежища.

При данном варианте в наружной стене убежища предусматриваются установка ребристого патрубка с приварным фланцем для пропуска всасывающего шланга машины в аварийный резервуар. Фланец патрубка размещается в приемке, перекрытом крышкой. При эксплуатации санитарного узла как в мирное время, так и во время пребывания укрываемых в убежище патрубков постоянно должен быть закрыт глухим фланцем и открываться только на время опорожнения резервуара.

При опорожнении резервуара временно установленным насосом через этот же патрубок пропускается напорный шланг или трубопровод от насоса до ближайшего колодца самотечной канализации.

На рисунке 74, *б* показан вариант опорожнения резервуара при расположении санитарного узла в центре здания (непосредственное опорожнение автомашиной невозможно).

В данном случае опорожнение его следует предусматривать путем смыва нечистот в специальный промежуточный колодец, устраиваемый за пределами убежища, из которого стоки удаляются ассенизационной машиной и сливаются в канализационную сеть или в приемный резервуар станции перекачки.

Задвижка и патрубок, указанные на рисунке 74, *б*, должны быть постоянно перекрыты и открываться только при опорожнении резервуара. Фланцевый патрубок должен быть заготовлен требуемых размеров и храниться на складе. Устанавливаться он должен между задвижкой и патрубком при опорожнении резервуара.

При напорном отводе сточных вод, с расположением станции перекачки за пределами убежищ, опорожнение и промывка указанного резервуара осуществляются в приемный резервуар станции перекачки (рисунок 72).

В убежищах с расположением станции перекачки в пределах убежища резервуар очищается насосом путем перекачки стоков в наружную сеть канализации (рисунок 67).

## 10 Электротехнические системы

### 10.1 Электроснабжение и электрооборудование

10.1.1 Электроснабжение в убежище необходимо для питания электродвигателей системы воздухообеспечения, артезианских скважин, насосов водоснабжения и водоотведения, электроприводов других устройств и внутреннего оборудования, а так же для освещения.

ДЭС рекомендуется размещать в самом убежище. Допускается размещение ДЭС отдельно. Степень защиты ДЭС аналогична степени защиты убежища.

В убежищах рекомендуется применять системы заземления *TN-S* или *TN-C-S*.

10.1.2 При использовании ДЭС на группу убежищ к каждому убежищу от ДЭС должен быть предусмотрен отдельный фидер, имеющий коммутационный аппарат и защиту от коротких замыканий и перегрузки. При отсутствии в комплекте ДЭС необходимого блока фидеров должен заказываться отдельный щит или распределительный пункт.

Кабели от ДЭС до каждого убежища должны быть проверены по условию потери напряжения при пуске двигателей.

При использовании ДЭС и кабеля, идущего от ДЭС к убежищу, как резервного источника в мирное время, потребителей, требующих резервирования от ДЭС, следует выделить на отдельный щит или распределительный пункт.

Кабель, используемый для резервирования в мирное время потребителей от ДЭС, должен быть в военное время отсоединен от ДЭС для предотвращения выхода из строя системы электроснабжения убежища в случае разрушения наземных зданий.

10.1.3 Сети в убежище должны быть защищены от токов короткого замыкания и перегрузки.

Проводники следует выбирать по расчетному току, при этом должно быть обеспечено условие, чтобы по отношению к длительно допустимым токовым

нагрузкам, приведенным в таблицах гл. 1.3 [5], аппараты защиты имели кратность не более:

- 80% для номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку), – для проводников с поливинилхлоридной, резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией; для проводников, прокладываемых в невзрывоопасных производственных помещениях промышленных предприятий, допускается 100 %;

- 100% для номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку), – для кабелей с бумажной изоляцией;

- 100% для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависящей от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки) – для проводников всех марок;

- 100% для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависящей от тока характеристикой – для проводников с поливинилхлоридной, резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией;

125 % для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависящей от тока характеристикой – для кабелей с бумажной изоляцией и изоляцией из вулканизированного полиэтилена.

10.1.4 Прокладка кабелей внутри убежищ должна выполняться открыто в трубах, на кабельных лотках с креплениями к стенам и перекрытиям, в каналах с легкими несгораемыми перекрытиями, обеспечивающими доступ к линиям с соблюдением требований главы 2.3 [5].

10.1.5 При расчете методом коэффициента спроса расчетную нагрузку однородной группы электроприемников определяют по выражению:

$$P_p = K_c P_{\text{ном}}, Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi.$$

Значения  $K_c$  и  $\operatorname{tg} \varphi$  следует определять по справочным данным.

Значения  $K_c$  могут быть ориентировочно приняты в зависимости от  $K_u$  для характерного значения  $K_s$ , равного 0,8:

Таблица 8

$K_u$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$K_c$	0,5	0,6	0,65–0,7	0,75–0,8	0,85–0,9	0,92–0,95

Расчетная нагрузка для убежища определяется суммированием расчетных нагрузок групп, входящих в данный узел, но с учетом одновременности:

$$S_p = \sqrt{(\sum_i^n P_{pi})^2 + (\sum_i^n Q_{pi})^2} \cdot K_o. \quad (64)$$

Коэффициент однородности ( $K_o$ ) для узлов систем электроснабжения убежища принимается в пределах 0,85–1,0. Большие значения  $K_o$  относятся к низшим ступеням систем электроснабжения убежищ, меньшие к высшим ступеням.

10.1.6 Для защиты приемников электроэнергии от токов короткого замыкания и перегрузки мощностью до 2 кВт следует принимать автоматические выключатели, для силовых приемников электроэнергии – магнитные пускатели.

Для защиты от прямого прикосновения следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

10.1.7 Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- изолирующие (непроводящие) площадки (коврики).

Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

Требования к металлическим частям электроустановок приведены в главе 1.7 [5].

## 10.2 Электроосвещение

10.2.1 Нормы освещения помещений, защитных сооружений, используемых в мирное время для нужд предприятия, приведены в СП 52.13330.

10.2.2 Для питания осветительных установок допускается применение напряжения не выше 220 В. В помещениях с повышенной опасностью поражения электрическим током (помещения КНС, защищенной артезианской скважины и др.) для местного освещения служит напряжение не выше 12 В. Допускается установка светильников на более высокое напряжение при условии, что их конструкция полностью исключает возможность доступа к лампам без специальных приспособлений.

10.2.3 В убежище следует проектировать аварийной освещение путей эвакуации в соответствии с требованиями СП 53.13330.

Для аварийного освещения следует применять светодиодные источники света.

Освещение путей эвакуации в помещениях и местах производства работ вне зданий следует предусматривать по путям эвакуации:

- в коридорах и проходах по путям эвакуации;
- в местах изменения (перепада) уровня пола или покрытия;
- в зоне каждого изменения направления пути; – на пересечении проходов и коридоров;
- на лестничных маршах, при этом каждая ступень должна быть освещена прямым светом;
- перед каждым эвакуационным выходом из помещения, требующего эвакуационного освещения;
- перед пунктом медицинской помощи;
- в местах размещения средств экстренной связи;
- в местах размещения средств пожаротушения;

- в местах размещения плана эвакуации;
- снаружи перед конечным выходом из здания или сооружения.

10.2.4 Электрические сети убежищ должны иметь защиту от токов короткого замыкания и перегрузки, обеспечивающую по возможности наименьшее время отключения и требования селективности.

### 10.3 Защищенные дизельные электростанции

10.3.1 Защищенные ДЭС, как правило, размещаются в отдельно стоящем здании или сооружении не ниже III степени огнестойкости, а в пристраиваемых и встраиваемых зданиях не ниже II степени огнестойкости.

Не допускается встраивать ДЭС в жилые здания, здания детских яслей-садов, общеобразовательных школ, больниц и поликлиник, санаториев, учреждений отдыха, лагерей отдыха для детей, а также в склады сгораемых материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (газов), пристраивать к ним.

Не допускается размещать встроенные в производственные здания ДЭС под помещениями с дорогостоящей технологической аппаратурой, под санитарно-бытовыми помещениями и помещениями, в которых хранятся легковоспламеняющиеся, горючие жидкости, горючие газы и сгораемые материалы, а также рядом и под помещениями, предназначенными для одновременного пребывания 50 человек и более.

Не допускается размещать встроенные ДЭС под помещениями общественного назначения с массовым пребыванием людей (фойе и зрительными залами, торговыми помещениями магазинов, классами и аудиториями учебных заведений, залами столовых, ресторанов и т. п.).

10.3.2 Категорию по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности помещений ДЭС следует принимать согласно [7] и [8]. Помещение дизельной электростанции с баком для топлива следует отнести к категории Б (взрывопожароопасное). То же, но с аварийной вентиляцией – к категории В1 (пожароопасное).

Встроенные в убежища ДЭС следует отделять от смежных помещений несгораемыми стенами 2-го типа и перекрытиями 3-го типа.

Стены и междуэтажные перекрытия, отделяющие встроенные ДЭС от убежища и вышерасположенного здания, должны быть газонепроницаемыми.

Пристроенные ДЭС следует отделять противопожарной стеной 1-го типа.

Полы в помещениях ДЭС должны удовлетворять требованиям СП 29.13330.

Полы в машинном зале и помещениях распределительных устройств необходимо выполнять из керамической плитки или другого негорячего материала, не создающего пыли и не разрушающегося под воздействием топлива и масла.

В полу должны быть предусмотрены каналы для прокладки технологических трубопроводов, перекрываемые негорячими щитами. Не следует допускать совместной прокладки в каналах трубопроводов с горючими жидкостями и электрокабелей, а также пересечения топливных и кабельных каналов.

В машинном зале ДЭС вместе с дизель-электрическими агрегатами может устанавливаться необходимое для их работы тепломеханическое и электротехническое оборудование при включении мероприятий исключающих увеличение пожарной опасности здания:

- пусковые баллоны и компрессоры;
- насосы для перекачки масла и топлива производительностью не более 4 м<sup>3</sup>/ч;
- аккумуляторные батареи закрытого типа;
- насосы и холодильники системы охлаждения.

На рисунках 75, 76, 77 показаны разные варианты планировки помещений ДЭС.

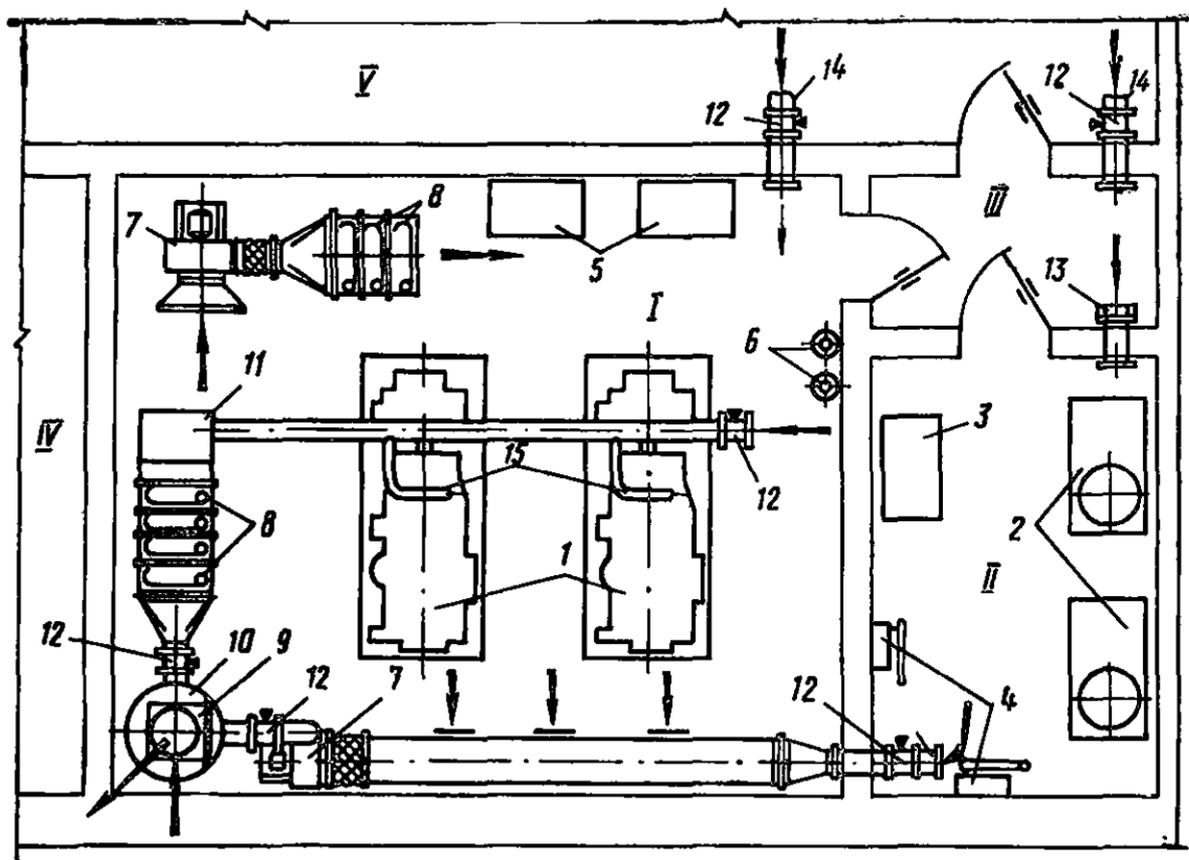


Рисунок 75 – Пример планировки и вентиляции помещений ДЭС для режимов I—III с двумя агрегатами АСДА1-50-Т/400Д общей мощностью 100 кВт, с водяной двухконтурной системой охлаждения и отдельным помещением горючесмазочных материалов:

*I* – машинный зал; *II* – помещение ГСМ; *III* – тамбур; *IV* – электрощитовая; *V* – помещение для укрываемых; 1 – дизель-генератор; 2 – расходный бак топлива; 3 – расходный бак масла; 4 – ручной насос; 5 – аккумуляторный шкаф; 6 – огнетушитель; 7 – вентагрегат; 8 – воздухоохладитель; 9 – УЗС-1 в герметическом корпусе; 10 – расширительная камера; 11 – противопыльный фильтр в герметическом корпусе; 12 – герметический клапан; 13 – клапан избыточного давления; 14 – воздуховод от вытяжного вентилятора; 15 – трубопровод к всасывающему патрубку дизеля

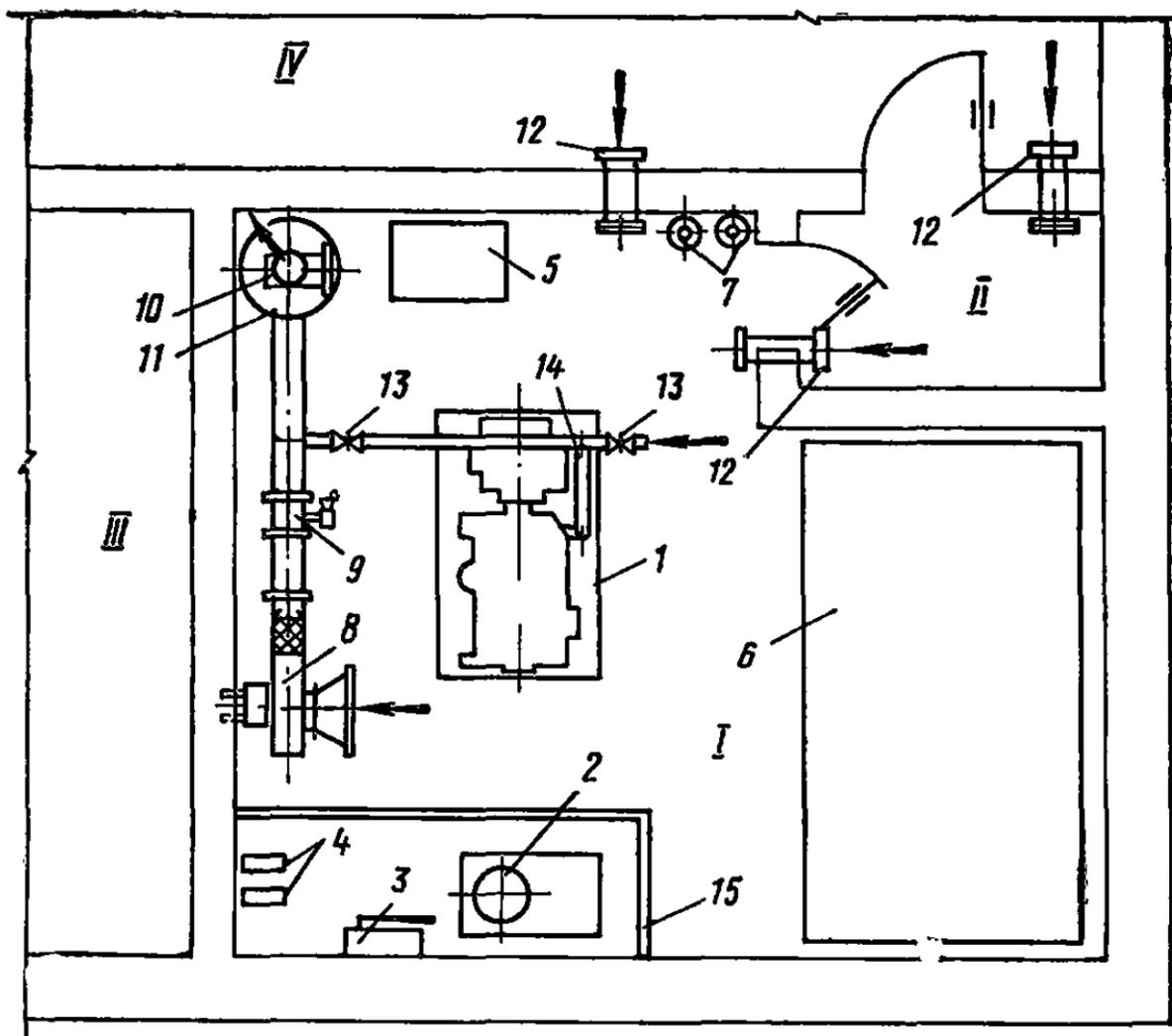


Рисунок 76 – Пример планировки и вентиляции помещений ДЭС для режимов I—III с агрегатами АДГ.12-1С1 мощностью 12 кВт с прямоточной системой охлаждения:

*I* – машинный зал; *II* – тамбур; *III* – электрощитовая; *IV* – помещение для укрываемых; *1* – дизель-генератор; *2* – расходный бак топлива; *3* – ручной насос; *4* – канистра для масла; *5* – аккумуляторный шкаф; *6* – бак запаса воды; *7* – огнетушитель; *8* – вентагрегат; *9* – герметический клапан; *10* – МЗС в герметическом корпусе; *11* – расширительная камера; *12* – клапан избыточного давления; *13* – вентиль; *14* – трубопровод к всасывающему патрубку дизеля; *15* – борт железобетонного поддона. Воздухоохладитель для обработки наружного воздуха для горения при режиме III на схеме условно не показан

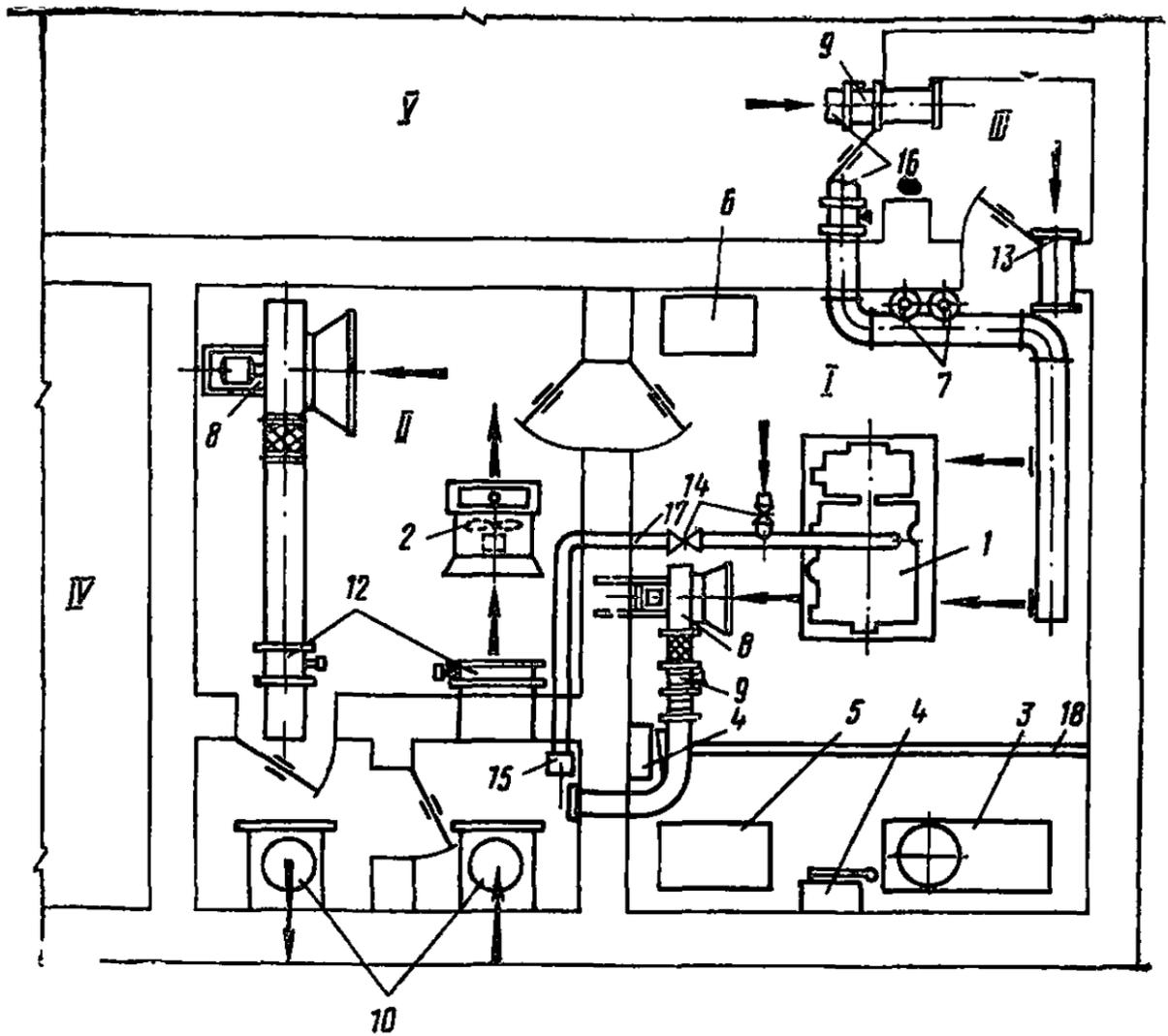


Рисунок 77 – Пример планировки и вентиляции помещений ДЭС для режимов I и II с агрегатом АСДА1-20-Т/400Р мощностью 20 кВт с выносным узлом охлаждения, вариант I: I – машинный зал; II – помещение узла охлаждения; III – тамбур; IV – электрощитовая; V – помещение для укрываемых; 1 – дизель-генератор; 2 – узел охлаждения дизеля; 3 – расходный бак топлива; 4 – ручной насос; 5 – расходный бак масла; 6 – аккумуляторный шкаф; 7 – огнетушитель; 8 – вентагрегат; 9 – герметический клапан; 10 – УЗС-1 в герметическом корпусе; 11 – расширительная камера; 12 – утепленная заслонка с электроприводом; 13 – клапан избыточного давления; 14 – вентиль; 15 – противопыльный фильтр в герметическом корпусе; 16 – от вытяжного вентилятора; 17 – к всасывающему патрубку дизеля; 18 – борт железобетонного поддона

Блок радиаторного охлаждения размещается в помещении, в котором поддерживается температура воздуха, исключая его размораживание при низких температурах наружного воздуха.

Рекомендуется по согласованию с заводами-изготовителями применять в системе охлаждения жидкости, не замерзающие при низких температурах (антифриз, тосол). При этом блок охлаждения устанавливается в отдельном не отапливаемом помещении.

Водоснабжение ДЭС должно обеспечивать нормальную работу системы охлаждения всех дизель-электрических агрегатов в номинальном режиме с учетом:

- восполнения потерь при оборотном охлаждении в соответствии с требованиями СП 31.13330 и безвозвратных потерь (испарение и унос ветром на охладителе) в оборотной системе охлаждения технической воды внешнего контура, которые принимаются ориентировочно в размере до 3% от общего расхода оборотной воды, а также потерь продувки оборотной системы для поддержания солевого равновесия, размер которых составляет до 2% от общего расхода оборотной воды (в зависимости от выбранного типа охладителя указанные значения должны быть уточнены расчетом);

- подпитки умягченной водой внутреннего контура охлаждения в количестве 0,1% от объема.

Система охлаждения должна исключать возможность повышения давления в теплообменниках и охлаждающих полостях дизелей выше предельных значений, установленных заводами-изготовителями.

На ДЭС могут быть установлены дизель-электрические агрегаты с электрическим запуском или с запуском сжатым воздухом.

Баллоны со сжатым воздухом для запуска дизелей располагаются в машинном зале ДЭС и устанавливаются в вертикальном положении с заглублением нижней части баллонов в приямок таким образом, чтобы маховичок вентиля головки был на 1 метр выше уровня пола, что обеспечивает удобное обслуживание и монтаж.

Баллоны должны быть окрашены устойчивой масляной краской и установлены на деревянных подкладках.

Емкость пусковых баллонов должна обеспечивать не менее 4–6 пусков дизеля.

При электрическом запуске дизель-электрических агрегатов применяются кислотные или щелочные аккумуляторы, размещаемые в специально предназначенном для них помещении, отвечающем требованию [5].

Переносные аккумуляторы закрытого типа (стартерные), а также открытые аккумуляторные батареи до 60 В общей емкостью не более 72 А·ч необходимо размещать с соблюдением требований [5].

Система вентиляции ДЭС должна обеспечивать удаление тепловыделений от всех работающих дизель-электрических агрегатов и коммуникаций. При этом минимальный воздухообмен должен быть не менее трехкратного.

В помещениях ДЭС следует предусматривать, как правило, водяную систему отопления местными нагревательными приборами.

Нагревательные приборы следует принимать с гладкой поверхностью (без оребрения), допускающей легкую очистку (регистры из гладких труб, радиаторы секционные или панельные одинарные).

10.3.3 Суммарная установленная мощность рабочих дизельных электроагрегатов должна быть больше или равна максимальной расчетной нагрузке с учетом нагрузки собственных нужд станции и потерь мощности в электросетях, а также должна обеспечивать запуск электродвигателей защитного сооружения.

10.3.4 Выбор дизель-электрических агрегатов должен определяться с учетом способности работать длительное время (не менее 25 ч) без обслуживающего персонала.

10.3.5 Компоновка оборудования ДЭС должны обеспечивать безопасное и удобное их обслуживание.

Для механизации трудоемких работ при ремонте отдельных узлов оборудования, арматуры и трубопроводов следует предусматривать подъемно-транспортные средства (ручные тележки, тали, тельферы и пр.). Их грузоподъем-

ность должна выбираться с учетом веса наиболее часто поднимаемых узлов и деталей (крышка блоков цилиндров, ротор генератора и т. д.).

В помещении ДЭС необходимо предусматривать ремонтную площадку для размещения деталей дизеля и генератора во время ремонта.

Ширина проходов между выступающими частями оборудования в свету в насосной горюче-смазочных материалов (ГСМ) и в помещении расходных баков должна быть не менее 1 м. Допускается уменьшить ширину проходов до 0,7 м для насосов шириной до 0,6 и высотой до 0,5 м.

10.3.6 Фундаменты под дизель-генераторы следует выполнять согласно заданиям заводов-изготовителей и СП 26.13330.

Фундаменты под дизель-генераторы не должны иметь жесткую связь с другими фундаментами, каркасом и стенами убежища.

10.3.7 Каналы в полу машинного зала и других помещений для прокладки трубопроводов должны выполняться в соответствии со СП 43.13330 и обеспечивать удобство монтажа и обслуживания коммуникаций.

Радиусы изгиба кабелей следует принимать в соответствии с требованиями ГОСТа на данный кабель, а радиусы изгиба трубопроводов должны быть равны 1,5-3 диаметра трубопровода.

Расстояния между осями трубопроводов в канале следует принимать в соответствии с требованиями [9].

10.3.8 Очистку топлива необходимо осуществлять путем отстоя и фильтрации или отстоя, фильтрации и сепарации.

Производительность насосов пополнения расходных баков топлива должна превышать расход топлива при работе ДЭС с полной нагрузкой.

Расходные баки топлива должны размещаться в здании ДЭС с учетом требований СНиП 2.11.03-93.

Емкость расходных баков топлива или масла определяется по формуле

$$V = \frac{g_3 N_3 n m}{\gamma k 1000} \quad \text{м}^3 \quad (65)$$

где  $g_3$  – удельный расход топлива или масла, кг/эл.с.·ч;

$N_3$  – эффективная номинальная мощность дизеля, л. с.;

$n$  – расчетный срок работы ДЭС, ч;

$\gamma$  – удельный вес топлива или масла, т/м<sup>3</sup>;

$m$  – количество рабочих агрегатов;

$k$  – коэффициент заполнения баков.

Удельные расходы топлива и масла и номинальная мощность дизеля берутся из технических условий на поставку агрегата или из инструкции по эксплуатации.

В среднем для расчетов удельный расход топлива можно принять равным 0,190 кг/элс-ч, удельный расход масла – 0,006 кг/элс-ч, удельный вес топлива – 0,875 т/м<sup>3</sup>, удельный вес масла – 0,9 т/м<sup>3</sup>.

Значение коэффициента заполнения баков  $k$  можно принять 0,9. Для хранения расчетного запаса топлива и масла следует применять герметичные стальные баки, устанавливаемые на высоте, обеспечивающей поступление топлива и масла к дизелям самотеком. Расходные баки должны быть оборудованы смотровыми люками, указателями уровня, приемными фильтрующими сетками, огневыми предохранителями и запорной арматурой.

Баки топлива должны иметь дыхательную систему, исключаящую попадание паров топлива в помещения ДЭС. Дыхательные трубопроводы прокладываются с уклоном в сторону расходных баков и заканчиваются огневыми предохранителями в вентиляционной камере или снаружи здания ДЭС. Дыхательные клапаны выводятся наружу здания через кровлю или наружную стену и устанавливаются на высоте не менее чем на 1 метр выше верхней точки кровли и должны быть защищены молниеотводами. Допускается объединение дыхательных трубопроводов от нескольких баков с установкой общего дыхательного клапана при его соответствующей пропускной способности.

Запас масла должен предусматриваться на тот же период, на который рассчитан запас топлива.

Отработанное масло откачивается из дизелей насосом в специально предусмотренную емкость или переносную тару. Объединение трубопроводов отработанного и чистого масла запрещается.

10.3.9 В соответствии с п. 11.3.9 свода правил для защиты от затеканий ударной волны на выхлопном трубопроводе от дизеля следует предусматривать установку термостойкой задвижки.

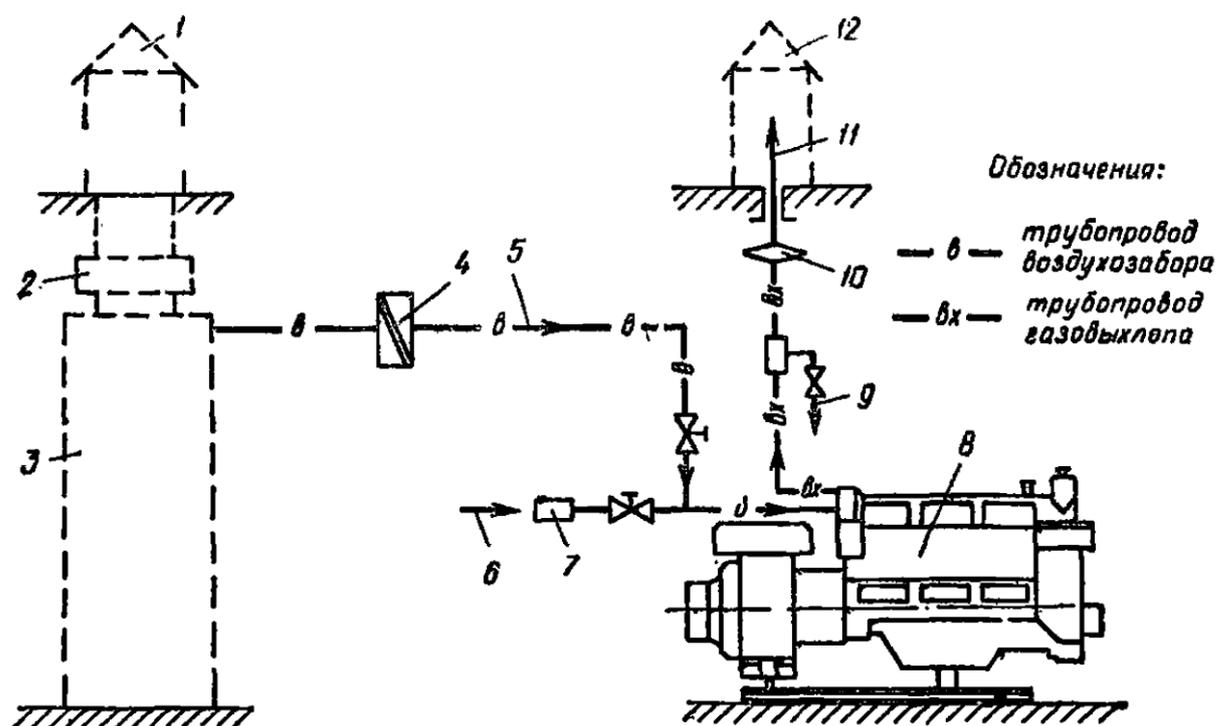


Рисунок 78 – Принципиальная схема воздухозабора и газовыхлопа дизеля:  
 1 – оголовок воздухозабора; 2 – противовзрывное устройство; 3 – расширительная камера системы вентиляции ДЭС; 4 – противопыльный фильтр; 5 – забор воздуха в период запуска агрегата; 6 – забор воздуха из машинного зала для горения топлива; 7 – фильтрующая сетка; 8 – дизель-генератор; 9 – спуск конденсата; 10 – линзовый компенсатор; 11 – выброс в атмосферу; 12 – оголовок газовыхлопа

Параметры воздуха, поступающего в цилиндры дизеля, должны соответствовать требованиям завода-изготовителя по качественному составу воздуха.

Общее сопротивление всасывающего и газовыхлопного тракта, включая, глушитель определяется расчетом. Величина его не должна превышать значения, указанного в технических условиях на поставку дизель-электрического агрегата.

Выхлопной и всасывающий трубопроводы монтируются на фланцах и сварке. В качестве уплотнительного материала применяется асбестоармированный лист.

Объединение выхлопных труб от нескольких дизелей не допускается.

Всасывающий и выхлопной трубопроводы должны быть закреплены таким образом, чтобы усилия от собственного веса этих трубопроводов и их температурных удлинений не передавались на выпускной патрубок дизеля.

## **11 Связь**

11.1 При проектировании убежищ необходимо учитывать требования СП 133.13330 и СП 134.133330 для обеспечения телефонной связи.

Система проводного радиовещания обеспечивает централизованную передачу сигналов оповещения и информации как в условиях мирного, так и военного времени. Постоянная готовность узлов и сетей проводного вещания к передаче сигналов позволяет проектировать на их базе различные системы оповещения с основными требованиями, такими как: максимально полный охват населения на заданной территории, независимо от местонахождения каждого человека; обеспечение населения обязательными программами радиовещания; циркулярное, групповое и адресное оповещение и информирование населения по сети проводного радиовещания в границах муниципальных образований.

Сети радиотрансляции сооружений необходимо подключать к городским сетям на основании технических условий, выдаваемых операторами связи.

При проектировании следует предусматривать в проектах применение оборудования и материалов, преимущественно выпускаемых серийно.

Требования к энергонезависимости сетей проводного радиовещания и оповещения, организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования в чрезвычайных ситуациях, защите оборудования и передаваемой по этим сетям информации от несанкционированного доступа безусловны и обязательны при проектировании жилых и общественных зданий и сооружений в связи со спецификой выполняемых задач.

Проектная (рабочая) документация должна быть привязана к конкретному адресу и отражать способ прокладки линий связи, их местоположение на поэтажных планах с указанием длин участков, места размещения, способов крепления и заземления оборудования. Содержание проекта должно быть соответствовать ГОСТ Р 21.1101.

В проектной (рабочей) документации указывают местоположение точек присоединения и технические параметры в точках присоединения сети.

Оснащение телефонной сетью общего пользования (территориальной, междугородней и международной связи) должно обеспечивать: для организаций – возможность получения сообщений о чрезвычайных ситуациях и эффективной работы предприятия; для граждан – возможность своевременного вызова экстренных служб (в том числе «112», «01», «02», «03»).

Перечень абонентов и возможность их подключения к прямой телефонной связи определяются заданием на проектирование.

Радиотрансляция обеспечивается по проводной распределительной сети с передачей базовых для данного региона радиопрограмм и сигналов оповещения о чрезвычайных ситуациях.

Кабели и провода абонентских сетей следует прокладывать по специальным конструкциям или непосредственно по стенам зданий. По стенам зданий допускается прокладка одиночных кабелей, проводов или небольших пакетов. Трасса их прокладки должна быть параллельна архитектурным линиям помещения. Открытую прокладку кабелей и проводов по внутренним стенам необходимо выполнять на высоте не менее 2,3 м от пола и 0,1 м от потолка. Кабели и провода на высоте до 2,3 м от пола, а также в местах, где возможны нарушения исправности проводки, должны быть защищены от механических повреждений стальными желобами или угловой сталью, а в местах, не связанных с постоянным пребыванием людей, проложены в пластмассовых трубах или в металлорукавах.

## 12 Противопожарные требования

12.1 Убежища являются местом большого скопления людей на сравнительно небольшой площади. Эта особенность убежищ вызывает необходимость применять повышенные противопожарные требования при решении вопросов, касающихся выбора помещений под убежища, объемно-планировочных решений, внутренней отделки помещений, а также при определении минимальных пределов огнестойкости строительных конструкций.

Выполнение повышенных противопожарных требований поможет исключить возможность возникновения пожаров в убежищах или позволит провести быструю их локализацию.

12.2 При использовании под убежища подвалов зданий с производствами категорий А, Б, В и Е в связи с взрывной, взрывопожарной и пожарной опасностью потребуются значительные затраты на проведение специальных мероприятий по изоляции их от надземной части здания, защите входов и увеличению в ряде случаев несущей способности ограждающих конструкций, поэтому использование подвалов зданий с такими производствами должно быть ограничено и применяться только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

12.3 Сгораемые синтетические материалы обладают низкой температурой воспламенения, устойчивым горением и низким пределом огнестойкости, поэтому запрещено их применение для изготовления нар и другого оборудования в убежищах, а также для внутренней отделки помещений.

При переводе склада на режим убежища все хранимые в нем сгораемые материалы удаляются.

При отсутствии сгораемых материалов отпадает необходимость в автоматическом пожаротушении. Автоматические системы пожаротушения консервируются.

12.4 В зданиях и сооружениях производств категории В, стоянок легковых автомобилей, складов сгораемых материалов рекомендуется устройство окон для

дымоудаления на случай пожара. Однако устройство окон в несущих ограждающих конструкциях не обеспечивает сохранения требуемых защитных свойств сооружений, поэтому требованиями свода правил предусмотрено обеспечение дымоудаления не через оконные проемы, а с применением вентиляции убежищ.

Расчеты показали, что для этих целей необходимо обеспечить четырехкратный воздухообмен.

Для удаления дыма используется вытяжная система вентиляции убежищ. При этом система вытяжной вентиляции убежищ, расположенных в первой и частично во второй климатических зонах, не обеспечивает необходимый для удаления дыма четырехкратный воздухообмен.

Во всех остальных случаях необходимый воздухообмен обеспечивается.

Таким образом, при размещении в убежищах производств категории В, стоянок легковых автомобилей, складов сгораемых материалов, а также несгораемых материалов в сгораемой таре производительность вытяжной системы чистой вентиляции убежищ, расположенных в первой и второй климатических зонах, необходимо принимать из условия создания в помещениях для укрываемых не менее четырехкратного воздухообмена, соответственно увеличивая производительность приточной системы чистой вентиляции. Увеличение воздухообмена составит:

- для первой климатической зоны – по вытяжке от 6 до 8 м<sup>3</sup>/ч·чел.;
- по притоку – от 7,3 до 10,7 м<sup>3</sup>/(ч·чел.);
- для второй климатической зоны – по вытяжке до 9 м<sup>3</sup>/(ч·чел.);
- по притоку – до 10,7 м<sup>3</sup>/(ч·чел.).

12.5 Эвакуационные выходы рассчитываются из условия эксплуатации помещений убежищ в мирное время. При определении количества выходов следует исходить из расчета 0,6 м на 100 чел. Однако во всех случаях необходимо предусматривать не менее двух эвакуационных выходов, которые должны быть разнесены. Не допускается расположение выходов с одной стороны убежища.

Глухое несгораемое ограждение маршей должно иметь предел огнестойкости не менее 1 ч.

12.6 В соответствии с требованиями СНиП 3.01.09-84 дизельные электростанции (ДЭС) убежищ, не используемые в мирное время, подлежат консервации. При консервации удаляются из помещения ДЭС все горюче-смазочные материалы, помещение ДЭС становится наименее пожароопасным, поэтому можно перевести его из категории В в категорию Г.

12.7 Необходимость в устройстве внутреннего противопожарного водопровода и в наличии первичных средств пожаротушения в помещениях убежищ определяется условиями их эксплуатации в мирное время, поэтому проектирование указанных мероприятий должно производиться с учетом требований соответствующих глав СП 10.13130.

Средства пожаротушения должны вводиться внутрь помещений убежищ через дверные проемы. Проектирование специальных проемов для этих целей не допускается, так как их устройство приводит к снижению защитных свойств убежищ.

## **13 Убежища, размещаемые в зоне возможного затопления**

13.1 Затопление береговой полосы водоемов может происходить при тектонических процессах на дне водоемов или при подводных взрывах – гравитационными волнами, при прорыве (полном или частичном) напорных фронтов гидрозловов – прорывными волнами.

Воздействие как гравитационных, так и прорывных волн на убежища вызывается образующимся гидравлическим потоком.

Время воздействия их различное. Для гравитационных волн затопление менее продолжительное (1–2 ч), а для прорывных волн более длительное (до нескольких суток), определяемое временем опорожнения водохранилища.

Выбор места строительства убежища в пределах зоны затопления должен определяться глубиной гидравлического потока, образующегося после трансформации гравитационных или прорывных волн, и продолжительностью затопления.

При размещении убежища на местности расчетная глубина гидравлического потока при кратковременном затоплении выбирается из условия воздействия на ограждающие конструкции убежища гидростатического давления и скоростного напора, учитывая, что их воздействие снижается по мере удаления от уреза воды.

Глубину возможного затопления и продолжительность затопления от прорывных волн необходимо определять, чтобы решить вопрос целесообразности строительства убежища, так как при глубине затопления более 10 м необходимо применять другие способы защиты.

К числу таких способов относятся:

а) укрытие в убежищах, размещаемых в зоне затопления с глубиной менее 10 м, а в отдельных случаях и за пределами зоны возможного затопления с увеличением при необходимости радиуса сбора укрываемых и устройством во входах в убежище тамбуров-шлюзов. Увеличение радиуса сбора должно быть согласовано со временем подхода прорывной волны к предприятию или населенному пункту;

б) эвакуация работающих смен наземным транспортом заблаговременно или по сигналу оповещения при наводнении или других стихийных бедствиях;

в) эвакуация работающих смен по сигналу оповещения с помощью дежурных плавсредств, заблаговременно подготовленных для этих целей.

13.2 При размещении защитных сооружений в зоне затопления необходимо стремиться к тому, чтобы они по возможности располагались на наиболее возвышенных местах, желательно укрытыми за естественными препятствиями, защищающими их от прямого воздействия гидравлического потока. Положительный эффект достигается размещением отдельно стоящих сооружений в горных выработках, выполненных в береговых откосах. В отдельных случаях в таких сооружениях удастся воздухозаборные устройства вывести выше отметки уровня гидравлического потока.

В случае расположения защитного сооружения на открытой местности следует проверять возможность размыва грунтовой обсыпки, подмыва сооружения и при необходимости проводить укрепление откосов обсыпки в прилегающей территории. При этом необходимо проверять расчетом возможность всплытия и опрокидывания убежищ. Размыв и опрокидывание убежищ могут вызываться как прямым, так и обратным потоками. К проектированию ДЭС следует прибегать в исключительных случаях, предусматривая инженерные решения, исключающие попадание воды в воздухозабор и выхлоп дизеля, а также возможность их опорожнения после воздействия гравитационных и прорывных волн.

13.3 Гидроизоляция убежищ, размещаемых как в зонах кратковременного, так и длительного затопления, выполняется сплошной, включая покрытие. Гидроизоляция выполняется оклеенного типа в соответствии с рекомендациями предприятия изготовителя.

Ограждающая конструкция гидроизоляции выполняется в виде кирпичной стенки или некондиционных железобетонных плит.

Расчетная величина деформации  $a_T$ , см, при которой материал гидроизоляции деформируется без разрыва, определяется по формуле

$$a_T = \frac{2K_H E_H \epsilon_H^2 \delta}{R_M + \alpha_H^f}, \quad (66)$$

где  $K_u$  – коэффициент, зависящий от соотношения физико-механических свойств гидроизоляционных материалов и мастики, принимаемый по таблице 7;

$E_u$  – модуль деформации гидроизоляционного материала, принимаемый по таблице 8, кгс/см<sup>2</sup> (кПа);

$\hat{I}_u$  – относительное удлинение гидроизоляционного материала, принимаемое по таблице 8;

$R_u$  – расчетное сопротивление гидроизоляционного материала растяжению, кгс/см<sup>2</sup>, принимаемое по таблице 8;

$d$  – толщина гидроизоляционного материала, см;

$R_m$  – расчетное сопротивление мастики сдвигу, принимаемое по таблице 8, кгс/см<sup>2</sup>;

$q$  – расчетная нагрузка на гидроизоляцию, кгс/см<sup>2</sup>;

$f_u$  – коэффициент трения песка по гидроизоляционному покрытию, принимаемый по таблице 9.

Таблица 9

Отношение показателей физико-механических свойств материалов $\frac{E R_H}{R_M}$	1	1–2	2
Коэффициент $K_u$	0,67	1	1,4

Таблица 10

Гидроизоляционный материал	Расчетные сопротивления $R_u$ , кгс/см <sup>2</sup> (над чертой), модуль деформации $E_u$ , кгс/см <sup>2</sup> (под чертой), при времени нарастания нагрузки, м.с							
	До 6	8	10	20	40	60	100	150
1. Поливинилхлоридный пластикат при $\hat{I}_u = 0,2$	$\frac{240}{1400}$	$\frac{230}{1200}$	$\frac{220}{1140}$	$\frac{180}{920}$	$\frac{150}{720}$	$\frac{140}{700}$	$\frac{130}{650}$	$\frac{120}{600}$
2. То же, при $\hat{I}_u = 0,1$	$\frac{300}{300}$	$\frac{285}{295}$	$\frac{275}{290}$	$\frac{255}{270}$	$\frac{240}{230}$	$\frac{230}{215}$	$\frac{220}{210}$	$\frac{215}{205}$
3. Листовой полиэтилен при $\hat{I}_u = 0,3$	$\frac{155}{790}$	$\frac{143}{740}$	$\frac{137}{710}$	$\frac{122}{630}$	$\frac{115}{595}$	$\frac{112}{560}$	$\frac{108}{550}$	$\frac{107}{540}$
4. Изол в 3 слоя при $\hat{I}_u = 0,1$	$\frac{54}{560}$	$\frac{50}{520}$	$\frac{46}{500}$	$\frac{40}{430}$	$\frac{36}{340}$	$\frac{32}{320}$	$\frac{29}{300}$	$\frac{24}{280}$
5. Изол в 4 слоя при $\hat{I}_u = 0,08$	$\frac{72}{880}$	$\frac{67}{820}$	$\frac{62}{780}$	$\frac{54}{680}$	$\frac{46}{550}$	$\frac{42}{510}$	$\frac{39}{490}$	$\frac{36}{450}$

Гидроизоляционный материал	Расчетные сопротивления $R_u$ , кгс/см <sup>2</sup> (над чертой), модуль деформации $E_u$ , кгс/см <sup>2</sup> (под чертой), при времени нарастания нагрузки, м.с							
6. Изол в 5 слоев при $\hat{I}_u = 0,08$	$\frac{89}{1200}$	$\frac{83}{1040}$	$\frac{70}{980}$	$\frac{70}{830}$	$\frac{60}{780}$	$\frac{54}{650}$	$\frac{50}{580}$	$\frac{45}{540}$
7. Бризол в 3 слоя при $\hat{I}_u = 0,08$	$\frac{61}{630}$	$\frac{56}{580}$	$\frac{53}{560}$	$\frac{45}{480}$	$\frac{37}{380}$	$\frac{35}{360}$	$\frac{33}{340}$	$\frac{31}{520}$
8. Бризол в 5 слоев при $\hat{I}_u = 0,08$	$\frac{99}{1230}$	$\frac{93}{1170}$	$\frac{89}{1100}$	$\frac{79}{935}$	$\frac{67}{880}$	$\frac{61}{730}$	$\frac{64}{650}$	$\frac{51}{610}$
9. Бризол в 4 слоя при $\hat{I}_u = 0,08$	$\frac{81}{990}$	$\frac{75}{920}$	$\frac{70}{900}$	$\frac{61}{765}$	$\frac{52}{620}$	$\frac{47}{575}$	$\frac{44}{550}$	$\frac{41}{510}$
10. Мастика БКС, $R_m$	17,5	17,5	17,5	13	9,8	8,0	6,2	5,2

Примечание: При промежуточных значениях времени нарастания нагрузки значения  $R_u$ ,  $R_m$  и  $\hat{I}_u$  допускается принимать по интерполяции.

Таблица 11

Материал гидроизоляционного покрытия	Коэффициент трения $f_u$ песка при его зерновом составе и влажности, %			
	средне-зернистого		крупно-зернистого	
	$G = 0$	$G \geq 0,5$	$G = 0$	$G \geq 0,5$
Поливинилхлоридный пластикат	0,5	0,4	0,55	0,43
Листовой полиэтилен	0,42	0,36	0,45	0,38
Изол и бризол	0,52	0,4	0,6	0,45

Максимальная ширина раскрытия трещин в местах сопряжения железобетонных конструкций не должна превышать 0,5 см.

В тех случаях, когда значения  $a_T$  будут меньше максимальной ширины трещины в конструкции сооружения, необходимо предусматривать применение гидроизоляционных материалов с более высокими прочностными характеристиками, увеличивать число слоев гидроизоляционного покрытия или предусматривать местные усиления гидроизоляции в зоне образования трещин.

Расчет гидроизоляции на отрыв по вертикальным поверхностям при осадке сооружения под действием нагрузки производится по формуле

$$qfn \leq R_m \quad (67)$$

где  $R_m$ ,  $q$ ,  $f_u$  – то же, что в формуле (66).

13.4 В зонах кратковременного затопления аварийные выходы выполняются в соответствии с п. 5.4.9 свода правил. При этом по возможности протяженность тоннеля, соединяющего вертикальную шахту с убежищем, делают минимальной

длины с целью уменьшения объема выпускаемой в прямки убежища или откачиваемой воды.

Удаление воды из аварийных выходов может осуществляться:

- ручными насосами, установленными внутри убежища и соединенными с водосборным приемком. Выброс воды производится за пределы убежища;
- выпуском воды в специальные приемки, предусмотренные внутри убежища. Их объем должен обеспечивать прием всего объема воды, заполнившего аварийный выход. Обычно для этих целей используют камеры перед масляными фильтрами. Перед откачкой воды необходимо с помощью системы контроля определить наличие воды над сооружением.

Аварийные выходы в убежищах, расположенных в зонах длительного затопления, устраиваются в виде вертикальной шахты, расположенной непосредственно на перекрытии. При глубине затопления, превышающей 5 м, оголовок аварийного выхода оборудуется люком, обеспечивающим эвакуацию укрываемых с помощью спасательно-эвакуационных средств (например комплект «Выход»). Комплект «Выход» включает трехсекционную трубу-лаз с разъемными направляющими штангами; плавсредства: две полулодки ДЛ-10, соединяемые в паром, оснащенный якорным устройством и кран-балкой грузоподъемностью 150 кг; навесные моторы – 2; мотопомпу – 1; спецснаряжение, предназначенное для обеспечения навигации, водолазных спусков и безопасности работ на воде; ЗИП, предназначенный для монтажных работ и замены износившихся узлов и деталей.

Обслуживающий персонал комплекта «Выход» состоит из семи человек, Комплект «Выход» обеспечивает эвакуацию при:

- глубине воды над верхом оголовка аварийного выхода до 4,0 м;
- скорости течения воды до 1,5 м/с.

Время установки трубы-лаза – 15 мин. Габаритные размеры трубы-лаза: высота – 4500 мм; высота одной секции— 1500 мм; диаметр секций: №1 – 875 мм, №2 – 670 мм, №3 – 735 мм.

Вес секций: №1 – 82 кг; №2 – 71 кг; №3 – 53 кг.

Чтобы использовать комплект «Выход» для эвакуации укрываемых из убежищ, оголовок аварийного выхода необходимо оборудовать танковым люком. На погоне люка устанавливаются штыри (3 шт.) с вмонтированными в них направляющими тросиками. Свободные концы тросиков крепятся к буйку, который всплывает по мере повышения уровня воды над оголовком аварийного выхода.

Спасательная команда подходит на пароме к буйку и закрепляет паром на якорь. По направляющим тросикам или с помощью водолазов на штыри погона люка устанавливаются направляющие штанги, по которым по секциям опускается труба-лаз и закрепляется прижимами. Осушение трубы-лаза производится мотопомпой. После осушения открывается люк и производится эвакуация укрываемых на паром.

13.5 При воздействии гидравлического потока убежища, расположенные в зонах затопления, могут полностью погружаться в воду. В связи с этим все входные проемы, каналы воздухопроводов, аварийные выходы заполняются водой. Увеличение количества каналов приводит к необходимости выполнять большой объем работы по их опорожнению.

13.6 В связи с тем, что величина воздействия гидравлического потока на сооружения уменьшается по мере удаления от уреза воды, место посадки убежища следует выбирать таким образом, чтобы гидростатическое давление и скоростной напор в данной точке были меньше, чем нагрузки, устанавливаемые величиной защиты убежища от ударной воздушной волны.

13.7 Гидравлический поток, воздействуя на сооружение, размывает обсыпку, расстраивает и вымывает стыки сборных железобетонных конструкций, подмывает основание, нарушая герметичность ограждающих конструкций, поэтому в зонах возможного затопления убежища должны возводиться из монолитных железобетонных конструкций с обеспечением непрерывной подачи бетонной смеси при бетонировании.

13.8 Скорость потока в рассматриваемой точке определяется в зависимости от параметров гравитационной волны и рельефа берега. Скорость распространения прорывных волн принимается по данным ОАО «Институт Гидропроект».

Скорость распространения потока необходима также для сопоставления со скоростями размывания материалов обсыпки убежища, прилегающей к нему территории и материалов аварийных выходов, воздухозаборных и вытяжных шахт. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается проводить укрепление откосов обсыпки и территории.

Перед расчетом параметров волны прорыва русло реки, по которому перемещается волна прорыва, условно делится на расчетные участки. Первый участок начинается от плотины, второй участок начинается после первого, третий участок – после второго и т.д. В начале каждого участка расположен створ участка, номер створа совпадает с номером участка (то есть участок с номером  $i$  начинается створом с номером  $i$  и завершается створом с номером  $i + 1$ ). Первый створ соответствует брешу в разрушенной плотине. Створы участков, начиная со второго, выбираются в районе расположения промышленных объектов или населенных пунктов для прогнозирования влияния волны прорыва на промышленные объекты и населенные пункты.

Исходными данными для расчетов параметров волны прорыва являются:

- площадь зеркала водохранилища (площадь затопления) –  $S_B$ , м<sup>2</sup>;
- ширина водохранилища перед плотиной –  $B_B$ , м;
- глубина водохранилища у плотины –  $H_B$ , м;
- глубина реки ниже плотины –  $h_6$ , м;
- ширина прорыва –  $B_{II}$ , м;
- объем водохранилища –  $W_B$ :

$$W_B = \frac{H_B \cdot S_B}{3}, \text{ м}^3, \quad (68)$$

где  $H_B$  – глубина водохранилища у плотины, м;

$S_B$  – площадь зеркала водохранилища (площадь затопления), м<sup>2</sup>;

- уклон дна реки –  $i$ ;

- характеристика русла реки и поймы;
- параметр, характеризующий форму поперечного сечения реки –  $m$ , который принимается по рисунку 79;

- длина участков русла реки между расчетными створами  $L$ , км (м).

В процессе расчета параметров волны прорыва формируются следующие результаты:

- время добегания фронта волны прорыва до заданного створа, отсчитываемое от момента времени разрушения гидроузла, ч;
- высота волны прорыва относительно бытового уровня воды в реке у заданного створа, м;
- скорость волны прорыва у заданного створа;
- время прохождения волны прорыва через заданный створ, отсчитываемое от момента времени добегания фронта волны прорыва до заданного створа, ч.

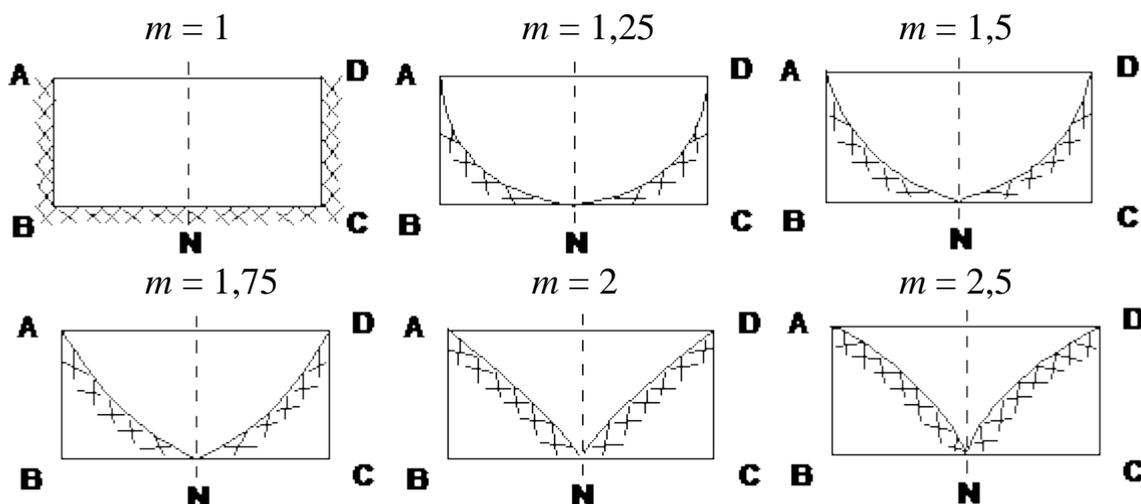


Рисунок 79 – Форма поперечного сечения русла реки

При расчете параметров волны прорыва принимаются следующие допущения:

- разрушение гидроузла или его части происходит мгновенно;
- степень разрушения напорного фронта (линии сооружений), поддерживающих напор гидроузла, определяется шириной прорыва в метрах по урезу воды в водохранилище (под урезом воды понимается линия пересечения водной поверхности любого бассейна (водотока рек или водоема) с поверхностью суши);

- 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;

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

- расчет основных параметров волны прорыва производится по динамической оси потока.

Расчет параметров волны прорыва выполняется в нижеприведенной последовательности.

1. Определение высоты волны прорыва у плотины  $H_{B1}$  :

$$H_{B1} = 0,6 H_B - h_6, \text{ м}, \quad (69)$$

где  $H_B$  – глубина водохранилища у плотины, м;

$h_6$  – глубина реки ниже плотины, м.

2. Определение скорости движения волны прорыва ниже створа плотины  $V_{1CT}$ :

- скорость движения волны прорыва ниже створа плотины в км/, определяется по таблице 12, в зависимости от значения уклона дна реки ( $i$ ) и характеристик русла и поймы ниже створа плотины.

3. Определение времени прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины (время полного опорожнения водохранилища)  $T_1$ :

$$T_1 = \frac{W_B A}{3600 m_{Bn} H_B \sqrt{H_B}}, \text{ ч}, \quad (70)$$

где  $W_B$  – объем водохранилища, м<sup>3</sup>;

$A$  – коэффициент кривизны водохранилища (для ориентировочного расчета принимается равным 2);

$m$  – параметр, характеризующий форму русла реки (рисунок 79);

$B_{\Pi}$  – ширина прорыва, м;

$H_B$  – глубина водохранилища у плотины, м.

4. Определение времени пробегания фронтом волны прорыва 1-го участка (от 1-го до 2-го створа)  $t_1$ :

$$t_1 = \frac{L_1}{V_1}, \text{ ч}, \quad (71)$$

где  $L_1$  – длина 1-го участка реки, км (м);

$V_1$  – средняя скорость движения волны прорыва на 1-м участке в км/ч, определяемая по таблице 9, в зависимости от средних значений уклона дна реки ( $i$ ) и характеристик русла и поймы на 1-м участке.

5. Определение высоты волны прорыва у 2-го створа  $H_{B2}$  и времени прохождения волны прорыва через 2-й створ  $T_2$ :

- вычисляется значение отношения  $\frac{t_1}{T_1}$ ;

- для вычисленного значения  $\frac{t_1}{T_1}$  выбираем строку в таблице 13 со значениями  $\frac{H_{B2}}{H_{B1}}$  и  $\frac{T_2}{T_1}$  если строка по значению  $\frac{t_1}{T_1}$  не выбрана, вычисляем значения  $\frac{H_{B2}}{H_{B1}}$  и  $\frac{T_2}{T_1}$ , используя линейную интерполяцию;

- используя выбранное (вычисленное) значение  $\frac{H_{B2}}{H_{B1}}$ , вычисляем значение высоты волны прорыва у второго створа

$$H_{B2} = \frac{H_{B2}}{H_{B1}} H_{B1}; \quad (72)$$

- используя выбранное (вычисленное) значение  $\frac{T_2}{T_1}$ , вычисляем значение времени прохождения волной прорыва второго створа

$$T_2 = \frac{T_2}{T_1} T_1. \quad (73)$$

6. Определение скорости движения волны прорыва у 2-го створа плотины  $V_{2\text{ст}}$ :

- скорость движения волны прорыва у 2-го створа плотины в км/ч, определяется по таблице 12, в зависимости от значения уклона дна реки ( $i$ ) и характеристик русла и поймы у 2-го створа плотины.

7. Определение времени пробегания фронтом волны прорыва 2-го участка  $t_2$ :

$$t_2 = \frac{L_2}{V_2}, \text{ ч}, \quad (74)$$

где  $L_2$  – длина 2-го участка реки, км;

$V_2$  – средняя скорость движения волны прорыва на 2-м участке в км/ч, определяемая по таблице 12, в зависимости от средних значений уклона дна реки ( $i$ ) и характеристик русла и поймы на 2-ом участке.

8. Определение высоты волны прорыва у 3-го створа  $H_{B3}$  и времени прохождения волны прорыва через 3-й створ  $T_3$ :

- вычисляется значение отношения  $\frac{t_2}{T_2+t_1}$ ;

- по вычисленному значению  $\frac{t_2}{T_2+t_1}$ , выбираем строку в таблице 13 со значе-

ниями  $\frac{H_{B2}}{H_{B1}}$  и  $\frac{T_2}{T_1}$ ; если строка по значению  $\frac{t_2}{T_2+t_1}$  не выбрана, вычисляем значе-

ния  $\frac{H_{B2}}{H_{B1}}$  и  $\frac{T_2}{T_1}$ , используя линейную интерполяцию;

- используя выбранное (вычисленное) значение  $\frac{H_{B2}}{H_{B1}}$ , вычисляем значение высоты волны прорыва у 3-го створа

$$H_{B3} = \frac{H_{B2}}{H_{B1}} \cdot H_{B2}; \quad (75)$$

- используя выбранное (вычисленное) значение  $\frac{T_2}{T_1}$ , вычисляем значение времени прохождения волной прорыва 3-го створа

$$T_3 = \frac{T_3}{T_1} \cdot T_2. \quad (76)$$

9. Определение скорости движения волны прорыва у 3-го створа плотины  $V_{3ст}$ :

– скорость движения волны прорыва у 3-го створа плотины в км/ч, определяется по таблице 12, в зависимости от значения уклона дна реки (i) и характеристик русла и поймы у 3-го створа плотины.

10. Определение времени пробегания фронтом волны прорыва 3-го участка  $t_3$ :

$$t_3 = \frac{L_3}{V_3}, \text{ ч}, \quad (77)$$

где  $L_3$  – длина 3-го участка реки, км;

$V_3$  – средняя скорость движения волны прорыва на 3-м участке в км/ч, определяемая по таблице 12, в зависимости от средних значения уклона дна реки (i) и характеристик русла и поймы на 3-ем участке.

11. Определение высоты волны прорыва у 4-го створа НВ4 и времени прохождения волны прорыва через 4-й створ Т4:

- вычисляется значение отношения  $\frac{t_3}{T_3+t_1+t_2}$  ;

- по вычисленному значению  $\frac{t_3}{T_3+t_1+t_2}$ , выбираем строку в таблице 13 со значениями  $\frac{H_{B2}}{H_{B1}}$  и  $\frac{T_2}{T_1}$ ; если строка по значению  $\frac{t_3}{T_3+t_1+t_2}$  не выбрана, вычисляем значения  $\frac{H_{B2}}{H_{B1}}$  и  $\frac{T_2}{T_1}$ , используя линейную интерполяцию;

- используя выбранное (вычисленное) значение  $\frac{H_{B2}}{H_{B1}}$ , вычисляем значение высоты волны прорыва у 4-го створа

$$H_{B4} = \frac{H_{B2}}{H_{B1}} H_{B3} ; \quad (78)$$

- используя выбранное (вычисленное) значение  $\frac{T_2}{T_1}$ , вычисляем значение времени прохождения волной прорыва 4-го створа

$$T_4 = \frac{T_2}{T_1} T_3 . \quad (79)$$

12. Определение скорости движения волны прорыва у 4-го створа плотины  $V_{4СТ}$ :

- скорость движения волны прорыва у 4-го створа плотины в км/ч, определяется по таблице 12, в зависимости от значения уклона дна реки ( $i$ ) и характеристик русла и поймы у 4-го створа плотины.

13. Расчет времени пробегания волной прорыва последующих участков и параметров волны прорыва у последующих створов выполняется аналогично рассмотренным участкам и створам. Время добегания фронта волны прорыва до рассматриваемого створа вычисляется как сумма времен пробегания фронта волны прорыва через все участки, предшествующие рассматриваемому створу.

Таблица 12 – Средняя скорость движения волны прорыва (км/ч) для исходных характеристик русла и поймы реки и уклона дна реки

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
Примечание: Если исходное значение уклона дна реки $i$ отличается от значений, приведенных в таблице, для вычисления средней скорости движения волны прорыва используется линейная интерполяция.			

Таблица 13 – Значения отношений высоты волны прорыва и продолжительности ее прохождения через створ

$t_1/T_1$	$H_{B2}/H_{B1}$	$T_2/T_1$
0,00		
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

Примечания:

1. В таблице используются следующие обозначения:

$t_1$  – время пробегания фронтом волны прорыва 1-го участка, ч;

$H_{B1}$  – высота волны прорыва у створа разрушенной плотины, м;

$H_{B2}$  – высота волны прорыва у 2-го створа, м;

$T_1$  – время прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины, ч;

$T_2$  – время прохождения волны прорыва через 2-й створ, ч.

2. При больших значениях  $t_1/T_1$  ориентировочно можно принимать  $H_{B2}/H_{B1} = 0,3$ , а  $T_2/T_1 = 2,8$ .

3. Данные таблицы справедливы для 2-го створа, при определении параметров волны в третьем створе  $t_1/T_1$  заменяется отношением  $t_2/(T_2 + t_1)$ , в 4-м створе  $t_1/T_1$  заменяется отношением  $t_3/(T_3 + t_1 + t_2)$  и т.д.

13.9 Для защиты от попадания воды в убежища через воздухозаборные и вытяжные шахты на них предусматривается установка водопроводных задвижек. Задвижки должны быть рассчитаны на гидростатическое давление расчетного столба воды. Они устанавливаются на воздуховодах после противозрывных устройств, считая от внешнего конца.

Для контроля наличия воды над сооружением могут быть использованы водопроводные или газовые трубы малого диаметра, проложенные в ограждающей конструкции убежища. Верхний конец выводится на поверхность земли, нижний, оборудованный вентилем в убежище.

## Список использованной литературы

1. Приказ МЧС России от 16 февраля 2012 г. №70 «Порядок разработки, согласования и утверждения планов гражданской обороны и защиты населения (планов гражданской обороны)» (зарегистрирован в Минюсте России 27 марта 2012 г., №23622)
2. Приказ МЧС России от 21 июля 2005 №575 «Об утверждении Порядка содержания и использования защитных сооружений гражданской обороны в мирное время и в качестве убежищ» (зарегистрирован в Минюсте РФ 21 сентября 2005 г., №7032)
3. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84) (утверждено приказом ЦНИИпромзданий Госстроя СССР от 30 ноября 1984 г. №106а)
4. СТО АСЧМ 7-93 Стандарт ассоциации предприятий и организаций по стандартизации продукции черной металлургии «Прокат арматурный периодического профиля. Технические условия»
5. Правила устройства электроустановок ПУЭ (утверждены Минэнерго СССР) (6-е издание)
6. Приказ Минэнерго России от 13.01.2003 №6 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» (зарегистрировано в Минюсте России 22 января 2003 г. №4145)
7. НПБ 105-03 «Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (утверждены приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. №314)
8. РД 34.03.350-98 «Перечень помещений и зданий энергетических объектов РАО «ЕЭС России» с указанием категорий по взрывопожарной и пожарной опасности»
9. РТМ 38.001-94 Руководящий технический материал «Указания по расчету на прочность и вибрацию технологических стальных трубопроводов» (утверждено Минтопэнерго РФ 26 декабря 1994 г.)

## Приложение А

### ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ СТАТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ОТ ДЕЙСТВИЯ ИНЕРЦИОННЫХ СИЛ НА ВНУТРЕННИЕ КОНСТРУКЦИИ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО ОБОРУДОВАНИЯ УБЕЖИЩ

1. Внутренние стены и колонны убежищ рассчитывают на нормальные силы от нагрузки, передающейся с перекрытия, и на горизонтальную эквивалентную статическую нагрузку от инерционных сил, вызванных перемещением опор элемента при движении сооружения, а внутренние перегородки – на нагрузку от инерционных сил.

2. Междуэтажные перекрытия убежищ рассчитывают на вертикальную нагрузку от инерционных сил и отдельно на нормальные силы, передающиеся от наружных стен.

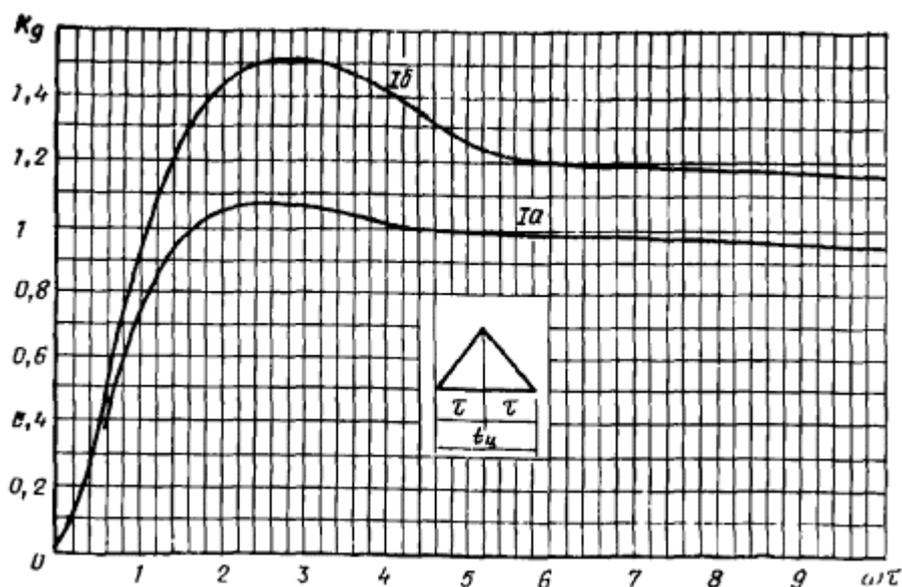


Рисунок А.1 – График для определения коэффициента динамичности при расчете конструкций на инерционные силы:

$I_b$  – по предельному состоянию Iб;  $I_a$  – по предельному состоянию Iа

3. Эквивалентная статическая нагрузка  $q_{эkv}$  на внутренние конструкции от действия инерционных сил, вызванных перемещением опор элемента при движе-

нии убежища, определяется по формулам: для вертикальных элементов (внутренние стены, колонны, перегородки)

$$q_{\text{ЭКВ}} = G_K j_{\Gamma} K_D, \quad (\text{A1})$$

для горизонтальных элементов (междуэтажных перекрытий)

$$q_{\text{ЭКВ}} = G_K (j_{\text{В}} K_D - 1), \quad (\text{A2})$$

где  $G_K$  – вес единицы длины (площади) рассчитываемой конструкции;

$J_{\Gamma}$ ,  $J_{\text{В}}$  – горизонтальная и вертикальная максимальная амплитуды импульса ускорения опор конструкции в единицах  $g$ ;

$K_D$  – коэффициент динамичности, определяемый по графику рисунка А.1 в зависимости от  $\omega\tau$ , где  $\tau$  – см. формулу А3;

$\omega$  – круговая частота свободных колебаний рассчитываемого элемента.

4. Максимальная амплитуда вертикального ускорения в единицах  $g$  – силы тяжести определяется по формулам:

- для отдельно стоящих убежищ

$$J_{\text{В}} = \frac{K_{\text{отр}}^* \sigma_m 10^4}{(A_n + K A_{\text{ф}}) \tau_d} \left( 1 - e^{-\frac{(A_n + K A_{\text{ф}})}{m_{\text{В}}} \tau} \right), \quad (\text{A3})$$

где  $\tau$  – время нарастания амплитуды ускорения до максимума, с, принимается равным времени нарастания нагрузки на покрытие до максимального значения, определяемого по формуле (11);

- для встроенных убежищ:

$$J_{\text{В}} = \frac{\Delta P_{\text{макс}} 10^4}{K A_{\text{ф}} \tau_d} \left( 1 - e^{-\frac{K_{\text{отр}}^* A_{\text{ф}}}{m_{\text{В}}} \tau} \right), \quad (\text{A4})$$

где  $\tau$  – принимается равным: 0,15 с – для убежищ V класса; 0,09 с – для убежищ с защитой 1 кгс/см<sup>2</sup>; 0,06 с – с защитой 2 кгс/см<sup>2</sup>.

В формулах (А3) и (А4)  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $K_{\text{отр}}^*$  – коэффициент отражения волны сжатия от покрытия, определяемый по графику рисунка 53;

$\sigma_m$  – максимальное давление в волне сжатия на уровне верха покрытия, кгс/см<sup>2</sup>;

$\Delta P_{\text{макс}}$  – максимальное давление воздушной ударной волны на покрытие встроенного убежища, кгс/см<sup>2</sup>;

$K = F_{\text{ф}}/F_{\text{П}}$  – отношение площади  $F_{\text{ф}}$  подошвы фундамента к площади  $F_{\text{П}}$  покрытия сооружения;

$A_{\text{П}}$  и  $A_{\text{Ф}}$  – акустические сопротивления грунта обсыпки над покрытием и под фундаментом, выражаемые формулой  $A = a\rho$ , в которой  $a_1$  – скорость, м/с, распространения упругопластических волн сжатия в грунте;  $\rho$  – плотность грунта, кгс с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup> (таблица 4);  $m_B$  – масса сооружения, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади основания, кгс с<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

5. Максимальная амплитуда горизонтального ускорения в единицах  $g$  определяется по приближенной формуле (без учета сил трения по подошве фундамента):

$$J_B = \frac{P_{\text{макс}}10^4}{2A_c\tau_d} \left(1 - e^{-\frac{2A_c\tau}{m_r}}\right), \quad (\text{A5})$$

где  $P_{\text{макс}}$  – максимальная величина горизонтальной динамической нагрузки на стену убежища на уровне середины высоты стены, кгс/см<sup>2</sup>;

$A_c$  – акустическое сопротивление грунта у стен убежища, кгс с/м<sup>3</sup>;

$m_r$  – масса сооружения, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади вертикальной грани убежища, воспринимающей горизонтальную нагрузку, кгс с<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;

масса ленточных (под стены) и отдельно стоящих (под колонны) фундаментов при определении  $m_r$  не учитывается.

Время нарастания амплитуды ускорения до максимума принимается равным наименьшему из двух значений, определяемых по формуле

$$\tau = \begin{cases} \frac{H}{a_1} \\ \frac{L}{D_{\text{ф}}} \end{cases}, \quad (\text{A6})$$

где  $H$  – высота убежища, м;

$L$  – размер убежища в направлении движения фронта ударной волны, м;

$a_1$  – скорость упругопластических волн в грунте, м/с (таблица 4);

$D_\Phi$  – скорость фронта ударной волны, м/с.

6. Усилия, возникающие в деталях жесткого крепления внутреннего оборудования к конструкциям, определяются по формулам:

$$P_{\text{экв}} = GJK_d, \quad (\text{A7})$$

где  $G$  – вес оборудования;

$J$  – максимальная амплитуда импульса ускорения конструкции в соответствующем направлении (определяется по пп. 4 и 5 настоящего приложения);

$K_d$  – коэффициент динамичности, принимается равным 1,2.

Пример. Отдельно стоящее убежище имеет размер в плане 42×60 м; высота стен (от верха покрытия до фундамента) 4,6 м; фундаменты: под стены – ленточные, под колонны – отдельно стоящие; общий вес сооружения 10 000 тс, включая вес фундаментов (2 000 тс). Отношение площади фундаментов к площади покрытия  $K = F_\Phi / F_\Pi = 0,25$ . Грунт – суглинок насыпной:  $a_1 = 150$  м/с;  $a_0 = 250$  м/с;  $\rho = 1160$  кгс с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;

$K_6 = 0,5$ . Толщина обсыпки 1 м. Для суглинка ненарушенной структуры (под фундаментами):  $a_0 = 700$  м/с;  $a_1 = 350$  м/с;  $\rho = 170$  кгс с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>. Давление во фронте проходящей ударной волны  $\Delta P_\Phi = 2$  кгс/см<sup>2</sup>;  $D_\Phi = 555$  м/с.

Определить вертикальную и горизонтальную перегрузки и эквивалентную статическую нагрузку на армокирпичную перегородку толщиной в один кирпич марки 100 на растворе марки М 25, высотой 360 см.

Масса сооружения на 1 м<sup>2</sup> площади основания:

$$m_{\text{в}} = \frac{10000 \times 10^3}{(42 \times 60) \times 9,81} = 405 \text{ кгс} \times \text{с}^2 / \text{м}^3.$$

Горизонтальное ускорение определим в направлении меньшей стороны убежища; масса на 1 м<sup>2</sup> стены:

$$m_{\text{г}} = \frac{8000 \times 10^3}{(60 \times 4,6) \times 9,81} = 2960 \text{ кгс} \times \text{с}^2 / \text{м}^3.$$

Определим значения величины, входящих в формулу (А3), для вертикального ускорения:  $\sigma_m = \Delta P_\Phi = 2 \text{ кгс/см}^2$ ; приняв  $\sigma_5 = 1,5 \text{ кгс/см}^2$ , по графику рисунка А.1 при значениях  $\sigma_m/\sigma_5 = 2/1,5 = 1,33$ , и  $a_0/a_1 = 1,7$  находим  $K^*_{\text{отр}} = 1,68$ .

По формуле (А6)

$$\tau = \frac{1}{150} \left( 1 - \frac{150}{250} \right) = 0,003 \text{ с.}$$

Акустические сопротивления грунта равны:

обсыпки и у стен –  $A_{II} = A_C = 150 \cdot 160 = 2,4 \cdot 10^4 \text{ кгс с/м}^3$ ,

под фундаментом –  $A_\phi = 350 \cdot 170 = 6,0 \cdot 10^4 \text{ кгс с/м}^3$ .

Максимальная амплитуда вертикального ускорения:

$$J_B = \frac{1,68 \times 2 \times 10^4}{(2,4 \times 10^4 + 0,25 \times 6 \times 10^4) \times 0,003 \times 9,81} \left( 1 - e^{-\frac{(2,4 \times 10^4 + 0,25 \times 6) 10^4}{405} \cdot 0,003} \right) = 29,2(1 - 0,748) = 7,4.$$

Для горизонтального ускорения время нарастания амплитуды, с, до максимума определяем по формуле (А6):

$$\tau = \begin{cases} \frac{H}{a_1} = \frac{4,6}{150} = 0,031 \\ \frac{L}{D_\phi} = \frac{42}{555} = 0,076 \end{cases},$$

$$\tau_{\min} = 0,031 \text{ с.}$$

Горизонтальная нагрузка на стену  $P_{\max} = K_6 \times \Delta P_\Phi = 0,5 \times 2 = 1 \text{ кгс/см}^2$ .

Амплитуду горизонтального ускорения в единицах  $g$  определяем по формуле (А5):

$$J_B = \frac{1 \times 10^4}{2 \times 2,4 \times 10^4 \times 0,031 \times 9,81} \left( 1 - e^{-\frac{2 \times 2,4 \times 10^4 \times 0,31}{2930}} \right) = 0,69 \times (1 - 0,6) = 0,28.$$

Принимаем шарнирное закрепление концов перегородки по высоте.

При модуле деформаций кладки

$$E = 0,8E_0 = 0,8 \times (1000 \times 13) = 10000 \text{ кгс/см}^2,$$

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{1 \times 25^3}{12} = 1300 \text{ см}^4.$$

Частота колебаний

$$\omega = \frac{\pi^2}{360^2} \sqrt{\frac{10000 \times 1300}{40,7 \times 10^{-6}}} = 43 \text{ с}^{-1}$$

(здесь  $40,7 \cdot 10^{-6}$  кгс  $\text{с}^2/\text{см}^2$  – погонная масса перегородки).

Коэффициент динамичности при  $\omega\tau = 43 \cdot 0,031 = 1,33$  (рисунок А.1, кривая 1б) равен  $K_g = 1,2$ .

Вес единицы длины перегородки при  $\gamma_{кл} = 1,6 \cdot 10^{-3}$  кгс/см<sup>3</sup> составляет  $G = 1,25 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 0,04$  кгс/см. По формуле (А1) эквивалентная статическая нагрузка на единицу длины перегородки при ширине полосы загрузки  $b = 1$  см равна:

$$q_{\text{экв}} = G_{\text{кГ}} j_{\text{Г}} K_{\text{д}} = 0,04 \times 0,28 \times 1,2 = 1,344 \times 10^{-2} \text{ кгс/см}^2.$$