

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
—◆—  
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**М.Е. Д е м е н т ь е в а**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ:  
ОЦЕНКА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

*Учебное пособие*

**МОСКВА – 2008**

**Дементьева М.Е. Техническая эксплуатация зданий: оценка и обеспечение эксплуатационных свойств конструкций зданий:** Учебное пособие для студентов специальности 270105 «Городское строительство и хозяйство»/Моск. гос. строит. ун-т. – М.: МГСУ, 2008. – 227 с.

В пособии рассмотрены основные понятия теории надежности, проанализированы факторы воздействия на строительные конструкции и причины изменения эксплуатационных свойств конструктивных элементов зданий, приведена методология оценки эксплуатационных параметров строительных конструкций, даны их характерные повреждения и способы устранения, рассмотрены вопросы эксплуатации основных конструкций зданий.

В приложениях приведены сведения по срокам службы конструктивных элементов, состав работ по техническому обслуживанию и ремонту конструкций зданий.

Пособие адресовано студентам, обучающимся по специальности 270105 «Городское строительство и хозяйство».

Ил. 77, табл. 18

#### Р е ц е н з е н т ы:

доцент, канд. техн. наук В.М. Калинин (МГСУ)  
профессор, канд. техн. наук В.П. Князева (МАРХИ)

## ВВЕДЕНИЕ

Московский регион – один из крупнейших урбанизованных регионов мира. Здесь на площади менее 0,3% территории страны проживает около 16 миллионов человек, или каждый 10 россиянин. Стратегическая цель градостроительного развития Московского региона – создание гуманной к человеку, экологически безопасной среды, обеспечение высокого качества жизни нынешним и будущим поколениям людей.

На сегодняшний день одной из приоритетных задач развития можно назвать сохранность жилищного фонда и улучшение жилищных условий. В Москве решению этих проблем уделяется большое внимание. Так, ежегодные затраты на капитальный ремонт жилых зданий составляют треть средств, вкладываемых в новое строительство. Задача сохранения и обновления существующего жилищного фонда при капитальном ремонте, реконструкции чрезвычайно актуальна с точки зрения повышения комфорта проживания, улучшения использования площади существующей застройки, сокращения энерго- и ресурсозатрат.

Демонополизация и развитие конкурентной среды в сфере обслуживания жилья, развитие договорных отношений, наличие многообразия собственников жилья, привлечение частного бизнеса к выполнению работ по содержанию и ремонту жилищного фонда определяют необходимость пересмотра традиционных подходов к вопросам содержания жилищного фонда.

В современных условиях решение проблемы дальнейшей эксплуатации жилищного фонда настоятельно требует научного исследования комплекса сложных вопросов по содержанию, обследованию существующих зданий, выявлению первоочередности ремонта, реконструкции или модернизации в зависимости от их физического состояния, морального старения, в том числе и экономической оценки различных вариантов перепланировки, переоборудования и преобразования зданий. Для этого специалистам в области жилищного хозяйства необходимо знать закономерности износа и старения строительных материалов, принципы эксплуатации в условиях современной изменившейся экологической ситуации в городе, уметь принимать обоснованные с технической и экономической точки зрения решения.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

## 1.1. Задачи технической эксплуатации зданий, особенности эксплуатационного процесса

*Техническая эксплуатация зданий* – это комплекс технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение нормального функционирования элементов зданий и сооружений, а также прилегающей городской территории.

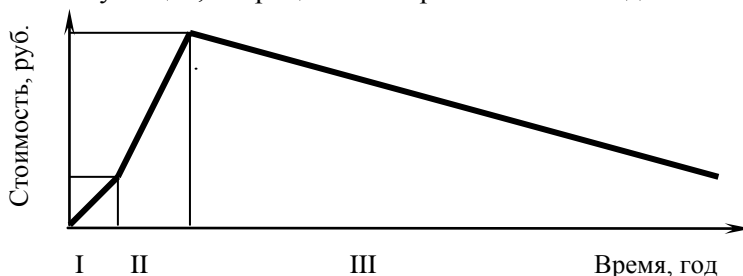
*Основной задачей технической эксплуатации зданий и городских территорий* является обеспечение комфортного и безопасного использования их помещений и территорий для определенных целей в течение всего нормативного срока службы.

Здания и сооружения являются продуктами очень длительного потребления, поэтому их качество формируется на таких основных этапах жизненного цикла, как:

I - проектирование, в процессе которого закладывается стоимость здания;

II - строительство, в результате которого здание приобретает свою потребительскую стоимость;

III - эксплуатация, в процессе которой стоимость здания падает



**Рис. 1.1.** Изменение стоимости здания на этапах его жизненного цикла.

Следовательно, под технической эксплуатацией понимается стадия жизненного цикла объекта, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество.

Недоучет различных факторов на любой стадии жизненного цикла объекта приведет в конечном итоге к снижению его каче-

ства, поскольку существует непосредственная взаимосвязь этапов проектирования, строительства и эксплуатации:

Проектные объемно-планировочные и конструктивные решения должны быть целесообразными и надежными в эксплуатации. Неправильный подбор материалов, а также устаревшие объемно-планировочные решения приведут к дополнительным затратам в процессе эксплуатации на ремонт конструкций и на перепланировку помещений.

На величину затрат в процессе эксплуатации здания влияет также и качество строительства. Низкое качество материалов и строительно-монтажных работ приведет к возрастанию затрат на ремонты в будущем.

Уровень и качество технической эксплуатации зданий непосредственно влияет на износ зданий и, таким образом, на ежегодный объем нового строительства. Чем ниже уровень технической эксплуатации, тем больше зданий, которые будут преждевременно изнашиваться. Поэтому требуются дополнительные затраты либо на восстановление существующих зданий, либо на строительство новых.

Поскольку эксплуатационный процесс является наиболее продолжительным из всех этапов жизненного цикла здания, очевидно, что он наиболее продолжительно влияет на качество здания. Следовательно, рассматривая особенности эксплуатационного процесса, можно выделить следующие из них:

- эксплуатационные процессы воздействуют на здание на наиболее длительном промежутке времени, поэтому имеют решающее влияние на его качество;
- в процессе эксплуатации устраняются те недостатки, которые были допущены при проектировании и строительстве (с помощью соответствующих строительных и проектных организаций);
- качество организации и проведения эксплуатационных мероприятий влияет на уровень комфорта жизни и деятельности населения.

Любое здание можно рассматривать как систему, каждый элемент которой имеет свой срок службы. Влияние многих случайных факторов приводит к тому, что сроки службы конструктивных элементов являются случайными величинами. В этой

связи, а также с учетом различных экстремальных ситуаций сам процесс технической эксплуатации носит случайный характер. Именно поэтому при решении задач по организации технической эксплуатации следует прибегать к математическому вероятностному аппарату.

## **1.2. Параметры надежности элементов зданий**

### **1.2.1. Основные определения**

Качество здания зависит от свойств его элементов, соответствия их параметров нормативным или расчетным показателям и их способности выполнять заданные функции. В процессе эксплуатации возникают ситуации, когда конструктивный элемент не выполняет свои функции в полном объеме или его эксплуатационные показатели не соответствуют нормативным значениям.

Окончание эксплуатации всего здания определяется предельным состоянием, при котором дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена по требованиям безопасности, из-за неустранимого изменения технических характеристик конструктивных элементов, утраченных в процессе эксплуатации, или экономической нецелесообразности их восстановления.

Оценка состояния здания или его отдельных элементов базируется на теории надежности, которая позволяет разрабатывать оптимальную систему контроля за состоянием элементов, определять их техническое состояние, разрабатывать эффективную стратегию эксплуатационных мероприятий.

Надежность является определяющим свойством, общим для различных элементов здания. Сама по себе надежность не характеризует их высокое качество, но служит одним из свойств, определяющих качество каждого элемента здания.

*Надежность* – это свойство элемента выполнять свои функции в течение заданного промежутка времени с сохранением эксплуатационных характеристик.

С точки зрения надежности все элементы здания подразделяются на восстанавливаемые и невосстанавливаемые.

*Восстанавливаемые элементы* могут быть восстановлены (отремонтированы, заменены) в течение эксплуатационного периода.

*Невосстанавливаемые элементы* – это те элементы, которые ни разу не ремонтируют в процессе эксплуатации по техническим или экономическим соображениям.

Конструктивные элементы здания могут состоять из  $n$ -го количества элементов (стыки, полы, стеновые панели и т.п.), которые имеют последовательное или параллельное соединение.

*При последовательном соединении* элементов отказ хотя бы одного из них приводит к отказу всего соединения (например, трехслойная стеновая панель).

*При параллельном соединении* отказ всего соединения происходит только при отказе всех элементов (например, работа двух лифтов в здании).

Надежность, как свойство элемента, характеризуется рядом показателей: таких основных как безотказность, долговечность и ремонтпригодность, а также понятиями, характеризующими состояние объекта - исправность, работоспособность, предельное состояние, отказ.

*Безотказность* – основное свойство надежности элемента, т.е. способность элемента выполнять свои функции в течение заданного промежутка времени в заданных условиях эксплуатации без вынужденных перерывов на восстановление.

*Долговечность* – свойство элемента сохранять работоспособность до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами на ремонт, наладку или техническое обслуживание.

*Ремонтпригодность* – свойство элемента, заключающееся в его приспособленности к выполнению ремонтов и технического обслуживания, т.е. к восстановлению работоспособности и исправности.

*Исправность* – это категория технического состояния элемента, при которой он полностью соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией, включая требования подготовки объекта к эксплуатации.

*Работоспособность* – это категория технического состояния элемента, при которой он способен выполнять в данный момент свои функции, сохраняя во времени значения основных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией. При этом некоторые из численно оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта,

норм и стандартов, но имеющиеся нарушения требований, например, по деформативности, трещиностойкости, в данных конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, и несущая способность конструкций, с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений, обеспечивается.

*Предельное состояние* – это категория технического состояния элемента, характеризующаяся снижением несущей способности и эксплуатационных характеристик и соответствующая технической невозможности или нецелесообразности его дальнейшей эксплуатации, обусловленная требованиями безопасности или неустранимым снижением эффективности (необходимость проведения страховочных мероприятий и усиления конструкций).

*Аварийное состояние* – категория технического состояния элемента, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения (необходимо проведение срочных противоаварийных мероприятий).

*Отказ* – это полная или частичная утрата элементом работоспособности.

Отказ является случайным событием, вероятность его возникновения зависит от внешних и внутренних факторов: качества материала, качества изготовления строительного элемента, качества выполнения монтажно-строительных работ, факторов окружающей среды, уровня эксплуатационных мероприятий и т.д.

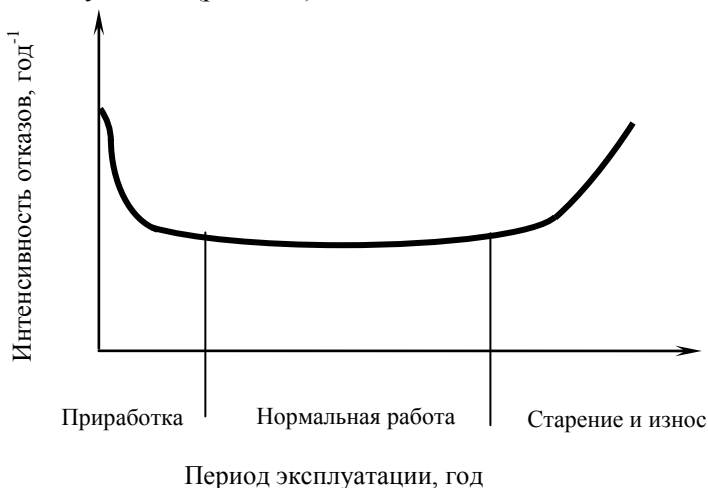
Отказы классифицируют:

- по характеру проявления на постепенные (связанные с процессом старения и износа) и внезапные (характеризующиеся скачкообразным изменением эксплуатационных параметров элемента);
- по возможности использования элемента после отказа на полные и частичные;
- по связи между отказами отдельных элементов или их частей (например, в случае с многослойными конструкциями) на зависимые и независимые;
- по наличию внешних признаков на скрытые и очевидные;



- по причине возникновения на конструктивные, производственные, эксплуатационные;
- по периоду возникновения на отказы при испытаниях, в период приработки, в период нормальной эксплуатации и т.д.

Статистические данные обследования большого числа элементов зданий за продолжительный период времени показывают, как изменяется интенсивность отказов в течение всего периода эксплуатации (рис. 1.2.).



**Рис. 1.2.** Изменение интенсивности отказов в течение эксплуатационного периода.

В период приработки проявляются отказы, вызванные дефектами конструктивных элементов, а также недостатками строительства, монтажа. По нормативам технической эксплуатации зданий эти виды отказов устраняют строительные организации в течение гарантийного срока. Далее за устранение неисправностей отвечает эксплуатационная организация.

В период нормальной работы интенсивность отказов практически постоянна и основное влияние на надежность оказывают внезапные отказы, которые обусловлены:

- воздействием непредвиденных механических нагрузок,
- воздействием неучтенных или изменившихся факторов внешней среды эксплуатации,

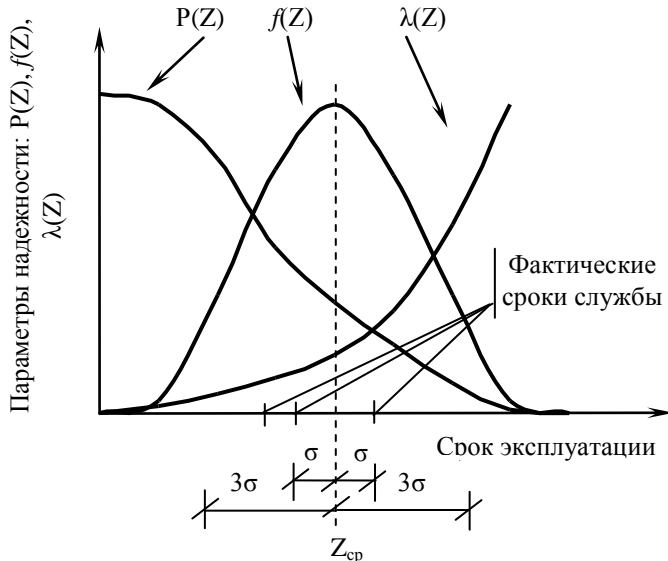
- изменением эксплуатационных параметров элементов с течением времени. Среднее значение эксплуатационных свойств элементов сохраняется, но вследствие увеличения дисперсии (разброса параметров у однотипных конструкций) вероятность отказа элемента увеличивается.

В заключительный период (*период старения и износа*) интенсивность отказов возрастает вследствие старения, износа элементов, и на их надежность большее влияние оказывают постепенные отказы.

### 1.2.2. Безотказность элементов

Показатели надежности могут быть определены статистическими или математическими методами. Основной показатель надежности – безотказность – может быть представлена как случайная величина, зависящая от времени исправной работы до момента возникновения отказа.

В качестве количественной характеристики безотказности пользуются показателем вероятности безотказной работы элемента  $P(Z)$ , которая означает вероятность того, что на определенном временном интервале не наступит отказ (рис. 1.3.):



**Рис. 1.3.** Нормальный закон распределения параметров надежности (закон Гаусса).

$$P(Z) = e^{-\int_0^Z \lambda(Z) dZ}$$

где,  $\lambda(Z)$  – интенсивность отказов, которая показывает количество отказов элемента за определенный временной интервал.

Еще одним критерием безотказности может служить плотность распределения отказов элемента  $f(Z)$ , т.е. среднее удельное число отказов за единицу времени:

$$f(Z) = \frac{dP(Z)}{dt}$$

На практике часто имеет место одновременное проявление внезапных и износowych (постепенных) отказов. В этом случае для оценки надежности элемента в период нормальной работы, т.е. при  $\lambda \approx \text{const}$ , плотность распределения вероятностей и вероятность безотказной работы могут быть выражены как:

$$f(Z) = \lambda \cdot e^{-\lambda Z} \qquad P(Z) = e^{-\lambda Z}$$

Вероятность безотказной работы элемента определяется в долях единицы и может принимать значения от 0 до 1. Эта величина является обратной функцией вероятности возникновения отказов  $I(Z)$  за тот же временной интервал, поэтому:

$$P(Z) + I(Z) = 1$$

Невозможно заранее знать, сколько времени проработает тот или иной элемент до отказа, однако на основании статистических данных об отказах или на основании натурных или лабораторных испытаний можно определить вероятность того, что элемент откажет за некоторый временной интервал. Чем больше этот интервал, тем выше вероятность отказа и соответственно ниже вероятность безотказной работы элемента.

Если собраны статистические данные об отказах однотипных элементов, используя их можно подсчитать интенсивность отказов  $\lambda(Z)$  и приближенно определить вероятность безотказной работы  $P(Z)$ :

$$\lambda(Z) = \frac{n(Z)}{N \cdot \Delta Z} \qquad P(Z) = \frac{N - n(Z)}{N}$$

где,  $n(Z)$  – число элементов, отказавших к моменту  $Z$ ;

$N$  – общее число исправных элементов на начальный момент времени;

$\Delta Z$  – период наблюдения от начального момента времени до времени  $Z$ .

В реальных условиях эксплуатации большинство элементов представляют собой сложные системы с последовательным, параллельным или смешанным соединением. При последовательном соединении элементов вероятность безотказной работы всей системы (ее надежность) будет ниже, чем надежность каждого отдельного элемента. При параллельном соединении принцип обратный: надежность всей системы будет выше надежности каждого из элементов.

Например, система состоит из двух элементов, вероятность безотказной работы которых равна  $P_1(Z)=P_2(Z)=0,9$ . Найти вероятность безотказной работы системы из двух элементов в случае последовательного и параллельного соединения можно следующим образом.

При последовательном соединении элементов системы вероятность безотказной работы будет определяться как:

$$P_c(Z)=P_1(Z) \cdot P_2(Z)$$

$$P_c(Z)=0,9 \cdot 0,9=0,81$$

При параллельном соединении элементов системы вероятность безотказной работы будет определяться как:

$$P_c(Z)=P_1(Z) \cdot P_2(Z)+P_1(Z) \cdot \{1-P_2(Z)\}+P_2(Z) \cdot \{1-P_1(Z)\}$$

где,  $P_1(Z) \cdot P_2(Z)$  – вероятность того, что оба элемента находятся в работоспособном состоянии.

$P_1(Z) \cdot \{1-P_2(Z)\}$  – вероятность того, что только первый элемент находится в работоспособном состоянии.

$P_2(Z) \cdot \{1-P_1(Z)\}$  – вероятность того, что только второй элемент находится в работоспособном состоянии.

$$P_c(Z)=0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot (1-0,9) + 0,9 \cdot (1-0,9)=0,99$$

Сложные смешанные системы рассчитывают, расчлняя их на отдельные звенья одного вида соединения – только последовательного или только параллельного. Элементы одного вида соединения для дальнейших расчетов представляют как один элемент с рассчитанной вероятностью безотказной работы. Все действия повторяются до тех пор, пока система не будет представлена одним видом соединения.

### 1.2.3. Долговечность. Сроки службы элементов

Надежность строительных конструкций рассматривается, как правило, на заданном временном интервале, в качестве которого часто принимают срок службы элемента или его долговечность.

Долговечность элемента можно оценить по показателю среднего времени безотказной работы элемента:

$$Z_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} P(Z) dZ$$

Срок безотказной работы элементов зданий является непрерывной случайной величиной, принимающей любые значения, поскольку он зависит от ряда факторов, в том числе от качества изготовления материала, качества ремонтно-строительных работ по устройству, монтажу конструкции, интенсивности эксплуатационных нагрузок, воздействия факторов окружающей среды и пр.

При проектировании новых конструкций, разработке новых материалов прогнозирование их долговечности осуществляется на основании лабораторных испытаний или по аналогии с уже существующими объектами. При этом учитывается влияние только наиболее важных факторов на долговечность элемента. Таким образом, рассчитывается нормативный срок службы.

*Нормативный срок службы* – это рекомендуемый срок эксплуатации до выполнения ремонта, определяемый технической документацией на основании результатов лабораторных испытаний или статистических данных об эксплуатации аналогичных конструкций.

Однако по совокупному воздействию неучтенные факторы могут значительно изменить особенности и условия эксплуатации элемента, вследствие чего одни и те же элементы зданий с одинаковым нормативным сроком службы в реальных условиях могут безотказно функционировать различное время и, соответственно, иметь различные фактические сроки службы и периоды проведения ремонтов.

*Фактический срок службы* – это срок эксплуатации конкретной конструкции до потери ею работоспособности.

Определение долговечности путем натурного наблюдения для строительных конструкций часто оказывается неприемлемым, т.к. срок их эксплуатации довольно значителен. Поэтому при подготовке проекта капитального ремонта или реконструкции здания следует учитывать опыт эксплуатации аналогичных по конструктивным решениям зданий, эксплуатируемых в одинаковых условиях. В первую очередь это относится к типовым зданиям, монтируемым из индустриальных конструкций.

Накопленная статистика по дефектам и отказам отдельных конструкций, с использованием нормального закона распределения сроков службы, позволяет обоснованно прогнозировать их фактические сроки службы, на основании которых можно определить средний срок службы.

*Средний срок службы* – это срок эксплуатации однотипных конструкций, рассчитанный на основе статистических данных об отказах этих конструкций за определенный период эксплуатации.

Разброс конкретных значений сроков службы элементов не бесконечен. В соответствии с нормальным законом распределения случайной величины (рис. 1.3) отклонение в большую или меньшую сторону от среднего значения имеет одинаковую вероятность. Чем выше отклонение конкретного срока службы по абсолютной величине от среднего значения, тем меньше его вероятность. Отклонение сроков службы элемента имеет предел, поэтому отклонения, превышающие его, маловероятны. Отклонение случайной величины от среднего значения в  $3\sigma$  соответствует вероятности 0,998.

Каждое конкретное значение срока службы  $Z_i$ , зарегистрированное в процессе эксплуатации, может быть представлено через его среднее значение  $Z_{cp}$  и среднее квадратичное отклонение от него  $\sigma$ :

$$Z_i = Z_{cp} - U(Z_i) \cdot \sigma,$$

где,  $U(Z_i)$  – квантиль нормального распределения, представляет собой коэффициент, отвечающий определенному уровню безотказной работы и определяемый по значению вероятности безотказной работы  $P(Z)$ .

$\sigma$  – среднее квадратичное отклонение от срока службы, которое можно определить, составляя систему уравнений, соответ-

ствующих различным периодам наблюдений за состоянием элементов:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i \cdot U_i - \frac{\sum_{i=1}^n Z_i \cdot \sum_{i=1}^n U_i}{n}}{\frac{\left(\sum_{i=1}^n U_i\right)^2}{n} - \sum_{i=1}^n U_i^2}$$

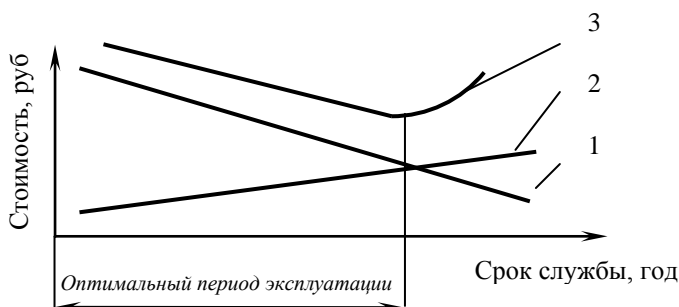
Зная среднее квадратичное отклонение, средний срок службы можно рассчитать по формуле:

$$Z_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i + \sigma \cdot \sum_{i=1}^n U_i}{n}$$

В процессе эксплуатации возникает необходимость в проведении ремонтных работ, направленных на обеспечение необходимого уровня надежности здания, что требует определенных материальных затрат. В тоже время первоначальная стоимость здания уменьшается вследствие износа. Поэтому необходим выбор такого межремонтного периода, при котором учитывалась бы с одной стороны, полнота использования ресурса элемента, а с другой не было бы значительных затрат на устранение внезапных и износных отказов. Отсюда вытекает понятие оптимального срока службы элемента.

*Оптимальный срок службы* – это срок службы, при котором удельные затраты на эксплуатацию будут минимальными (рис. 1.4).

Учитывая экономический показатель, не следует забывать и о необходимости поддержания достаточного уровня надежности элементов. Чтобы уменьшить интенсивность отказов в межремонтный период, элементы следует заменять в моменты, предшествующие интенсивному росту вероятности отказа, т.е. в пределах  $3\sigma$ , в этом случае их безотказность возрастает.



**Рис. 1.4. Оптимальный срок службы.**

1 — снижение первоначальной стоимости в процессе эксплуатации за счет износа (приведенная оценочная стоимость здания);

2 — приведенные затраты на ремонты (плановые и непредвиденные) за весь эксплуатационный период;

3 — суммарные приведенные затраты на эксплуатацию.

#### 1.2.4. Показатели ремонтпригодности

Одним из параметров надежности является ремонтпригодность, т.е. приспособленность конструкции к восстановлению и замене. Особенно важно проводить предварительную оценку ремонтпригодности для сменяемых в процессе эксплуатации многоэлементных (например, многослойных) конструктивных элементов. Сюда, в первую очередь, относятся полы, кровли, стыки наружных панелей.

Комплексным показателем надежности многократно используемых конструкций является *коэффициент готовности*  $k_r$ , который показывает долю времени выполнения объектом своих функций в полном объеме за весь расчетный период эксплуатации:

$$k_r = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_0} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n \tau_i},$$

где,  $t_i$  — время между отказами, когда элемент полностью выполнял свои функции;

$t_0$  — расчетный период эксплуатации;



$t_i$  – время восстановления элемента, в течение которого элемент не функционирует в полном объеме.

Поскольку срок службы здания значительно превышает время восстановления элемента, то наиболее показательным для определения свойств ремонтпригодности элемента или конструктивного решения здания в целом будет *коэффициент использования ресурса*  $k_{ир}$ , который учитывает полноту использования того или иного элемента и оперативность работы эксплуатационной службы:

$$k_{ир} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot m_i - \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n t_i \cdot m_i},$$

где,  $t_i$  – срок службы  $i$ -го элемента;

$\Delta t_i$  – недоиспользованный ресурс при эксплуатации элемента, представляющий собой разницу между сроком службы  $i$ -го элемента и межремонтным периодом;

$m_i$  – количество ремонтов элемента за весь период эксплуатации;

$n$  – количество обследуемых элементов.

Удовлетворительным конструктивным решением считается такое, коэффициент использования ресурса которого более 0,9, в противном случае следует пересмотреть подбор основных конструктивных элементов с точки зрения равнозначности их сроков службы.

Зная величину коэффициента готовности и коэффициента использования ресурса, можно определить коэффициент ремонтпригодности элемента  $k_p$  и коэффициент простоя  $k_{п}$ :

$$k_p = 1 - k_r \qquad k_{п} = 1 - k_{ир}$$

Показательными критериями ремонтпригодности отдельных элементов являются время восстановления рабочего состояния конструкции, а также объем материальных и трудовых ресурсов, затраченных на ремонт или замену отказавших конструктивных элементов.

Поэтому для анализа ремонтпригодности конструкций используется также коэффициенты, позволяющие оценить конст-

руктивное решение, технологичность элемента, время, затраченное на ремонт, материальные затраты.

*Коэффициент доступности*  $k_d$  показывает долю затрат труда на выполнение замены отказавшего элемента от суммарных трудозатрат на ремонт конструкции из-за отказавшего элемента:

$$k_d = 1 - \frac{T_{\text{вспом}}}{T_{\text{вспом}} + T_{\text{осн}}}$$

где,  $T_{\text{осн}}$  – затраты труда на выполнение основных операций в процессе восстановления работоспособности конструкции;

$T_{\text{вспом}}$  – затраты труда на выполнение вспомогательных операций в процессе восстановления работоспособности конструкции.

*Коэффициент контролепригодности*  $k_k$  определяет долю элементов конструкции, состояние которых контролируется без разборки других элементов в процессе замены конкретного элемента:

$$k_k = 1 - \frac{N_1}{N_1 + N_2}$$

где,  $N_1$  – число элементов, которые необходимо демонтировать, чтобы провести контроль работоспособности рассматриваемого элемента конструкции;

$N_2$  – число элементов, контролируемых без демонтажа.

*Коэффициент ремонтозависимости*  $k_{pz}$  учитывает необходимость вывода элемента до истечения его срока службы из состава конструкции при необходимости замены других элементов, т.е. полноту использования ресурса отдельными элементами конструкции:

$$k_{pz} = \frac{Z_3}{Z_{\text{нз}}}$$

где,  $Z_3$  – срок службы элемента, зависящего от срока службы других элементов, входящих в комплекс данной конструкции;

$Z_{\text{нз}}$  – срок службы элемента, независимого от срока службы других элементов, входящих в комплекс данной конструкции.

*Относительная стоимость восстановительных работ* или стоимостной показатель ремонтпригодности показывает долю затрат на восстановление элемента в общих затратах:

$$C_{\text{отн}} = \frac{C_{\text{осн}}}{C_{\text{общ}}}$$

где,  $C_{\text{осн}}$  – стоимость основных затрат на восстановление отказавшего элемента;

$C_{\text{общ}}$  – стоимость общих затрат, связанных с восстановлением работоспособности всей конструкции.

Приступая к анализу ремонтпригодности конструкции, ее следует рассматривать поэлементно с учетом сроков службы всех элементов, трудоемкости и стоимости замены каждого из них. При этом необходимо рассматривать такой порядок восстановления конструкции, при котором основным заменяемым элементом является наименее долговечный. Прочие элементы, а также работы, связанные с их восстановлением, воспринимаются как вспомогательные.

Лучшим конструктивным решением будет такое, при котором сроки службы всех элементов совпадают. На практике этого добиться бывает крайне сложно, а зачастую невозможно. Поэтому допустимым может быть такое решение, при котором ремонтнезависимый элемент имеет наименьший срок службы, но необходимо, чтобы при этом соотношение срока службы ремонтнезависимого элемента к сроку службы ремонтнезависимого было кратным целому числу из соображений полноты использования ресурса каждого элемента конструкции.

#### **1.2.5. Методы повышения надежности элементов**

Современные здания представляют собой совокупность огромного числа сложных конструкций, инженерных систем. Отказ любого элемента вызывает нарушение работоспособности всей системы или может привести к ее полному отказу. Надежность здания можно обеспечить техническими или организационными решениями, направленными на ограничение последствий отказов и увеличение безотказности системы.

К техническим методам повышения надежности относят локализацию отказов, зонирование и резервирование систем.

*Локализация отказов* заключается в отключении отказавшего элемента без прекращения функционирования остальной системы. Примером может служить отключение отопительного прибора на ремонт, при этом стояк отопления функционирует.

*Зонирование* предполагает разбивку системы на зоны, отказы в которых не приводят к выходу из строя всей системы.

*Резервирование* представляет собой подключение (введение) дополнительных элементов, дублирующих основные, при этом в случае отказа элемента его заменяет оставшийся и функционирование системы не прекращается.

Резервирование в значительно большей степени, чем зонирование связано с дополнительными затратами.

По принципу включения резервного элемента различают резервирование постоянное и замещением.

При постоянном резервировании резервный элемент работает и находится в равных условиях с основным. Такое резервирование представляет собой схему параллельного соединения элементов, при которой система остается работоспособной до тех пор, пока из строя не выйдет последний элемент.

При резервировании замещением каждый резервный элемент включается только в случае отказа предыдущего элемента, при этом резервный элемент не расходует свой ресурс, т.е. является ненагруженным.

Организационные методы повышения надежности также направлены на предотвращение отказов и уменьшение их последствий, основываясь на принципе снижения вероятности возникновения отказа. Они включают в себя разработку необходимых стандартов предприятия, правил технической эксплуатации инженерного оборудования, положений о проведении текущих и капитальных ремонтов, положений об ответственности за эксплуатацию инженерного оборудования.

Поскольку вероятность безотказной работы является функцией времени, то чем дольше элемент эксплуатируется, тем больше вероятность его отказа. Своевременное проведение предупредительных мероприятий (ремонтов, технического обслуживания) в оптимальный с экономической точки зрения период приведет к повышению безотказной работы элемента. С другой стороны в случае наступления отказа необходимо стремиться к

минимизации времени его существования, чего можно добиться грамотной организацией работы эксплуатационной службы.

### 1.3. Основные эксплуатационные мероприятия

Согласно «Правилам и нормам технической эксплуатации жилищного фонда» техническая эксплуатация включает в себя:

1. Управление жилищным фондом:
  - а) организацию эксплуатации;
  - б) взаимоотношения со смежными организациями и поставщиками;
  - в) все виды работы с нанимателями и арендаторами;
2. Техническое обслуживание и ремонт строительных конструкций и инженерных систем зданий:
  - а) техническое обслуживание (содержание), включая диспетчерское и аварийное;
  - б) осмотры;
  - в) подготовку к сезонной эксплуатации;
  - г) текущий ремонт;
  - д) капитальный ремонт;
3. Санитарное содержание:
  - а) уборка мест общего пользования;
  - б) уборка мест придомовой территории;
  - в) уход за зелеными насаждениями.

Комплекс технических эксплуатационных мероприятий в общем виде представлен двумя самостоятельными блоками задач: собственно технической эксплуатацией и обслуживанием населения (рис. 1.5).



**Рис. 1.5.** Комплекс эксплуатационных мероприятий.

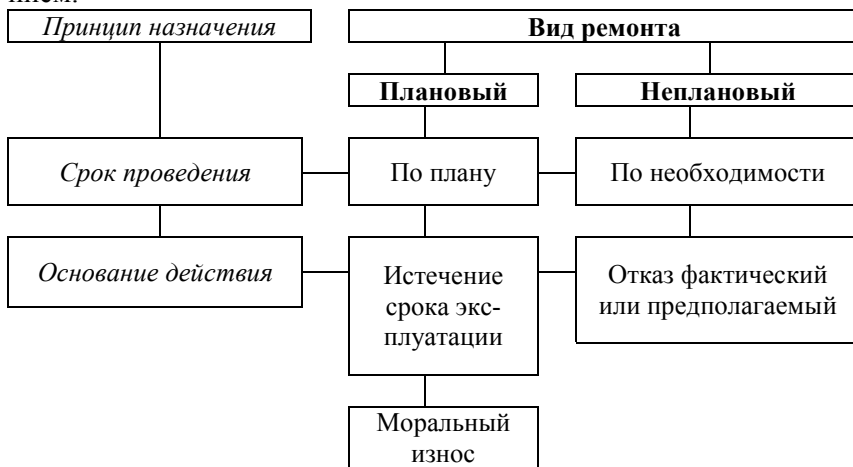
Следовательно, *техническая эксплуатация зданий и территорий* представляет собой комплекс мероприятий, направленных на поддержание эксплуатационных качеств элементов в течение нормативного срока службы в заданных условиях экс-

плуатации, т.е. предназначенных для обеспечения эффективности и надежности работы здания.

### 1.3.1. Капитальный и текущий ремонт зданий

Существует два принципиально различных подхода к назначению и выполнению плановых ремонтов (рис. 1.6):

- ремонт регламентированный (плановый) – выполняется с периодичностью и в объеме, установленном технической документацией, независимо от технического состояния элемента на начало ремонта (т.н. система ППР – планово-предупредительных ремонтов);
- по техническому состоянию (по потребности) – контроль технического состояния выполняется с периодичностью и в объеме, установленном в технической документации, а объем и начало ремонта определяется фактическим техническим состоянием.



**Рис. 1.6.** Классификация ремонтов по срокам и основаниям действия.

Регламентированный ремонт проще в организационном и экономическом отношении, но объем выполняемых работ выше, чем при ремонте по техническому состоянию.

*Система планово-предупредительных ремонтов* – это комплекс мероприятий по проведению текущего и капитального ремонтов зданий с определенной периодичностью.

*Цель планово-предупредительных ремонтов* – поддержание эксплуатационных параметров в течение не менее нормативного срока службы здания. Нормативный срок службы здания определяется в соответствии с его группой капитальности (таблица 1.1), устанавливаемой в зависимости от конструктивных характеристик основных несменяемых элементов, срок службы которых является наибольшим (фундаменты, стены, перекрытия).

Таблица 1.1

Классификация жилых зданий по группам капитальности

Группа капитальности	Тип зданий	Характеристика конструкций	Срок службы, лет
1	2	3	4
I	Особо капитальные	Фундаменты каменные и бетонные Стены кирпичные, крупноблочные и крупнопанельные Перекрытия железобетонные	150
II	Обыкновенные	Фундаменты каменные и бетонные Стены кирпичные и крупноблочные Перекрытия железобетонные или смешанные	120
III	Каменные, облегченные	Фундаменты каменные и бетонные Стены облегченные из кирпича, шлакоблоков и ракушечника Перекрытия деревянные или железобетонные	120
IV	Деревянные, смешанные, сырцовые	Фундаменты ленточные бутовые Стены деревянные, смешанные Перекрытия деревянные	50
V	Сборно-щитовые, каркасные глинобитные, саманные и фахверковые	Фундаменты на деревянных “ступенях” или бутовых столбах Стены каркасные глинобитные Перекрытия деревянные	30
VI	Каркасно-камышитовые	Фундаменты на деревянных “ступенях” или на бутовых столбах Стены каркасные глинобитные Перекрытия деревянные	15

В общем случае мероприятия технической эксплуатации включают в себя:

- *плановый капитальный ремонт* предусматривает восстановление эксплуатационных характеристик элементов здания, выполнение работ по повышению благоустройства прилегающей территории.

Вследствие того, что срок службы здания значительно больше срока службы его отдельных элементов, происходит их износ и потеря первоначальных эксплуатационных характеристик. Поэтому в течение всего эксплуатационного периода приходится их заменять один или несколько раз. Следовательно, условием назначения здания на этот вид ремонта является не наличие неисправностей в доме, а истечение сроков службы конструктивных элементов, которые необходимо заменить.

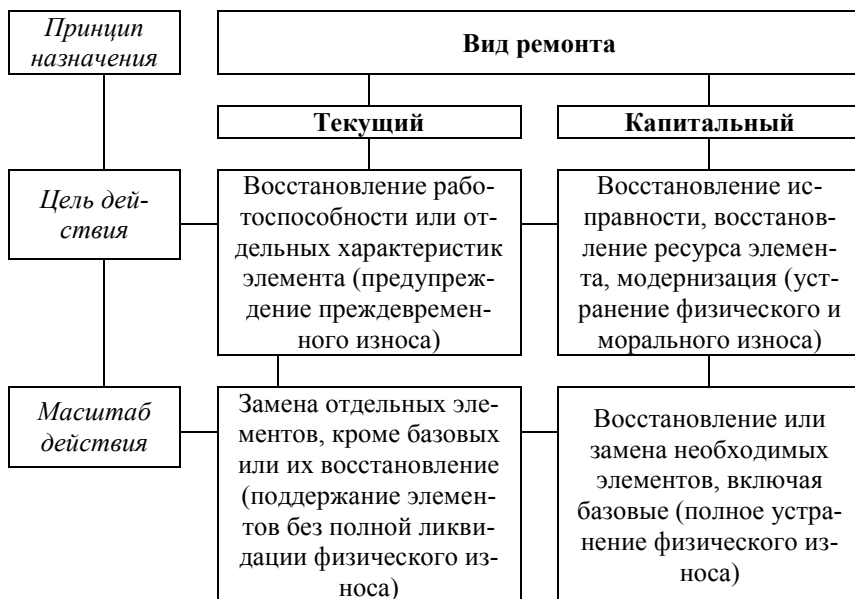
- *плановый текущий ремонт* включает своевременное проведение работ по предохранению элементов зданий от преждевременного износа.

Следовательно, принципиальные различия между текущим и капитальным ремонтом (рис. 1.7) заключаются в том, что при текущем ремонте выполняют работы, которые защищают элементы зданий от воздействия окружающей среды на определенном временном интервале, *предупреждая* их от преждевременного износа, а при капитальном ремонте *устраняют износ* конструкций (физический и моральный) путем восстановления эксплуатационных свойств.

Таким образом, *капитальный ремонт здания* представляет собой комплекс строительных и организационно-технических мероприятий по устранению физического и морального износа, не предусматривающих изменение основных технико-экономических показателей здания или сооружения, включающих, в случае необходимости, замену отдельных конструктивных элементов и систем инженерного оборудования.

*Текущий ремонт здания* – комплекс строительных и организационно-технических мероприятий по устранению неисправностей (восстановлению работоспособности) элементов здания и поддержания нормального уровня эксплуатационных показателей.





**Рис. 1.7.** Классификация ремонтов по целям и масштабам действия.

Своевременно проведенные плановые ремонты предупреждают нарушение нормальной работы конструкций. Однако вероятностный характер возникновения неисправностей приводит к тому, что не исключены непредвиденные неисправности, которые устраняются в процессе проведения *непредвиденных ремонтов*.

- *выборочный капитальный ремонт* заключается в проведении нескольких наиболее срочных и необходимых работ, которые не могут быть приурочены к очередному ремонту.

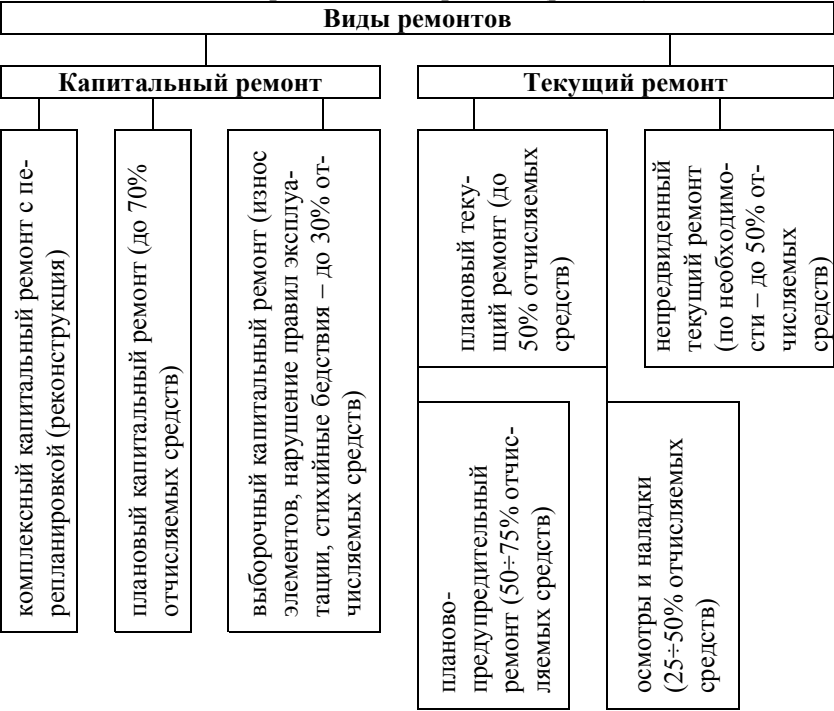
- *аварийный ремонт* представляет собой работы по ликвидации последствий аварий, повреждений, вызванных стихийными бедствиями, серьезными нарушениями эксплуатационного режима и другими экстремальными ситуациями (пожарами, взрывами и т.д.).

Кроме текущего и капитального ремонта здания в строительной практике существует понятие *реконструкция здания* – комплекс строительных работ и организационно-технических мероприятий, связанных с изменением основных технико-

экономических показателей (нагрузок, планировки помещений, строительного объема и общей площади здания, инженерной оснащённости) с целью изменения условий эксплуатации, максимального восполнения утраты от имевшего место физического и морального износа, достижения новых целей эксплуатации здания.

Плановые ремонты выполняют на основании долгосрочных планов, которые должны разрабатываться эксплуатирующими управляющими компаниями.

Согласно правилам и нормам технической эксплуатации,  $\frac{3}{4}$  денежных средств должна направляться на плановый ремонт,  $\frac{1}{4}$  закладывается на непредвиденные работы (рис. 1.8).



*Рис. 1.8. Виды текущего и капитального ремонтов.*

### 1.3.2. Техническое обслуживание

В процессе эксплуатации необходимо выполнять работы по созданию эксплуатационных условий, предусмотренных проек-

том для безотказного функционирования элементов зданий. Невыполнение этих условий, как правило, приводит к усилению износа элементов и возникновению аварийного состояния конструкций. Например, несоблюдение температурно-влажностного режима на чердаке приведет к усиленной коррозии металлических элементов крыши. Работы по контролю и учету технического состояния элементов зданий, созданию нормальных условий их работы, поддержанию их исправности, работоспособности, по наладке и регулированию инженерных систем входят в техническое обслуживание объекта.

Таким образом, *техническое обслуживание (ТО)* представляет собой комплекс операций по *поддержанию* работоспособности или исправности элемента при использовании его по назначению, а также экономичности его функционирования.

Принципиальные различия между техническим обслуживанием и ремонтами:

- по цели действия: ТО направлено на поддержание работоспособности – ремонты на восстановление работоспособности элемента.
- по характеру воздействия на элемент: ТО не изменяет величину физического износа – ремонты предупреждают или устраняют износ элементов.
- по состоянию элементов к началу действия: перед ТО работоспособность оборудования достаточна или минимальна – перед ремонтом работоспособность под угрозой или ресурс элемента по сроку службы выработан.

Техническое обслуживание включает следующие виды работ:

- санитарную очистку, уборку зданий и прилегающей территории домовладения;
- контроль технического состояния – осмотры элементов зданий;
- наладку и профилактику элементов инженерных систем;
- подготовку здания к сезонной эксплуатации;
- аварийно-диспетчерское обслуживание.

Контроль за техническим состоянием осуществляется путем проведения плановых и внеплановых осмотров, в результате которых выявляются неисправности и причины их появления,

уточняются объемы работ по текущему ремонту и дается общая оценка технического состояния здания.

*Осмотры* можно выделить в отдельную группу мероприятий технической эксплуатации зданий. Они представляют собой так называемый надзор и контроль за эксплуатационными параметрами элементов зданий.

Осмотры бывают:

- общие (сезонные), когда осматриваются основные конструктивные элементы и инженерное оборудование здания. Такие осмотры проводят, как правило, 2 раза в год – весной и осенью.
- частичные осмотры проводятся по специальным графикам, прилагаемым к проектной документации отдельных элементов или оборудования.
- выборочные, проводимые в случае возникновения внештатных ситуаций.

Осмотры как система надзора предназначены для получения текущей информации о состоянии здания и никак не изменяют параметры комфорта и безопасности.

*Наладка* – это комплекс мероприятий, предусмотренных инструкцией по эксплуатации инженерного оборудования.

*Профилактика* – это комплекс мероприятий, регламентированных инструкцией по эксплуатации или направленных на предупреждение износа элемента.

В практике технической эксплуатации зданий можно выделить пять основных видов технического обслуживания элементов зданий:

- регламентированное ТО: периодичность и объем всех операций определены только технической документацией независимо от фактического состояния оборудования.
- ТО с периодическим контролем: периодичность и объем контроля основных операций определены технической документацией. Объем остальных операций определяет фактическое техническое состояние (т.н. осмотр и наладка).
- ТО с непрерывным контролем: выполняется по результатам непрерывного (автоматического) контроля технического состояния (например, контроль давления в системе теплоснабжения).

- ТО сезонное: подготовка к эксплуатации в осенне-зимний и весенне-летний период.

- специфический вид ТО: в экстремальных ситуациях (принятие срочных мер по предотвращению отказа в особых условиях, например, в условиях экстремально низких температур).

Часто на практике техническое обслуживание дифференцируют еще по частоте проведения (например, еженедельное, ежемесячное, ежеквартальное) и по содержанию операций.

Планирование мероприятий по технической эксплуатации элементов здания осуществляется на основании циклов ремонтов или циклов технического обслуживания.

*Цикл* – это наименьший повторяющийся интервал времени, в течение которого выполняются в определенной последовательности все установленные виды работ технического обслуживания или ремонта. Цикл характеризуется продолжительностью работ, наименьшим интервалом времени между ремонтными работами или работами по техническому обслуживанию, видами работ, количеством работ разного вида, составом работ.

При составлении перечня работ по эксплуатации здания учитывается то, что в состав работ более высокого уровня входят все совпадающие с ним по времени проведения работы более низкого уровня. Поэтому на практике часто совпадают по времени проведения работы различных мероприятий технической эксплуатации. Например, могут проводиться работы сезонного обслуживания и регламентированного, очередного планового текущего и планового капитального ремонтов.

Для каждого здания, сооружения разрабатывается индивидуальный план мероприятий по уходу и обслуживанию на основании свода правил технической эксплуатации. Его целесообразно составлять по трем основным группам:

1. периодический контроль, который включает наблюдения, контроль состояния, осмотры, проводящиеся еженедельно, ежемесячно, ежеквартально в зависимости от вида конструктивного элемента;

2. ежегодные мероприятия в виде проверки, сезонной профилактики, обследований;

3. мероприятия, выполняемые в среднем каждые 5-15 лет (ремонт).

Периодичность плановых ремонтов зависит от группы капитальности и износа основных конструктивных элементов здания (Приложение 1), от выбранных материалов, их срока службы.

Кроме перечисленных видов технических мероприятий эксплуатация включает и обслуживание населения.

Оценку качества эксплуатации можно произвести, исходя из следующих критериев:

- отсутствие повреждений строительных конструкций;
- содержание инженерных систем в соответствии с нормативными требованиями;
- соответствие наружного вида здания архитектурно-планировочным решениям;
- соответствие температурно-влажностного режима помещений нормативным значениям;
- соответствие санитарного состояния подъездов, лестничных клеток, маршей, лифтов, подвалов, чердаков, мусоропроводов действующим нормативным требованиям;
- соответствие состава и свойств холодной и горячей воды установленным нормативам;
- отклонения температуры горячей воды в точке разбора в пределах допустимых значений;
- допустимые отклонения температуры воздуха в жилых помещениях при условии выполнения мероприятий по утеплению помещений в пределах допустимых значений;
- другие критерии, зависящие от конкретных местных условий.

В приложении 2 представлен перечень работ, относящихся к техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту. В приложениях 3 и 4 приведены нормы времени на устранение неисправностей и периодичность проведения осмотров элементов зданий.

Поскольку в большинстве случаев объемы ремонтно-восстановительных работ, место и время их проведения носят вероятностный характер, то для определения наиболее целесообразных методов и сроков проведения работ необходимо зна-

ние законов старения, износа и разрушения строительных конструкций, а также изучение причин, вызывающих их.

## **2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

### **2.1. Теоретические основы старения и разрушения элементов зданий и сооружений**

Надежность, экологическая безопасность и экономическая эффективность – таковы общие требования, предъявляемые к вновь возводимым и уже эксплуатируемым зданиям и сооружениям.

В процессе эксплуатации под воздействием агрессивных факторов внешней среды, особенностей технологических процессов происходит изменение свойств материалов и конструкций, увеличивается риск нарушения их качества и нанесения ущерба окружающей среде.

Несвоевременно выявленные и устраненные дефекты элементов зданий нередко перерастают в серьезные нарушения. Их последствия помимо значительных материальных затрат, связанных с восстановлением эксплуатационных свойств конструкций, приводят к социальному и экологическому ущербу.

Поэтому важно правильно и своевременно оценить состояние конструкций и оборудования зданий, спрогнозировать возможное развитие дефектов и разработать мероприятия по их стабилизации или устранению.

Для этого необходимо иметь представление о механизме разрушения и износа конструктивных элементов в процессе эксплуатации, о механизме влияния факторов внешней среды эксплуатации на строительные конструкции. Учет законов износа и старения материалов строительных конструкций позволяет более эффективно решать задачи повышения качества эксплуатации зданий.

В зависимости от того, какие первоначальные свойства материалов изменяются в результате действия внешних факторов природного или техногенного происхождения, различают две формы изменений – износ и старение.

*Износ* – это изменение параметров, формы, массы технического объекта или состояния его поверхности вследствие остаточной деформации от постоянно действующих нагрузок или из-за разрушений поверхностного слоя под воздействием окружающей среды.

*Старение* – процесс изменения физико-химических свойств и микроструктуры материала конструктивного элемента при длительной естественной выдержке, т.е. в результате воздействия на конструкцию окружающей среды и механических нагрузок, связанных с технологическими процессами в здании. Старение материала носит необратимый характер и предшествует его разрушению.

В процессе эксплуатации большинство конструкций работает под нагрузками, являющимися причиной образования трещин в материале, приводящих к ускоренному износу и разрушению материала.

*Разрушение материала* – это макроскопическое нарушение сплошности материала в результате тех или иных воздействий на него.

Различают следующие виды разрушений:

- начальное разрушение (образование и развитие трещин);
- полное разрушение (разрушение тела на две части и более);
- хрупкое разрушение (без значительной пластической деформации);
- пластичное разрушение (или вязкое);
- усталостное разрушение (в результате механических воздействий);
- длительное разрушение (под воздействием окружающей среды).

Разрушение под воздействием нагрузок происходит локально, в месте наиболее опасного дефекта. Иногда полного разрушения не происходит, но местные деформации достигают таких значений, что дальнейшая безотказная эксплуатация становится невозможной.

В отличие от нагрузок разрушение под воздействием окружающей среды происходит равномерно в одном или нескольких местах и сопровождается интенсивным физическим износом.



В зависимости от характера факторов, воздействующих на конструкцию, различают 3 случая разрушения:

- под воздействием нагрузок: большие динамические и статические нагрузки вызывают значительные, превышающие допустимые значения напряжений в материале;
- под воздействием факторов окружающей среды: значительная агрессивность окружающей среды даже при малых напряжениях от статических и динамических нагрузок приводит к разрушению материала конструкции;
- совместное воздействие механических нагрузок и факторов окружающей среды: каждый из факторов активизирует общее воздействие.

При правильном расчете строительной конструкции и учете всех нагрузок, воздействующих на нее в процессе эксплуатации, наиболее значимыми в разрушении материала будут факторы окружающей среды, поскольку учет влияния всех этих факторов не возможен. Механические воздействия в свою очередь приводят к активизации процессов, связанных с воздействием окружающей среды.

В условиях эксплуатации сооружений часто наблюдаются второй и третий случаи разрушения конструкций.

Любому разрушению предшествует *повреждение* – это начальная стадия разрушения отдельных строительных конструкций, т.е. потеря первоначальных свойств элемента при изготовлении, транспортировании, монтаже или эксплуатации.

Поскольку повреждение является начальной стадией разрушения, очень важно в процессе эксплуатации зданий оценить его характер и уровень опасности.

В зависимости от характера процессов разрушения различают следующие виды повреждений:

- механические (приложение нагрузки сверхрасчетной величины, например, не учтенное в расчетах дополнительное оборудование, деформация грунтов оснований, сейсмическое воздействие, механическое повреждение);
- физико-химические (коррозия, вызванная действием растворов кислот, солей, щелочей).

По степени разрушения можно выделить следующие группы повреждений:

- повреждения аварийного характера. Такие повреждения возникают, в первую очередь, в результате воздействия стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций (ливни, снегопады, затопление, пожары, взрывы), а также при ошибках и дефектах, допущенных в процессе изыскания, проектирования, строительства, при нарушении правил эксплуатации.

- повреждения несущих конструкций. Такие повреждения обусловлены влиянием внешних изменившихся факторов окружающей среды, технологических факторов, а также нарушениями правил эксплуатации.

- повреждение второстепенных элементов, например, отслоение штукатурки, плиток облицовки, сколы ступенек и т.д.

Повреждения аварийного характера устраняются при проведении аварийных ремонтов, повреждения несущих конструкций – при капитальном ремонте, прочие повреждения – при текущем ремонте здания.

Следующее понятие теории надежности – дефект. *Дефект* – отдельное несоответствие конструкции определенным параметрам, установленным нормативными или проектными требованиями. При проявлении дефектов, допущенных в ходе изыскания, строительства и эксплуатации, износ зданий ускоряется. Следует иметь в виду, что в материале строительной конструкции на уровне микроструктуры всегда присутствуют дефекты различного происхождения и различной степени опасности.

Наиболее опасны дефекты в основных конструктивных элементах здания (основаниях, фундаментах, перекрытиях, стенах), т.к. их проявление ведет к повреждениям и разрушению всего здания.

## **2.2. Зависимость износа конструкций от микроструктуры их материала**

На износ конструкции и характер повреждений значительное влияние оказывает микроструктура материала. Вещества в природе находятся в 4 агрегатных состояниях: жидком, твердом, газообразном и плазменном. Строительные конструкции в своем большинстве находятся в твердом состоянии. Существуют две разновидности агрегатного состояния твердого тела – аморфная и кристаллическая.

Аморфные тела не имеют четкой температуры плавления, молекулы расположены беспорядочно, вещество изотропно, т.е. имеет одинаковые физические свойства по всем направлениям.

Кристаллы обладают упорядоченной трехмерной пространственной атомной структурой в виде многогранников. Характерные свойства кристаллических веществ:

- однородность (в любых участках тела свойства одинаковы);
- анизотропность (зависимость свойств от направления, по отношению к которому они определены: теплопроводность, преломление света и т.д.)
- скалярность (некоторые свойства не зависят от направления: теплоемкость, плотность);
- симметричность (совмещение в различных положениях с исходным положением).

Кристалл состоит из элементарных ячеек. В зависимости от физической природы сил, удерживающих элементарные частицы в узлах кристаллической ячейки, различают:

1) Ионные решетки.

В узлах чередуются положительные и отрицательные ионы (катионы и анионы), электростатические силы притяжения между которыми больше сил отталкивания, благодаря чему ионные решетки весьма стабильны. При повышении температуры радиусы анионов и катионов изменяются неравномерно, что приводит к перестройке кристаллической решетки и возникновению микротрещин в материале, деформациям, особенно на границе кристаллических зерен. Такая микроструктура характерна для неорганических веществ (бетоны, керамические изделия). Например, перестройка кристаллической решетки наблюдается при пропаривании и твердении бетонов, обжиге керамических изделий, изготовлении силикатных материалов.

2) Атомные решетки.

В узлах кристаллической решетки находятся нейтральные атомы, связанные друг с другом общей парой валентных электронов (ковалентная связь). Сила связи с увеличением расстояния между атомами значительно снижается. Происходит процесс перекристаллизации, т.е. в зависимости от внешних усло-

вий образуются различные модификации элементов. Примером такого элемента может служить углерод, олово.

### 3) Металлические решетки.

В узлах кристаллической решетки заняты положительно заряженные ионы большего радиуса, нежели чем в других решетках, расположенные очень близко друг к другу, в междоузлиях находятся подвижные электроны, образуя электронный газ. Ионы отталкиваются друг от друга и притягиваются электронами, тем самым находятся на фиксированном расстоянии. Большинство металлов обладают полиморфизмом, т.е. способностью образования различных кристаллических структур под воздействием внешних факторов. Характер металлических связей обуславливает такие свойства металлов, как пластичность, электропроводность, коррозионную стойкость и пр.

### 4) Молекулярные решетки.

В узлах решетки находятся молекулы, сила взаимодействия между ними слабее, чем в других видах кристаллических решеток, поэтому молекулярная связь легко разрушается под воздействием внешних факторов, например, температуры. Такая микроструктура характерна для органических веществ.

В решетках любого типа могут быть все виды связей, но один всегда преобладает.

Таким образом, низкая техническая прочность материалов объясняется наличием изначальных микротрещин в материале конструкции, связанных со строением кристаллической решетки и появляющихся еще до приложения механических нагрузок, а также наличием дефектов кристаллов – несовершенство кристаллического строения, нарушение периодического расположения частиц в узлах кристаллической решетки и т.д.

Материалы, применяемые для конструкций зданий, твердые, поэтому они обладают упругостью. При изменении формы тела под воздействием внешних сил возникают силы упругости, стремящиеся вернуть его в первоначальное состояние. В связи с этим разрушение часто развивается одновременно с упругой или пластической деформацией. Соответственно, строительные материалы подразделяются на условно хрупкие и условно пластичные, поскольку абсолютно хрупких и пластичных материалов в природе не существует.

Большинство бетонных, каменных, силикатных и керамических изделий вплоть до разрушения испытывают незначительные пластические деформации. Учитывая особенности микроструктуры хрупких материалов и наличие в них микротрещин, под воздействием нагрузок возникают силы, которые стремятся раскрыть трещину. Наибольшие напряжения направлены на область, примыкающую к концу трещины на расстояние одной атомной связи. Таким образом, нагрузки концентрируются на одной цепочке, и когда она разрушается, нагрузки перемещаются на следующую связь.

Несколько по-иному разрушаются пластичные материалы, например, металлы. Металлические конструкции разрушаются вследствие пластического течения без значительного увеличения нагрузки до удлинения, достигающего иногда 50% и более общей деформации. В плоскостях, расположенных под углом  $45^\circ$  к главной оси трещины, возникает сдвиг одной цепочки связей по отношению к другой.

Пластичные материалы также могут разрушаться как хрупкие. Под воздействием периодически меняющихся напряжений происходит усталостное разрушение конструкции, зарождается микротрещина, упрочняется материал, что может вызвать внезапное разрушение материала (например, при неоднократном сгибании металлического прута в разных направлениях).

Слоистые материалы являются системами, имеющими постоянный резерв прочности, поскольку трещина, развивающаяся перпендикулярно слоям, по достижении нового слоя останавливается, и для разрушения материала должна образовываться каждая раз заново во всех слоях материала.

Учитывая, что износ конструкций обусловлен совместным действием окружающей среды и механических нагрузок, вызывающих значительные напряжения, ниже рассмотрено влияние окружающей среды на разрушение конструкций зданий.

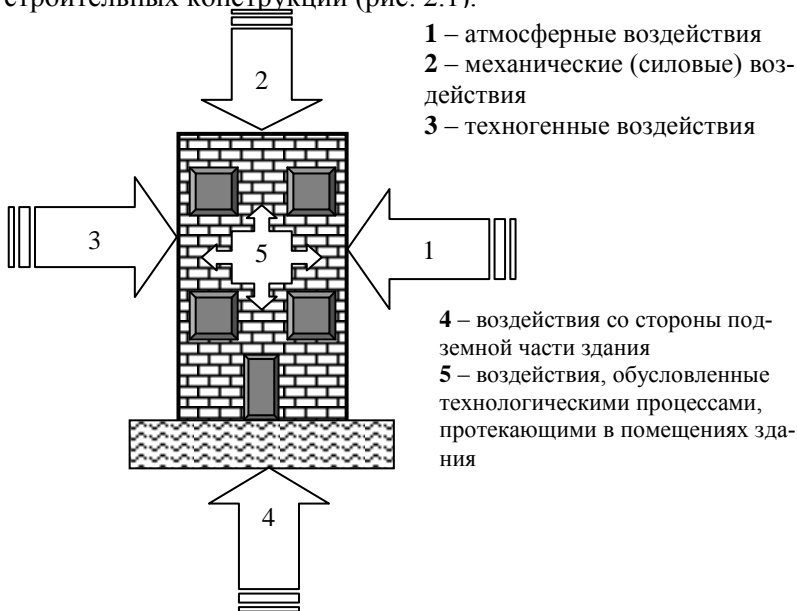
### **2.3. Факторы окружающей среды, вызывающие износ и старение конструкций здания**

*Под окружающей средой* понимается среда обитания и деятельности человечества; окружающий человека природный и созданный им материальный мир. Общественное производство

изменяет окружающую среду, воздействуя прямо или косвенно на все ее элементы. Таким образом, окружающая среда включает природную среду и искусственную (техногенную) среду.

*Природная среда* представляет собой совокупность абиотических и биотических факторов, естественных и измененных в результате деятельности человеческого общества, оказывающих влияние на человека и другие организмы. Природная среда отличается от других составляющих окружающей среды свойством самоподдержания и саморегуляции без корректирующего вмешательства человека.

*Благоприятной окружающей средой* называется среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов. Окружающая среда, как природные ее компоненты, так и техногенные, в значительной степени влияют на интенсивность процесса износа и разрушения материала строительных конструкций (рис. 2.1).



**Рис. 2.1.** Воздействие факторов окружающей среды на строительные конструкции здания.

*1 – атмосферные явления:* знакопеременная температура, знакопеременная атмосферная влага, напор ветра, солнечная радиация, химическая составляющая атмосферной среды, биологическая составляющая атмосферной среды.

*2 – механические воздействия (силовые факторы):* снеговая нагрузка, сосредоточенно – распределительная нагрузка, собственный вес здания, полезная нагрузка, находящаяся на этажах здания.

*3 – техногенные воздействия (вызванные загрязнением окружающей среды):* выбросы, выхлопы промышленных предприятий и автотранспорта, стоки, сбросы промышленных предприятий.

*4 – явления со стороны подземной части здания:* давление грунта, вибрационные, динамические нагрузки, блуждающие токи, явления морозного пучения, грунтовая вода, капиллярная влага, биологическая грунтовая среда.

*5 – технологическая среда:* микроклимат (перепад температуры, влажности), биовредители, ударно-вибрационная нагрузка, нарушение правил эксплуатации.

Факторы окружающей среды, воздействующие на износ конструкций, подразделяются на две основные группы – воздействие природной среды и антропогенные факторы, появившиеся вследствие человеческой жизнедеятельности.

С экологических позиций территорию города следует рассматривать как экосистему, существующую при постоянном внешнем воздействии человека и интенсивно эксплуатируемую им. Интенсивность и разнообразие этого сложного антропогенного воздействия во многом превышает темпы адаптации и устойчивость природных экосистем. Особенно это заметно в крупных городах. Последствия интенсификации деятельности человека в последние десятилетия привели к увеличению концентрации загрязняющих веществ в воздушной, водной и почвенной средах и повышению их агрессивности по отношению к эксплуатируемым объектам городского хозяйства.

Несмотря на меры, предпринимаемые для повышения надежности защиты строительных конструкций от преждевременного износа, аварийность значительно не снижается. Это говорит о том, что система мероприятий по защите от повреждений

не увязана с изменившимися экологическими факторами, которые в городских условиях, на сегодняшний момент, являются прямыми причинами интенсификации коррозионных процессов.

## **2.4. Влияние окружающей среды на износ конструкций.**

### **Показатели агрессивности окружающей среды**

#### **2.4.1. Солнечная радиация**

Количество проникающей радиации зависит от прозрачности слоев атмосферы, от количества выбросов. Кроме того, количество радиации зависит от ориентации здания по частям света.

Солнечная радиация, падающая на конструкцию, частично поглощается материалом, повышая его температуру, преобразуясь по своей сути в тепловую энергию, частично отражается. Количество поглощенной солнечной энергии зависит от свойств материала и определяется коэффициентом поглощения солнечной радиации  $p$ . Так, например, красный кирпич имеет коэффициент поглощения 0,7; оштукатуренные стены – 0,4; оцинкованная сталь – 0,65; рулонная кровля с алюминиевым покрытием – 0,45.

Учитывая, что бетонные, каменные, силикатные конструкции состоят из различных веществ, имеющих неодинаковую кристаллическую структуру и обладающих анизотропностью физических свойств в различных направлениях, то действие солнечной радиации вызывает значительные напряжения в теле конструкций, связанные с радиационной амплитудой. Колебания солнечной радиации, а, следовательно, и колебания температуры наружного воздуха – явление периодическое, зависящее не только от времени года, но и от времени суток, т.е. в течение суток происходят температурные деформации материала конструкции. Эти деформации, вызванные солнечной радиацией, равноценны знакопеременной механической нагрузке, и способствуют ускоренному износу.

Величина деформационных колебаний зависит от величины температурных колебаний, т.е. чем больше разность температуры в течение суток, тем большим деформациям подвергается конструкция. Если рассматривать наружные стены, то со стороны помещения колебания температуры практически отсутству-

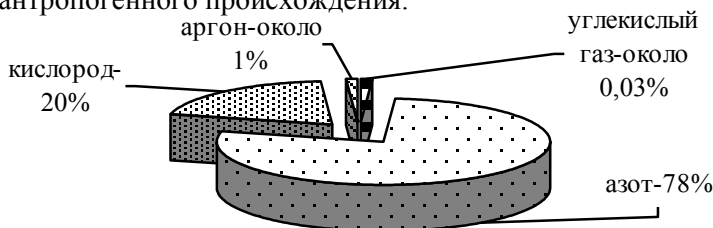


ют, а со стороны улицы изменения температуры существенно больше, поэтому неодинаковые напряжения по сечению конструкции вызывают разные деформации и являются причиной ускоренного образования микротрещин.

#### 2.4.2. Атмосферная среда

Атмосферная среда представляет собой смесь воздушных газов.

Кроме представленной на рисунке 2.2 смеси газов в воздушной среде содержатся и другие примеси, как естественного, так и антропогенного происхождения.



**Рис. 2.2.** Химический состав воздуха.

К природным загрязнителям атмосферы относятся: пыль от эрозии почвы и горных пород, пыль растительного, вулканического и космического происхождения, капельно-жидкая вода (туман), частицы морской соли, вулканические газы, газы от пожаров, продукты растительного, животного и микробиологического происхождения.

К загрязнителям техногенного происхождения относят продукты горения, образующиеся при сжигании жидкого и твердого топлива, а также выбросы промышленных предприятий и автотранспорта.

Как правило, на износ строительных конструкций большое влияние оказывают естественные природные составляющие воздушной среды – кислород и углекислый газ, а при изменении состава воздушная среда приобретает еще большую агрессивность и происходит интенсификация процесса износа.

В атмосферной среде практически всегда присутствуют растворимые кислотные оксиды азота, серы, углерода ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ). Из них только двуокись углерода, так называемая

мая, “агрессивная углекислота”, при растворении в воде способна понижать pH до 5,6.

Присутствие растворимых оксидов азота может снижать pH до 4,5. В зонах расположения промышленных предприятий в атмосфере всегда повышено содержание  $\text{SO}_2$ , способных снижать pH значительно ниже 4,5.

Коррозионное воздействие различных веществ техногенного и природного происхождения зависит от их концентрации, способности растворения в воде и продолжительности контакта с конструктивными элементами зданий и сооружений.

Таким образом, в зависимости от химического состава атмосферная среда делится на 3 группы агрессивности по отношению к строительным конструкциям (табл. 2.1).

Таблица 2.1.

Степень агрессивности воздушной среды

№	Степень агрессивности	Характерный состав воздушной среды
1	Слабо агрессивная	углекислый газ - $\text{CO}_2$ сероуглерод - $\text{CS}_2$
2	Средне агрессивная	сернистый газ - $\text{SO}_2$ сероводород - $\text{H}_2\text{S}$
3	Сильно агрессивная	двуокись азота - $\text{NO}_2$ хлор - $\text{Cl}_2$

Основной защитой строительных конструкций от воздействия агрессивных примесей воздушной среды является изоляция поверхности, поддержание поверхности конструктивных элементов в чистом состоянии.

### 2.4.3. Водная среда

Водная среда присутствует как составляющая в атмосферной и грунтовой средах, а также является самостоятельной средой. Она имеет наибольшее воздействие на процесс износа строительной конструкции вследствие того, что вода является универсальным растворителем агрессивных компонентов – твердых, жидких, газообразных.

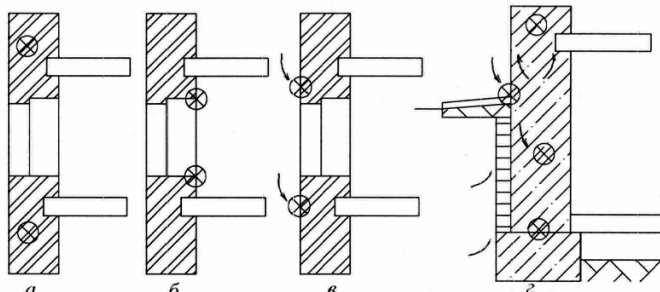
В порах различных материалов конструкций здания всегда присутствует вода. Мигрирующая вода растворяет содержащиеся в материале соли и выносит их к поверхности. Высыхая на

поверхности, соли остаются в верхних слоях конструкции, которые постепенно ими пересыщаются. Происходит рост кристаллов солей, на поверхности появляются так называемые высолы, разрушающие кристаллическую структуру материала, вызывающие местные напряжения и давления в материале. К накоплению избыточной влаги в конструкциях приводит также и смена положительных и отрицательных температур в процессе эксплуатации вследствие ускорения движения и диффузии молекул воды.

Допустимый процент влажности для нормального эксплуатационного режима составляет для кирпичной кладки – 1,5-3% (максимальное значение 4,5%), для бетонных стен – 8-12% (максимальное значение 17%).

По причинам и видам увлажнения строительных конструкций влага подразделяется на:

- строительную;
- бытовую;
- атмосферную;
- грунтовую.



**Рис. 2.3.** <sup>а</sup> Увлажнение строительных конструкций.

а) строительная влага; б) бытовая влага; в) атмосферная влага; г) грунтовая влага; ⊗ - места увлажнения.

*Строительная влага* поступает в строительную конструкцию в процессе изготовления, транспортировки, складирования, в период возведения, из кладочного раствора и т.д.

В период ввода в эксплуатацию здания процент влажности значительно превышает допустимые значения, поскольку каменные конструкции содержат большой объем строительной влаги.

Так, каждый 1 м<sup>3</sup> кладки кирпича может содержать до 200 л воды. Естественная сушка таких конструкций происходит крайне медленно, а в процессе дальнейшей эксплуатации количество влаги может увеличиться за счет процесса карбонизации. Поэтому в процессе возведения здания необходимо предпринимать меры по высушиванию конструкций.

*Бытовая влага* поступает изнутри помещения в результате жизнедеятельности человека (конденсационная влага);

*Атмосферная влага* поступает из атмосферных осадков (например, при косом дожде, при конденсате на наружной поверхности вследствие перепада температур, при нарушении кровельного покрытия и т.д.).

Вода, содержащаяся в воздухе, растворяет атмосферные примеси, образуя химически активные вещества, адсорбируемые на поверхности конструкции, и разрушающие ее.

Сегодня в промышленно развитых зонах мира выпадают осадки, кислотность которых может превысить нормальную в десятки и сотни раз. Химический анализ кислотных осадков показывает присутствие серной и азотной кислот. Обычно кислотность на  $\frac{2}{3}$  обусловлена первой из них, на  $\frac{1}{3}$  – второй. Присутствие оксидов серы и азота показывает, что проблема связана с выбросами данных элементов в воздух. При сжигании топлива образуются диоксид серы SO<sub>2</sub> и оксиды азота NO и NO<sub>2</sub>, являющиеся активными с точки зрения химического взаимодействия агрессивными веществами по отношению.

Пылевые компоненты, оседая на поверхности конструкции, усиливают их увлажнение, поскольку между пылевыми компонентами и телом конструкции появляются микрозазоры, заполняемые водой.

Для ограждения строительных конструкций от атмосферного увлажнения применяют защитные покрытия. Однако при нарушении режима эксплуатации (повреждение кровельной изоляции, наружного слоя фасада и пр.), атмосферная влага на поверхности стен адсорбируется в тело конструкции.

*Грунтовая влага* попадает в надземную часть здания в связи с явлением капиллярного подсоса вследствие наличия поркапилляров, дефектов и трещин в строительном материале.

Чем меньше диаметр капилляра, тем, выше уровень подъема влаги. Величина подъема влаги также зависит от формы капилляра.

В строительных материалах, имеющих замкнутые капилляры, наблюдается явление осмоса, т.е. перехода жидкости из области большей плотности в область меньшей через перегородки капилляров. В капиллярах твердого тела жидкость имеет разную плотность из-за растворения как примесей, так и растворимых компонентов материала самой конструкции. В теле материала возникает давление, которое увеличивается с повышением температуры жидкости в порах и уменьшении объема раствора, создающего давление.

Осмотическое давление приводит к напряжениям, которые в сочетании с механическими нагрузками, действием солнечной радиации, колебаниями температур, разрушают материал.

Помимо перечисленных факторов, агрессивность водной среды зависит от наличия растворенного в воде кислорода (особенно по отношению к металлам), а также наличия примесей техногенного происхождения.

В зависимости от состава водной среды различают 4 показателя ее агрессивности.

Таблица 2.2.

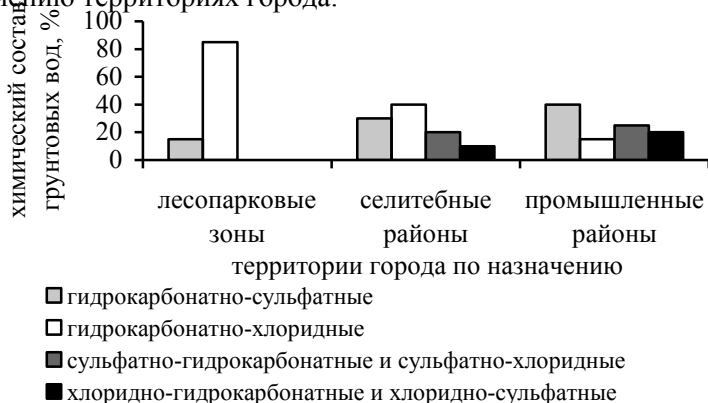
Показатели агрессивности водной среды

№	Показатель (вид) агрессивности	Характеристика водной среды
1	2	3
1	рН	Нейтральная среда $\text{pH}=7$
		Кислая среда $\text{H}<7$
		Щелочная среда $\text{pH}>7$
2	Выщелачивание	Наличие агрессивной углекислоты $\text{CO}_2 > 10 \text{ мг/л}$
3	Сульфатная агрессивность	Наличие сульфат-ионов $\text{SO}_4^{2-} > 250 \text{ мг/л}$
		Наличие ионов хлора $\text{Cl}^- > 350 \text{ мг/л}$
4	Магнезиальная агрессивность	Наличие ионов магния $\text{Mg}^{2+} > 1000 \text{ мг/л}$

В Москве порядка 40% территории подтоплено, на территории восточного, юго-восточного и южного административных округов зафиксировано значительное количество сильнозагряз-

ненных сульфатами и хлоридами подземных вод с общей минерализацией 2-5 г/л.

На рис. 2.4. представлено процентное соотношение грунтовых вод различного химического состава на различных по назначению территориях города.



**Рис. 2.4.** Химический состав водоносного горизонта в зависимости от функционального использования территории в г. Москве.

Основной защитой строительных конструкций от воздействия водной среды являются гидроизоляционные покрытия. Наиболее перспективными являются материалы проникающего действия. При нанесении их на поверхность происходят сложные физико-химические процессы, в результате которых формируются нерастворимые вещества, заполняющие поры, микротрещины и капилляры на значительную глубину конструкции (до 100 мм и более) и уплотняющие структуру материала.

#### 2.4.4. Грунтовая среда

В городской среде, как и в естественных ландшафтах, почвы являются одним из четырех главных компонентов экологической системы: воздух-вода-почвы-растительность. Однако при архитектурно-планировочной и хозяйственной деятельности почва в городах остается без внимания.

Почва имеет пористую структуру, заполненную водой и газами. Естественные процессы гниения, брожения и разложения

органических веществ сопровождаются образованием угольной кислоты, сернистых соединений, метана, органических кислот, аммиака, сероводорода, взаимодействующих со строительными конструкциями.

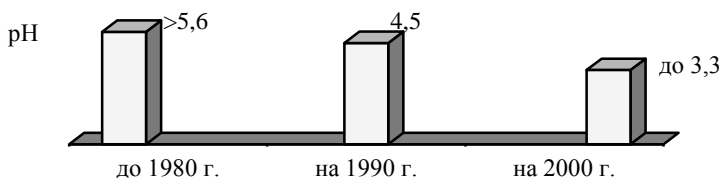
В отличие от атмосферной среды, содержащей 0,03% углекислого газа, в грунтовой среде его содержание доходит до нескольких процентов. Растворяясь в почвенной среде, газы значительно изменяют ее минеральный состав. На износ строительных конструкций наибольшее влияние оказывают метан, углеводороды.

Значительно загрязняют почвы и влияют на изменение ее коррозионной активности отходы промышленного происхождения.

Городские почвы имеют существенные отличия от природных, так как формируются искусственным образом как насыпные, намывные или перемешанные грунты. Часто имеют место включения строительного и бытового мусора в верхних горизонтах, что способствует существенному изменению кислотно-щелочного баланса, изменению физико-механических свойств, нарушению естественной структуры почв и грунта. Твердые отходы в местах захоронения образуют локальные очаги загрязнения, а при размыве загрязняют почвы, поверхностные и подземные воды.

Техногенные грунты характеризуются также пониженной водопроницаемостью, повышенным уплотнением и каменистостью, мозаичной влажностью. Повсеместная замена естественного грунта асфальтом и бетоном привела к изменению характеристик водного баланса, уменьшению площади естественно аэрируемых грунтов и инфильтрации атмосферных осадков, конденсации влаги под зданиями и сооружениями.

Наряду с перечисленными выше загрязнителями и связанными с ними техногенными изменениями в городской среде появились другие, гораздо более агрессивные вещества, поступающие в почву с кислотными дождями. pH почв и грунтов на территории города на сегодняшний момент может снижаться в среднем до 3,3 (рис. 2.5).



**Рис. 2.5.** Изменение pH грунтов в г. Москве.

Грунтовые воды под промышленными площадками сильно загрязнены самыми разнообразными веществами. Например, только с поверхностным стоком, который формируется за счет талых снеговых и дождевых вод, а также поливочных вод, в целом по Москве в течение года поступает порядка 3-4 тысяч тонн нефтепродуктов, 150-200 тысяч тонн хлоридов, около 20 тысяч тонн органических веществ, а также тяжелые металлы, радионуклиды.

В зависимости от вида грунта, его химического состава изменяется его коррозионная активность, которая определяется по величине удельного сопротивления грунта. Этот показатель является как бы обобщенным выражением всего комплекса почвенных условий и связывает воедино ряд главнейших факторов, например, таких как влажность, аэрация грунтов, содержание ионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ . По этой причине электропроводность является основным критерием при оценке коррозионной активности почвы. В таблице 2.3. дана классификация грунтов по коррозионной активности и на примере стальных трубопроводов показан ожидаемый срок службы в различных условиях эксплуатации.

Таблица 2.3

Классификация грунтов по коррозионной активности (по отношению к малоуглеродистой стали)

Коррозионная активность грунтов	Удельное электросопротивление грунтов, Ом·м	Ожидаемая скорость коррозии, мм/год	Срок службы, год
Низкая	>100	До 0,3	25
Средняя	100-20	0,3-0,8	15-25
Повышенная	20-10	0,8-1,6	10-15
Высокая	10-5	1,6-2,6	5-10
Особо высокая	5-0	>2,6	1-5



Любое подземное сооружение независимо от вида почвы, в которой оно находится, подвержено почвенной коррозии, если не имеет надежной противокоррозионной защиты, которая должна проектироваться с учетом материала конструкции, коррозионной активности почв, климатических условий района, степени ответственности сооружений или его участков, специфических особенностей работы различных сооружений.

#### **2.4.5. Биологическая среда**

Живые организмы, воздействующие на состояние строительных конструкций, разнообразны. Это бактерии, грибы, лишайники, мхи, высшие растения, птицы, млекопитающие.

Строительные материалы разрушаются в основном под воздействием среды, создаваемой биологическими объектами. Характер повреждений определяется условиями эксплуатации, технологическими особенностями производства в зданиях и сооружениях.

Наиболее опасными для строительных конструкций являются продукты жизнедеятельности низших организмов – грибов, бактерий.

Грибы представляют собой низшие споровые растения. При высокой относительной влажности воздуха 85% и температуре 20-30°C в условиях застоя воздуха споры грибов прорастают, наружная оболочка споры прорывается и из нее растет гифа, тонкие ветвящиеся нити. Их наличие – это надежное доказательство начала поражения материала грибом.

В процессе жизнедеятельности грибы выделяют различного вида кислоты и другие вещества, разрушающие материал конструкции. Наиболее интенсивно грибы повреждают конструкции из дерева, полимерных материалов, лакокрасочные покрытия.

Плесень – это особый вид грибов, питающийся органическими составляющими строительных материалов. Плесень очень гигроскопична и способна поглощать влагу из воздуха, вследствие чего процесс износа строительных конструкций ускоряется.

Домовый гриб представляет большую угрозу для деревянных конструкций. При благоприятных условиях (не менее 25%

влажности воздуха, температура 18–30°С, слабое проветривание, отсутствие освещения) под его воздействием может произойти значительное снижение прочности деревянной конструкции уже за 1,5 – 2 года.

Изменение температуры в сторону снижения или увеличения, а также уменьшение влажности замедляют рост большинства вида грибов.

В грунтовой среде присутствуют аэробные (развивающиеся с участием кислорода) и анаэробные бактерии (бескислородные). Например, сульфатовосстанавливающие бактерии, жизнеспособные при  $pH=5,5\div 9$ , оказывают непосредственное влияние на кинетику электродных реакций металлических конструкций, стимулируя развитие процесса коррозии даже при  $pH\geq 5,5$ , вырабатывая вещества—окислители.

Железобактерии, существующие при  $pH=5\div 8$ , поглощают железо в ионном виде, используя энергию, выделяемую при окислении железа. Для образования одного грамма клеток необходимо до 500 г железа.

Для тионовых (серобактерий) наиболее благоприятна среда при  $pH=2\div 5$ . Они окисляют серные соединения, входящие в состав вяжущих гидроизоляционных материалов, до серной кислоты, концентрация которой может достигать 10%, тем самым они участвуют в создании коррозионной среды, а также разрушают защитные покрытия.

Таким образом, микроорганизмы могут создавать на поверхности конструкции условия, обуславливающие появление локальных коррозионных участков, влиять на скорость коррозионного процесса, участвовать в создании коррозионной среды, вызывать изменение стойкости защитного покрытия. Данные факторы часто действуют совокупно.

Наряду с факторами, ускоряющими коррозию строительных материалов, в водной, грунтовой средах содержатся вещества, способные замедлять ее. К таким веществам можно отнести карбонаты, фосфаты, силикаты, способные повышать  $pH$  среды, образовывать нерастворимые соли, замедляющие коррозионный процесс.

Выбор строительных материалов зависит от степени агрессивности среды эксплуатации и основывается на величине коррозионной стойкости по отношению к этой среде.

*Коррозионная стойкость строительного материала* – это его относительная способность в течение определенного срока сопротивляться воздействию агрессивной среды.

*Агрессивная среда* – среда, воздействие которой вызывает коррозию строительного материала в изделии или конструкции.

Коррозионная стойкость того или иного материала может быть оценена различными показателями, например:

- скоростью коррозии – скорость изменения свойств строительного материала в единицу времени, вследствие воздействия агрессивной среды;
- степенью коррозии – техническая характеристика изменения свойств строительного материала вследствие коррозии.

Данные показатели могут быть оценены среднегодовой скоростью разрушения поверхности, среднегодовой потерей прочности, глубиной разрушения (проницаемостью), потерей веса строительной конструкции в результате физического износа, а также по внешним признакам повреждения.

Для оценки коррозионной стойкости необходимо проводить коррозионные испытания, т.е. испытания строительных материалов, изделий и конструкций или защитных покрытий с целью определения их коррозионной стойкости и их защитной способности в агрессивной среде.

Для защиты от коррозии строительного материала применяют различные способы и средства, уменьшающие или предотвращающие коррозию строительного материала.

### **3. КОРРОЗИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Коррозия* (от лат. «corrosio» – разъедание) – процесс самопроизвольного разрушения строительного материала в результате химического или физического воздействия со стороны внешней среды. В понятие «коррозия» часто включают и другие процессы, происходящие в материале – эрозию, суффозию, биоповреждения.

Применительно к строительным материалам по механизму протекания различают электрохимическую, химическую физическую (физико-механическую), физико-химическую и биологическую коррозию.

Если коррозия не сопровождается химическими превращениями, она называется физической (например, размораживание каменной кладки).

Если разрушение строительного материала происходит с изменением его состава, коррозия называется физико-химической (например, выщелачивание бетона).

Необратимые изменения материала конструкции в результате взаимодействия с агрессивными компонентами окружающей среды характерны для химической коррозии.

Электрохимическая коррозия проявляется в металлоконструкциях при их взаимодействии с электролитом и сопровождается разрушением материала в результате возникновения электрического тока на границе металла и агрессивной среды.

Биоповреждение представляет собой особый вид разрушения материалов, связанный с воздействием микроорганизмов – бактерий, грибов, насекомых и т.д.

Таким образом, *коррозия строительных материалов* – это необратимый процесс ухудшения характеристик и свойств строительного материала в конструкции в результате химического и/или физико-химического и/или биологического воздействий или процессов, происходящих в самом материале.

Коррозионное разрушение строительного материала сопровождается изменением массы, сечения, прочности или ухудшением других количественных характеристик и показателей качества строительного материала вследствие коррозии.

Основной ущерб, причиняемый коррозией, заключается не только в потере строительных материалов как таковых, но и в огромной стоимости изделий, разрушаемых коррозией. К прямым потерям можно отнести стоимость конструкций, разрушенных из-за коррозии; стоимость труда, затраченного на их замену; стоимость специальных коррозионно-стойких материалов, которые необходимо использовать вместо обычных материалов; стоимость мероприятий по защите конструкций от коррозии.

К тому же, коррозия ведет к косвенным затратам, таким, как:

- простои оборудования при замене отдельных узлов и оборудования в целом;
- потери продукта из-за утечек через прокорродировавшие конструкции;
- снижение производительности оборудования вследствие нарушения технологических режимов из-за коррозионных процессов (например, уменьшение поперечного сечения трубопроводов из-за отложения продуктов коррозии);
- дополнительный расход электроэнергии для поддержания на прежнем уровне технологических режимов, нарушенных из-за коррозии;
- снижение качества перерабатываемых веществ из-за загрязнения их продуктами коррозии;
- завышение припусков на коррозию при проектировании из-за отсутствия достаточно точных данных о скорости коррозии в конкретных условиях эксплуатации.

Наряду с экономическими потерями, коррозия строительных конструкций причиняет также значительный социальный и экологический ущерб.

Поэтому знание механизма коррозии с одной стороны позволяет правильно подобрать методы защиты строительных конструкций от преждевременного износа для повышения их надежности и долговечности, а с другой стороны, дает возможность сохранения миллионов тонн различных строительных материалов.

Действие коррозии на строительные конструкции зависит от материала самой конструкции, от химического состава, характера и степени агрессивности окружающей среды.

По агрегатному состоянию среда эксплуатации может быть газообразной, жидкой, твердой и многофазной. Примером эксплуатации в многофазной среде могут быть подземные конструкции, контактирующие с грунтовыми водами, заполняющими поры грунта с растворенными газами, находящимися в этих порках.

Наиболее интенсивно коррозионные процессы протекают в жидкой среде. Учитывая, что поверхность конструкции всегда содержит адсорбированную из атмосферного воздуха влагу, в результате чего образуется тончайший слой насыщенного рас-

твора минеральных веществ из воздуха, также проникающего в поры материалов, коррозия является процессом неизбежным и необратимым.

Условия, порождающие возможность возникновения и протекания коррозионного процесса:

- применение материалов и защитных покрытий, не соответствующих степени агрессивности окружающей среды;
- повреждение и несвоевременное восстановление защитных покрытий;
- нарушение правил эксплуатации, заключающееся в отсутствии систематического наблюдения и контроля за состоянием строительных конструкций;
- нарушение эксплуатационных режимов, приводящее к изменению концентрации, химического состава, температурно-влажностного режима в помещениях зданий и сооружений и т.д.

### **3.1. Коррозия металлических конструкций**

#### **3.1.1. Классификация коррозионных процессов**

Коррозия металлических конструкций наносит огромный материальный ущерб, а также ущерб здоровью и нормальной жизнедеятельности граждан. Из-за коррозии 10-12% ежегодно выплавляемого в мире металла, что составляет более 50 млн. тонн, приходит в негодность, при этом около 8% годового производства металла теряется безвозвратно.

*Коррозия металлов* – это их самопроизвольное разрушение, вызванное химическими или электрохимическими процессами, развивающимися на поверхности тела при его взаимодействии с окружающей средой.

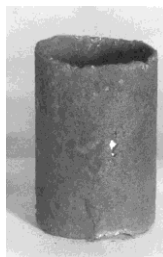
По характеру взаимодействия с окружающей средой различают следующие виды коррозии:

- атмосферная коррозия, протекающая в атмосферной среде в результате конденсации на поверхности конструкции капель влаги и растворенных в них химически активных веществ;
- почвенная коррозия, протекающая в грунтовой среде в результате соприкосновения с грунтовой влагой, химически активными элементами, находящимися в почве, включая техногенные загрязнители;

- жидкостная коррозия, протекающая в растворах кислот и щелочей;
- контактная коррозия, протекающая на границе контакта металлических строительных конструкций, изготовленных из разных металлов;
- щелевая коррозия, протекающая на границе различных сред (часть конструкции эксплуатируется в электролите – например, почве, воде, часть конструкции – в атмосфере). Большому разрушению подвержена та часть конструкции, которая находится в электролите, а наиболее интенсивная коррозия протекает на границе сред.
- структурная коррозия, протекающая в сплавах металлов на границе зерен;
- коррозия под напряжением, протекающая в местах сосредоточения динамической или статической нагрузки.



Атмосферная коррозия



Почвенная  
коррозия

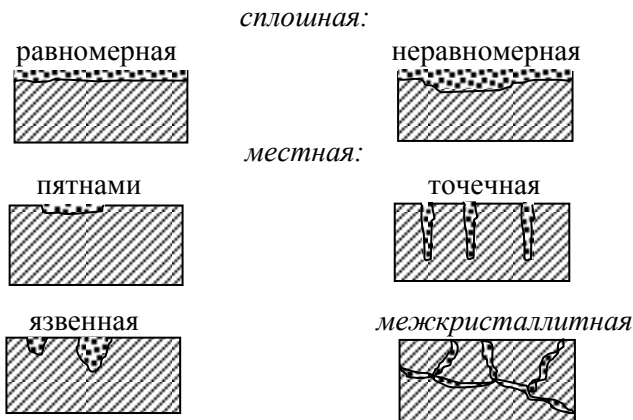
**Рис. 3.1.** Пример коррозионных повреждений по характеру взаимодействия с окружающей средой.

По характеру разрушения поверхности металлической конструкции различают следующие виды коррозионных повреждений:

- сплошная равномерная, в виде равномерной коррозионной пленки – ржавчины;
- сплошная неравномерная, в виде слоя ржавчины, переменного по толщине;
- структурно-избирательная, характерная для сплавов, в виде разрушения отдельных мест внутри строительного материала;

- местная коррозия в виде разрушения отдельных участков (коррозия пятнами, точечная, язвенная);
- межкристаллитная коррозия, происходящая без видимого внешнего разрушения металла вследствие того, что коррозионный процесс идет в основном по границам зерен кристаллов.

Наиболее опасным считается неравномерное разрушение поверхности металлической конструкции, поскольку образуются глубоко проникающие язвенные или точечные повреждения на отдельных участках конструкции. Значительную опасность представляет также коррозия на границах кристаллов, в результате которой конструкция может разрушиться без видимых повреждений.



**Рис. 3.2.** Виды коррозионных повреждений поверхности металлических конструкций.

### 3.1.2. Механизмы протекания коррозии металлов

#### Химическая коррозия

*Химическая коррозия* протекает при соприкосновении металлоконструкций с кислородом или газами при высокой температуре (свыше  $100^{\circ}\text{C}$ ), т.е. в среде горячих газов, а также в веществах – неэлектролитах (бензин, спирт и т.д.).

Подобные коррозионные процессы происходят в котлах, дымовых трубах котельных, водонагревателях, работающих на га-



зовом топливе, теплообменниках, работающих на жидком и твердом топливе, в печах.



В процессе протекания химической коррозии образуется оксидная пленка FeO. Если она имеет достаточную адгезию к поверхности металла, то доступ кислорода к металлу затрудняется, и коррозия значительно замедляется. Учитывая, что распределение температуры на поверхности металла неравномерно, а также наличие агрессивных примесей, оксидная пленка местами отслаивается, и процесс коррозии возобновляется с прежней скоростью.

При дальнейшем нагревании оксидной пленки происходит процесс диссоциации, т.е. ее химического превращения в более рыхлую пленку Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Рыхлая неоднородная пленка, имеющая плохую адгезию, пропускает молекулы кислорода, и процесс коррозии не затухает.

При эксплуатации сплавов в среде горячих газов с содержанием кислорода происходит обезуглероживание стали, т.е. уменьшение содержания углерода в поверхностном слое конструкции. Материал стальной конструкции теряет свою прочность и пластичность, превращаясь в мягкое железо, быстро деформируется и разрушается.

Если в газовой среде присутствует водород, то в результате его диффузии в объем стали и растворения в ней, наступает водородная хрупкость и разрушение материала.

### **Электрохимическая коррозия**

Большинство металлических конструкций зданий и сооружений разрушается в процессе протекания электрохимической коррозии, т.е. разрушения в растворах электролитов.

При контакте с окружающей средой на поверхности конструкции появляется водная пленка с растворенными примесями, находящимися как на поверхности конструкции, так и в окружающей среде. При этом образуются растворы – электролиты, вызывающие электрохимическую реакцию.

Условия развития процесса электрохимической коррозии:

- металл на всем протяжении участка должен быть проводимым для электронов;
- электролит должен обеспечивать проводимость тока на участках контакта анода и катода.

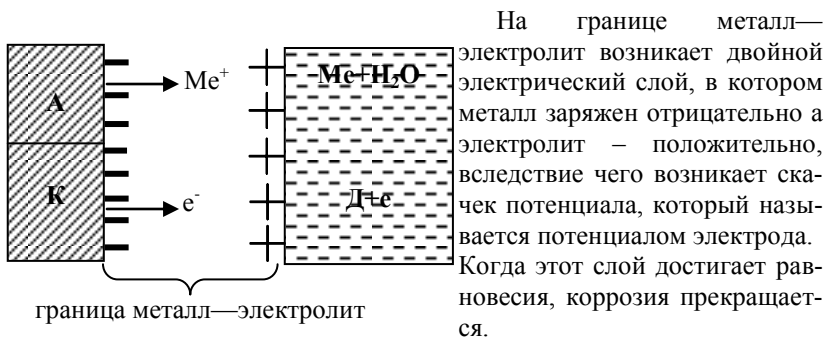
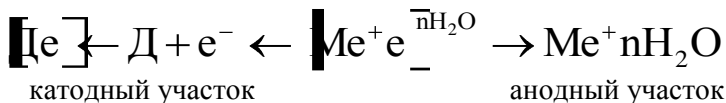
В электролитах имеются положительно заряженные частицы – катионы и отрицательно заряженные – анионы, которые присоединяют к себе молекулы воды.

При электрохимической коррозии происходит разделение металлоконструкции на две зоны: анодную и катодную.

На анодных участках протекает анодный процесс – переход ионов металла в раствор и образование нейтральных молекул, а освободившиеся электроны, оставаясь в металле, движутся к катодному участку.

На катодных участках поверхности металла избыточные электроны поглощаются ионами, атомами или молекулами электролита (деполяризаторами – вода и растворенный кислород), которые восстанавливаются.

Этот процесс описывается следующей схемой:



**Рис. 3.3.** Электрохимический механизм разрушения металла.

Описанные процессы взаимосвязаны и скорость протекания коррозии зависит от скорости протекания самого медленного из процессов.

Возможность перехода ионов металла в раствор электролита зависит от их сил связи с электронами в междоузлиях кристал-

лической металлической решетки. Чем сильнее связь между электронами и атомами, тем труднее вызвать переход иона металла в электролит.

Наличие сопутствующих веществ в окружающей металлическую конструкцию среде (активаторов и ингибиторов коррозии) влияет на скорость разрушения конструкции. Так, например, ионы хлора ускоряют коррозионный процесс стальных конструкций, а соли щелочных металлов в нейтральных и щелочных средах тормозят их разрушение.

Кислород является одновременно активатором и ингибитором коррозии. С одной стороны он способствует образованию защитной пленки на поверхности конструкции, с другой является деполяризатором и ускоряет коррозию в только появившихся местах разрушения.

Величина *электродного потенциала* характеризует стойкость того или иного металла к коррозии. Для качественного измерения коррозии за нулевое значение принят водородный потенциал, который имеет электрод из платины, погруженный в раствор серной кислоты и омываемый этим электролитом под давлением 1 атм.

Ниже приведены стандартные электродные потенциалы некоторых металлов, В:

$Mg^{2+}$	$Al^{3+}$	$Zn^{2+}$	Cr	$Fe^{2+}$	$Fe^{3+}$	[H]	$Cu^{2+}$	Ag
-2,37	-1,66	-0,762	-0,74	-0,44	-0,037	0	+0,337	+0,79

### **Факторы, влияющие на скорость коррозионного процесса**

Интенсивность коррозии зависит от следующих факторов (рис. 3.4):

- характеристика металла, определяется значением водородного потенциала металла;
- характеристика среды электролита, определяется водородным показателем pH и наличием примесей, в том числе и кислорода;
- скорость движения электролита;
- температура электролита.

Железо относится к группе металлов, окислы которых растворимы в кислой и не растворимы в щелочной среде. Поэтому

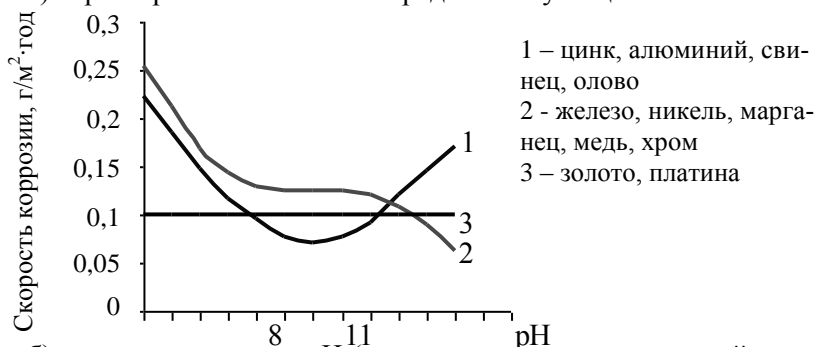
его коррозионная стойкость будет уменьшаться с понижением pH и увеличиваться с повышением pH.

В случае если сочетаются два разных металла, быстрее разрушается тот, который имеет более низкий электродный потенциал.

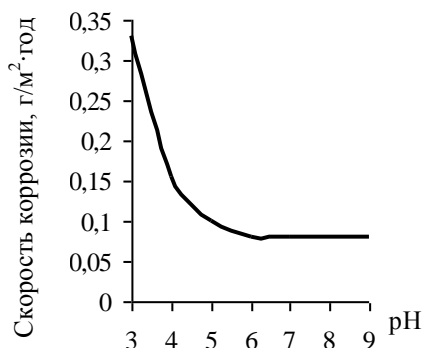
Поскольку коррозия большинства металлов протекает с кислородной деполяризацией, поэтому с увеличением концентрации кислорода скорость коррозии возрастает.

В случае увеличения температуры и скорости движения электролита коррозионный процесс также ускоряется, т.к. увеличивается скорость движения молекул электролита и их диффузия к поверхности металла, а также к поверхности конструкции диффундирует большее число молекул-деполяризаторов кислорода.

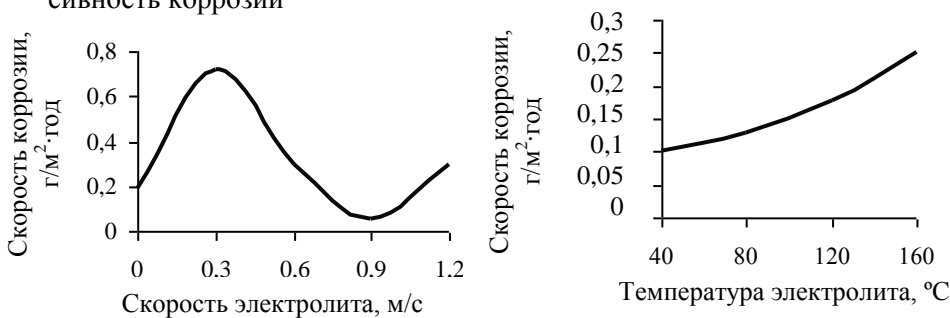
а) характеристика металла и среды эксплуатации



б) влияние величины pH (на примере малоуглеродистой стали) и концентрации кислорода на скорость коррозии



в) влияние температуры и скорости электролита на интенсивность коррозии



**Рис. 3.4.** Факторы, влияющие на скорость коррозии.

Постепенно на поверхности металлоконструкций образуется трудно растворимая пленка оксидов и коррозионный процесс замедляется. Дальнейшее увеличение скорости движения электролита приводит к механическому разрушению окисной пленки и ускорению коррозии.

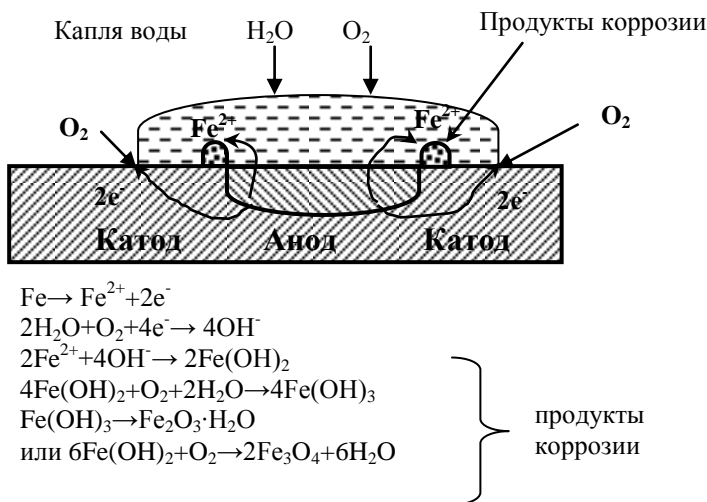
### 3.1.3. Развитие коррозии в различных средах

#### Атмосферная коррозия

В процессе эксплуатации металлоконструкций на их поверхности образуется влажная пленка из-за атмосферных осадков (дождь, туман, снег и т.д.) или в результате конденсата при суточных колебаниях температуры воздуха.

pH такой пленки может достигать значений 3-5 вследствие того, что в воздухе находятся примеси, растворяющиеся в воде и понижающие величину pH. Например, при растворении примесей серы (диоксида серы  $\text{SO}_2$ ) процесс коррозии ускоряется более чем в 6 раз, а при насыщении атмосферы парами раствора хлорида натрия  $\text{NaCl}$ , скорость коррозии возрастает в 9 раз.

Механизм протекания атмосферной коррозии представлен на рис. 3.5.



**Рис. 3.5.** *Механизм протекания атмосферной коррозии.*

При небольшой влажности воздуха, в том числе и из-за загрязнения поверхности и воздуха твердыми частицами и примесями, происходит неравномерная конденсация влаги на поверхности металлоконструкции, и появляются анодные и катодные участки.

Коррозия металла начинается с поверхности и постепенно проникает в более глубокие слои. При этом образуются химические соединения, которые остаются на поверхности в виде пленок, окислов, либо переходят во внешнюю среду. Коррозионная язва будет развиваться до тех пор, пока образующаяся над ней толща ржавчины не станет полной преградой для диффузии кислорода.

Хотя избыток кислорода способствует торможению коррозии, т.е. происходит пассивирование, т.к. образуются защитные пленки, однако при наличии высококоррозионной среды коррозионный процесс развивается беспрепятственно и вызывает сквозные проржавления. К тому же уменьшается общая толщина металла. Если не принимать мер по защите, металлическая конструкция быстро разрушается. Поэтому срок эксплуатации подземных металлических сооружений зависит в основном от их коррозионной стойкости.

При длительной эксплуатации металлического сооружения (в данном случае стального) образуется значительный слой ржавчины, состоящий из нескольких слоев: самого глубокого и

плотного слоя оксида железа FeO, магнетита Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и гидратированного магнетита Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O и красно-коричневой ржавчины Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O, расположенной на границе электролита.

Катодный процесс заключается в том, что положительно заряженные ионы, способные восстанавливаться, ассимилируются с электронами, полученными в результате анодной реакции.

Самой распространенной является коррозия при восстановлении кислорода. Она широко встречается в природных, промышленных условиях и может иметь место в щелочных, нейтральных и кислых средах.

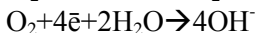
Если рассмотреть более подробно процесс кислородной деполяризации, то можно выделить следующие этапы:

- прохождение кислорода через поверхность раздела воздух-электролит и его растворение в электролите;
- перенос растворенного кислорода в объеме электролита в результате его движения, обусловленного конвекцией или дополнительным перемещением;
- перенос кислорода в диффузионный слой;
- восстановление кислорода на корродирующей поверхности по реакции:

в кислых растворах



в нейтральных и щелочных



- диффузия или конвекция гидроксил-ионов, образовавшихся в результате реакции восстановления кислорода, от катодных участков вглубь раствора.

Несмотря на различие конечных продуктов реакции ионизации кислорода в разных средах, сущность процесса восстановления кислорода остается неизменной, но в кислой среде образующиеся ионы гидроксила нейтрализуются катионами водорода с образованием воды.

В некоторых случаях продукты анодной и катодной реакций могут вступать во взаимодействие между собой и с компонентами среды. В результате таких вторичных реакций образуются трудно растворимые продукты, которые, отлагаясь в виде осадков на поверхности, могут оказывать значительное влияние на кинетику коррозионного процесса. *Внешние проявления атмосферной коррозии* – неравномерное распределение мест повреж-

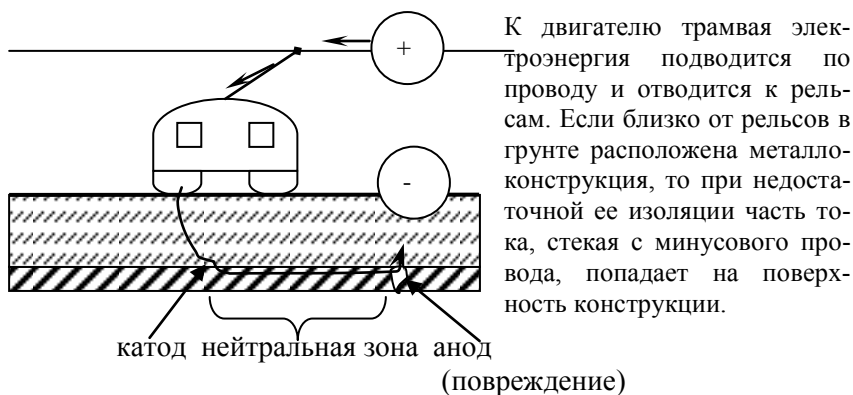
дений, сплошная равномерная и неравномерная коррозия, а также коррозия пятнами, язвенная коррозия.

### Коррозия под действием блуждающих токов

*Блуждающие токи* представляют собой электрические токи, протекающие в земле при использовании ее в качестве токопроводящей среды. Они вызывают коррозию металлических конструкций, эксплуатируемых в земле (например, трубопроводов), поскольку вымывают из них ионы металла.

В условиях города источником блуждающих токов является рельсовый транспорт, заводы и т.д. (рис. 3.6).

Утечка тока в грунт происходит, если в электрической сети имеются участки, на которых электрическое сопротивление превышает сопротивление протекания тока в грунте. Ток из грунта может попадать на подземную металлоконструкцию в месте нарушения изоляции, где образуется катодный участок. Ток может протекать по конструкции как по проводнику значительные расстояния, образуя нейтральную зону. В месте выхода блуждающих токов из конструкции образуется анодная зона, и вместе с ними ионы металла стекают в грунт, приводя к образованию коррозионных повреждений.



**Рис. 3.6.** Влияние блуждающих токов на металлоконструкцию.

Вследствие большой удаленности катодного и анодного участка, а также точечной сосредоточенности анодной зоны, корро-

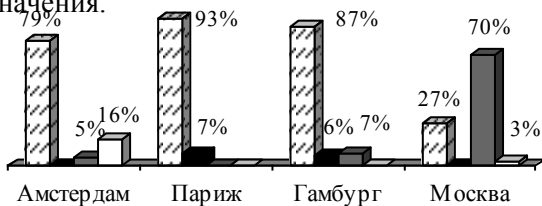


зия происходит очень быстро, а место коррозионного повреждения не всегда удается быстро найти.

Известно, что ток силой 1 ампер за год может разрушить до 9 кг железа, 11 меди, 33 кг свинца, 3 кг алюминия, поэтому в зоне блуждающих токов запрещено принимать в эксплуатацию конструкции, если не разработаны специальные мероприятия по защите от них. *Внешние проявления коррозии, вызванной блуждающими токами* – точечные и язвенные повреждения.

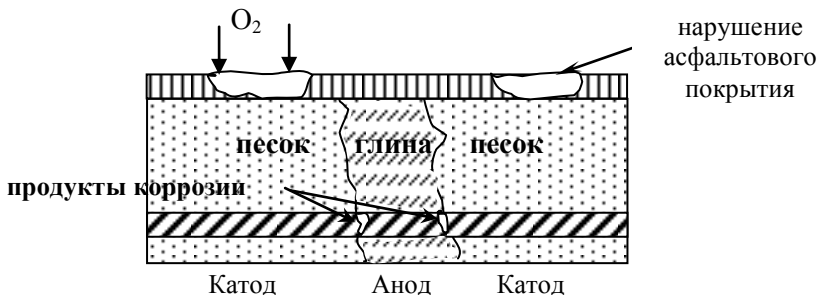
### Коррозия подземных конструкций

Особенность коррозионного разрушения подземных металлических сооружений обусловлена одновременным действием почвенной среды, усиленной влиянием блуждающих токов и биокоррозией. Особенно большой вред, наносимый почвенной коррозией, ощутим на трубопроводном транспорте. За последние десятилетия количество аварий и повреждений в нашей стране по различным видам инженерных коммуникаций возросло на 30-60%. По имеющимся данным утечки из наружных сетей составляют 8-10%, т. е. по стране теряется в сутки около 6 миллионов кубометров питьевой воды. Значительный объем трубопроводного транспорта в нашей стране изготавливается из стали (рис. 3.7). Это объясняется тем, что сталь обладает высокой механической прочностью, стойкостью к повышенным давлениям и высоким температурам, высокой теплопроводностью. Вместе с тем, стальные конструкции, эксплуатируемые в земле, подвержены быстрому коррозионному разрушению. В зависимости от величины агрессивности окружающей среды срок службы металлоконструкции может быть в 2-10 раз меньше расчетного значения.



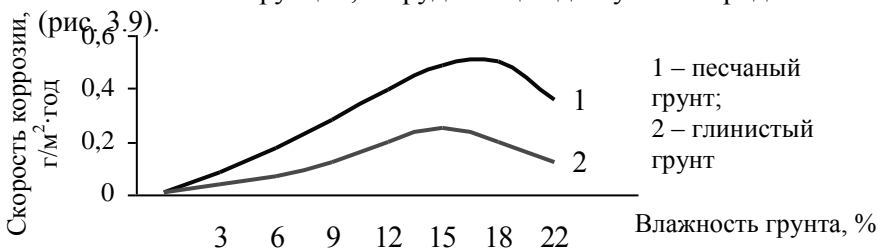
**Рис. 3.7.** Материалы, применяемые при строительстве водопроводных сетей в некоторых крупных европейских городах.

Подземная коррозия обусловлена неоднородностью грунта, как окружающей среды и неравномерным доступом кислорода к различным участкам подземных конструкций (рис. 3.8).



**Рис. 3.8.** Механизм протекания подземной коррозии.

Электрохимические процессы протекания подземной коррозии в значительной степени зависят от влажности грунта, его плотности, коррозионной активности, наличия микроорганизмов и т.д. При повышении влажности грунта до 15-20% процесс коррозии резко возрастает из-за повышения количества растворенного кислорода, затем затухает вследствие образования оксидной пленки, а также сплошной водной пленки на поверхности металлоконструкции, затрудняющей доступ кислорода к ней



**Рис. 3.9.** Влияние влажности грунта на скорость подземной коррозии.

От плотности грунта зависит количество кислорода, поступающего к поверхности конструкции. В месте интенсивного доступа кислорода образуется катодный участок, в глинистых грунтах, где доступ кислорода затруднен, образуется анодный

участок. Наиболее интенсивное разрушение происходит на стыке анодной и катодной зон.

Коррозионная активность грунта зависит от однородности грунтовой среды, химического состава, характера и количества водорастворимой части в грунте. Химический состав водорастворимой части оценивается кислотностью, т.е. величиной pH. Чем больше растворимых солей, тем выше электропроводность грунта и интенсивнее протекают коррозионные процессы.

Микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности изменяют физико-химический состав грунтов, увеличивают его агрессивность, а также разрушают изоляционные покрытия. *Внешние проявления подземной коррозии* – разрушение отдельных участков в виде язв, пятен в местах нарушения адгезии изоляции к поверхности металлоконструкции.

### **Внутренняя коррозия трубопроводов**

Вода, протекающая по трубам, содержит некоторое количество агрессивных примесей, а также растворенный кислород и углекислый газ, следовательно, внутри труб также идет коррозионный процесс.

Скорость внутренней коррозии трубопроводов зависит от следующих факторов:

- неравномерная скорость воды на различных участках;
- остаточные напряжения, возникающие при заготовке труб, гнутье, сварке и приводящие к появлению микротрещин в материале;
- наличие растворенного кислорода;
- наличие растворенного углекислого газа;
- жесткость воды.

Анодные зоны, на которых протекает коррозионный процесс, появляются на участках трубопровода с меньшей скоростью движения воды, а также в застойных зонах – на поворотах, разветвлениях, тупиковых участках.

В большинстве случаев определяющим фактором в процессе внутренней коррозии трубопроводов является жесткость воды, характеризующаяся примесью карбонатов кальция и магния. При повышении температуры образуется пленка из карбонатов кальция и магния, не проводящая электрический ток и надежно

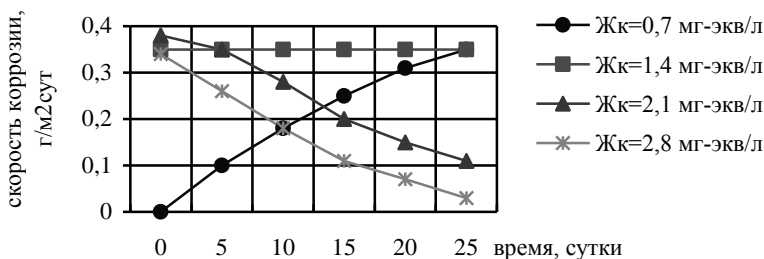
защищающая поверхность труб от электрохимической коррозии.

Содержание в воде диоксида углерода больше равновесного значения приводит к разрушению карбонатных пленок, превращению их в рыхлые дикарбонатные отложения, не препятствующие развитию коррозии:



В случае уменьшения содержания диоксида углерода на стенках трубопроводов выпадает накипь из карбонатов кальция и магния вследствие протекания обратной реакции.

В природных водах, содержащих карбонат кальция, снижение скорости коррозии наблюдается при  $J_K > 2$  мг-экв/л, т.к. в этом случае образуется устойчивая пленка  $\text{CaCO}_3$  (рис. 3.10).



**Рис. 3.10.** Зависимость скорости коррозии от жесткости воды.

Внешние проявления внутренней коррозии – местное неравномерное разрушение, а также трещины на участках металлоконструкций под напряжением (например, в местах сварки).

### Коррозия арматуры в бетоне

Защитный слой бетона затрудняет доступ к арматуре влаги, кислорода, воздуха или кислотообразующих газов. Однако бетон представляет собой пористый материал, который разрушается под воздействием влаги и водяных паров и снижает свои защитные свойства.

Коррозия арматуры в бетоне является электрохимическим процессом, поскольку арматурная сталь и контактирующая с

ней среда неоднородна по структуре, что приводит к возникновению микропар – анодных и катодных зон.

Условия возникновения коррозии арматуры:

- уменьшение щелочности окружающей среды до  $\text{pH} \leq 12$ , т.е. при карбонизации и коррозии бетона;
- наличие хлорид-ионов, проникающих к арматуре через трещины в бетоне.

В плотном бетоне арматура может находиться в полной сохранности на протяжении длительного срока эксплуатации конструкции. Под действием углекислого газа и других кислых газов, находящихся в городской атмосфере или технологической атмосфере предприятия, происходит процесс карбонизации бетона, т.е. вымывания карбоната кальция и снижения  $\text{pH}$ . При влажностном состоянии и паропроницаемости бетона арматура начинает корродировать.

В случае образования микропар, имеющих катодные участки меньшей площади, чем анодные происходит равномерное уменьшение сечения арматуры по всей поверхности.

При проникновении солей хлора происходит местное, язвенное уменьшение сечения арматуры.

В предварительно напряженных железобетонных конструкциях выявлен другой вид коррозии арматуры – *коррозия под напряжением*. Исследования свидетельствуют, что в направлении, перпендикулярном главным, растягивающим напряжениям, т.е., соответственно, поперек элемента развиваются повреждения в арматуре в виде трещин и разрывов даже при незначительных поверхностных поражениях бетона. В результате в местах высокой концентрации напряжений, где появляются трещины и надрывы, происходит одновременное действие механических напряжений и электрохимической коррозии.

Способ защиты арматуры в бетоне основан на пассивирующем, т.е. защитном действии щелочных сред. В щелочных растворах коррозия уменьшается вследствие образования защитной пленки из гидрата окиси железа. Поэтому технологические мероприятия по защите арматуры и железобетона от коррозии заключаются в обеспечении высокой плотности, однородности и непроницаемости бетона, в создании достаточного по толщине защитного слоя бетона у арматуры. Эти мероприятия достига-

ются введением специальных поверхностно-активных добавок, снижающих водоцементное отношение и повышающих тем самым прочность, долговечность, морозостойкость и водонепроницаемость железобетонных изделий.

*Внешние проявления коррозии арматуры в бетоне* – язвенный характер поражения отдельных участков либо равномерное уменьшение сечения по всей поверхности.

### **3.1.4. Методы защиты металлических конструкций от коррозии**

Для защиты металлических конструкций от коррозии существует комплексный подход, заключающийся в:

- конструктивной защите – выбор конструктивных решений на стадии проектирования;
- выборе материала – правильный выбор металла в соответствии с особенностями эксплуатации и характером агрессивности окружающей среды;
- воздействию на среду эксплуатации – изменение состава эксплуатационной среды для снижения ее коррозионной активности;
- изоляции сооружения от электролитической среды – устройство защитных покрытий металлических конструкций;
- электрохимической защите – изменение электрического потенциала металлоконструкции.

Выбор методов защиты металлоконструкции от коррозии должен выполняться на стадии проектирования в зависимости от характеристик среды эксплуатации, полученных по результатам ее обследования. Грамотное проектирование заключается в подборе металлов, сплавов, соответствующих уровню агрессивности окружающей среды.

Некоторые металлы (например, алюминий, железо, хром, никель, титан и др.) сами предохраняют себя от коррозии вследствие образования на их поверхности защитных пассивирующих пленок при взаимодействии с эксплуатационной средой. Однако способность к пассивации у них различна. Например, алюминий становится пассивным в естественных условиях, поэтому его применяют в конструкциях, эксплуатируемых в атмосферной среде. В другие, широко используемые металлы (например, же-

лезо), при необходимости вводят добавки, пассиваторы коррозии.

При конструировании по возможности необходимо избегать контакта металлов, имеющих разный электродный потенциал. Если в этом есть насущная необходимость, то анодные участки выполняют значительно большего объема и площади, чем катодные.

На практике стремятся применять такие конструктивные решения, которые обеспечивали бы по возможности отсутствие застойных зон для снижения вероятности возникновения анодных участков.

Поскольку пассивность большинства металлов легко нарушается при механических повреждениях конструкции, повышении температуры окружающей среды, действии коррозионно-активных ионов кислорода, водорода, хлора, соединений серы и т.д., в процессе эксплуатации необходимо поддерживать определенный состав коррозионной среды и одновременно восстанавливать защитные покрытия.

Кроме того, в процессе эксплуатации также выполняют определенные мероприятия для уменьшения риска коррозионных повреждений, например, очищают поверхность металлических конструкций от грязи и ржавчины.

### **Защитные покрытия**

Цель защитных покрытий заключается в изоляции металлоконструкции от внешней агрессивной среды для защиты от коррозии или замедления коррозионного процесса.

К защитным покрытиям предъявляются следующие требования:

- прочность;
- эластичность;
- сплошность;
- непроницаемость для компонентов агрессивной среды;
- хорошая адгезия с поверхностью металлической конструкции;
- высокая термостойкость;
- износостойкость;
- высокая стойкость к воздействию окружающей среды;

- коэффициент линейного расширения, близкий по величине к аналогичному коэффициенту металлической конструкции.

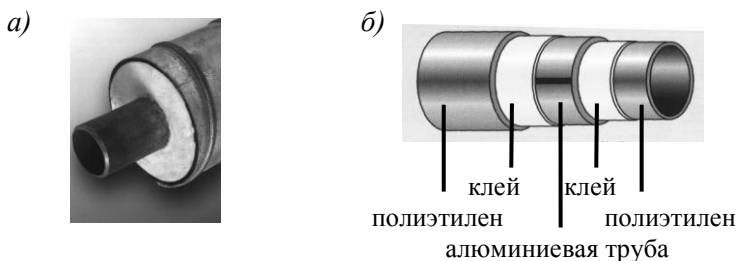
Защитные покрытия бывают металлические и неметаллические, которые особенно широко распространены.

К неметаллическим покрытиям относятся окрасочные, обмазочные и рулонные покрытия (полимерные, полиуретановые, битумные, резинобитумные, керамические, пластиковые и т.д.). Окрасочные покрытия наносят в основном на конструкции, эксплуатируемые в атмосферной среде. Они представляют собой краски, лаки, пасты, эмали (масляные, эпоксидные, силиконовые, ПХВ, с металлической крошкой, с пигментами и пр.).

Перед нанесением защитного покрытия в условиях эксплуатации поверхность конструкции необходимо подготовить, т.е. как правило, очистить от ржавчины, провести обезжиривание, технологически правильно уложить изоляционное покрытие.

В составе современных красок присутствуют преобразователи продуктов коррозии, которые вступают с ними во взаимодействие и превращают ржавчину в коррозионно-неактивные соединения (ПВА эмульсии, алкидные смолы и т.д.).

Современные защитные покрытия наносят, как правило, в заводских условиях, что повышает надежность и долговечность металлоконструкции (рис. 3.11).



**Рис. 3.11.** Защитные покрытия металлоконструкций: а) стальная труба; б) металлопластмассовая труба

Например, конструкция «труба в трубе» представляет собой промышленную теплогидроизоляционную защиту стального трубопровода пенополиуретаном, который в свою очередь защищен оболочкой из полиэтилена или оцинкованной стали. Та-



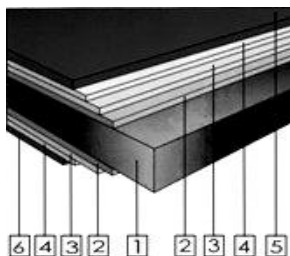
кая система представляет собой единую конструкцию благодаря адгезии между всеми слоями.

*Металлические покрытия* наносят на поверхность конструкции в заводских условиях методом гальванопластики. В условиях эксплуатации металлическое покрытие наносят на поврежденные места металлизацией. Такими покрытиями защищают закладные детали железобетонных конструкций перед обетонированием в процессе монтажа. Металл плавится в металлаторах (газовых или электрических) и струей сжатого воздуха или инертного газа (в зависимости от вида металла) распыляется по поверхности мельчайшими частицами размером до сотых долей миллиметра.

В зависимости от потенциала конструкции и металлического покрытия различают анодное и катодное покрытие.

Для анодного покрытия применяют металлы, имеющие более электроотрицательный потенциал, чем защищаемый металл. Примером анодного покрытия служит оцинкованная кровля. В паре с железом цинк, а также алюминий образуют гальванический элемент. Анодное покрытие защищает конструкцию от электрохимической коррозии. Катодное покрытие является механическим покрытием и защищает конструкцию только, если нет механических повреждений на поверхности. В противном случае защищаемая конструкция выступает как анод и разрушается в связи с интенсивным развитием язвенных участков. Для уменьшения ущерба для катодного покрытия применяют металлы с электродным потенциалом, незначительно превышающим потенциал защищаемой конструкции.

Примером комплексного защитного покрытия (в том числе и металлического) может служить металлочерепица – кровельный материал, имитирующий по конфигурации натуральную черепицу. Исходным материалом для металлочерепицы служит оцинкованный стальной лист с многослойным полимерным покрытием (рис. 3.12).



1. стальной лист
2. цинковое покрытие
3. антикоррозионное покрытие (слой пассивации)
4. грунтовка
5. полимерное покрытие
6. защитный лак

*Рис. 3.12. Пример комплексной защиты металлоконструкции.*

### **Воздействие на среду эксплуатации**

Подземные металлические конструкции защищают изоляционными покрытиями. Вместе с тем, их защита может быть достигнута также уменьшением коррозионной активности грунтовой среды. Известны следующие способы:

- замена среды;
- обработка среды химическими веществами для нейтрализации ее агрессивности (известкование, гидрофобизация и т.д.);
- изоляция от эксплуатационной среды (прокладка трубопроводов в тоннелях, коллекторах и пр.).

Способ замены среды заключается в выемке коррозионно-активного грунта и замене его менее активным грунтом, отходами промышленных производств с допустимым показателем pH.

Обработка среды химическими веществами представляет собой, на пример, обработку грунтов гашеной известью или карбонат-содержащими отходами производств, повышающими pH кислых грунтов до 8-11 (известкование). Скорость коррозии в этом случае уменьшается в 5-6 раз. Необходимым условием является изоляция необработанных участков конструкции, иначе на границе контакта конструкций, эксплуатирующихся в различных грунтовых условиях, может начаться коррозионный процесс.

Гидрофобизация грунтов заключается в снижении их влажности путем нагнетания в грунт гидрофобных составов (на ос-

нове смол, торфяного дегтя или кремнийорганических соединений), что способствует затуханию процесса коррозии.

Для защиты трубопроводов от внутренней коррозии также применяют метод изменения коррозионной активности среды эксплуатации, в данном случае воды, заключающийся:

- в ведении специальных добавок – ингибиторов;
- в фильтровании;
- в термической деаэрации.

Агрессивные свойства воды, как уже было сказано выше, определяет наличие свободного кислорода и диоксида углерода, а также коррозионно-активных примесей сульфат- и хлорид-ионов.

В процессе ингибирования химически активные вещества связываются в нерастворимые соединения, осаждаемые на стенках труб.

В процессе фильтрования вода проходит через специальные фильтры, которые снижают количество диоксида углерода до равновесного значения (например, магномассовые фильтры) или количество растворенного кислорода (например, сталестружечные фильтры).

Метод деаэрации основан в эффекте улетучивания кислорода при повышении температуры воды.

### **Электрохимическая защита**

Электрохимическая защита от коррозии применяется для предупреждения подземной коррозии металлоконструкций, а также коррозии, вызванной действием блуждающих токов. Данный метод защиты заключается в предотвращении окисления атомов металла на его поверхности. Этого удастся добиться, если сместить потенциал металла относительно грунта на достаточную величину в катодную область.

При смещении потенциала в отрицательную область, т.е. в катодную сторону, подавляются реакции окисления, и существенно замедляется скорость коррозии. В зависимости от состава и характеристик среды эксплуатации для достижения одного и того же эффекта подавления коррозии требуется различная величина смещения потенциала. Поэтому в практике защиты подземных металлических сооружений существует т.н. минималь-

ное значение защитного потенциала, которое выбирают исходя из условий эксплуатации по справочным данным. На всем протяжении конструкции потенциал должен быть отрицательнее принятого минимального значения.

Различают два способа электрохимической защиты:

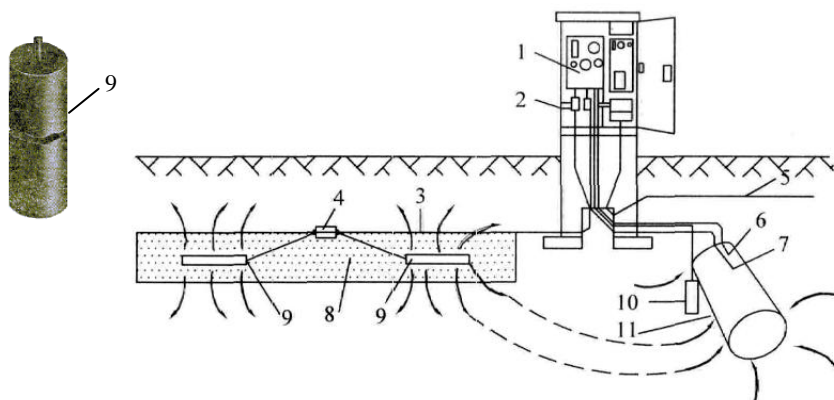
- катодная защита (с помощью наложенного на поверхность металлоконструкции внешнего электрического постоянного тока);
- протекторная защита (присоединение защищаемой поверхности металлоконструкции к более электроотрицательным металлам).

Катодную поляризацию металлоконструкции осуществляют с помощью подвода постоянного тока от источника питания – станции катодной защиты (СКЗ).

Одним проводом СКЗ (рис. 3.13) соединена с конструкцией, а другим – с анодным заземлителем, который обычно изготавливают из низкосортной стали или чугуна и помещают в специальную засыпку. Расход заземлителя из железа составляет в соответствии с законом Фарадея 9,15 кг/А·год.

В задачу расчета СКЗ входит определение необходимых напряжений и силы тока, которые требуются для обеспечения защитного потенциала на всем протяжении зоны защиты, а также срока службы заземлителя.

Для обеспечения эффективной защиты необходимо, чтобы на всем протяжении защищаемого участка конструкции сохранялся достаточный для подавления коррозионных процессов катодный потенциал. Добиться этого можно двумя способами. Первый способ предполагает равномерную поляризацию всего участка. Для этого необходимо расположить вдоль всей конструкции аноды и подвести к ним электропитание с помощью проводников с малым электрическим сопротивлением или рассредоточить вдоль конструкции большое количество маломощных источников тока. Такой подход чаще всего оказывается экономически невыгодным.

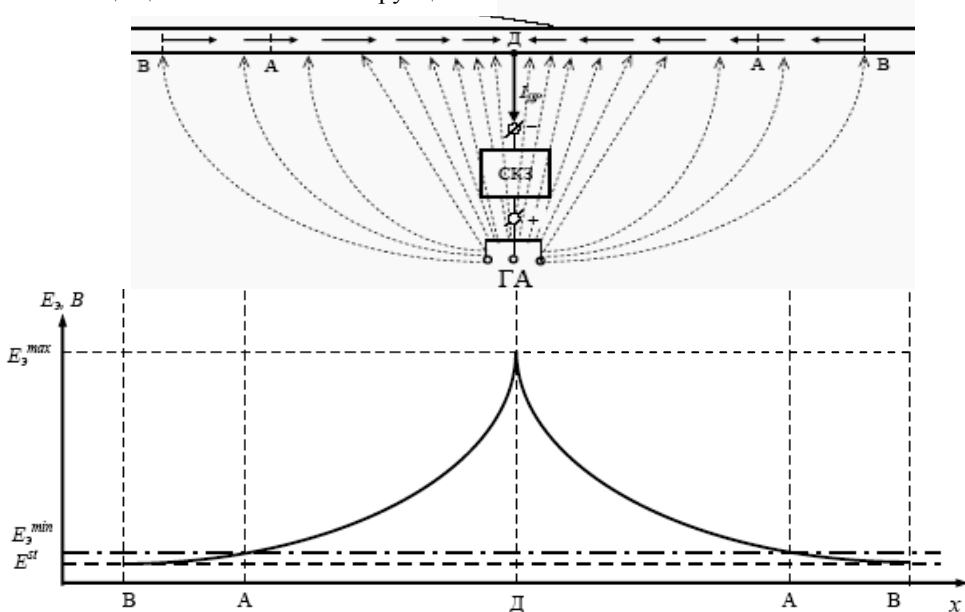


**Рис. 3.13.** Станция катодной защиты от коррозии с питанием от источника постоянного тока.

1 – источник защитного тока. 2 – шкаф для источника защитного тока. 3 – анодный кабель (+). 4 – муфта. 5 – силовой кабель. 6 – к вольтметру. 7 – подсоединение защитного тока (-). 8 – коксовая постель. 9 – анодные заземлители. 10 – электрод сравнения. 11 – защищаемая конструкция.

Рациональней установить в определенном месте достаточно мощную станцию, поместив около неё группу анодов. В этом случае защитный ток течет по грунту от анодов, попадает на конструкцию и собирается к токоотводу в месте подключения (точке дренажа). При этом по мере удаления от точки токоотвода катодный потенциал уменьшается.

Зоной защитного действия будет являться область по обе стороны от токоотвода, в которой потенциал трубы по отношению к грунту будет отрицательнее принятого значения защитного потенциала. Самый высокий катодный потенциал, т.е. самое отрицательное его значение, будет на участке трубы, находящемся против анода (рис. 3.14).



**Рис. 3.14.** Схема катодной защиты подземного трубопрово-

А – точка достижения значения защитного потенциала  $E_э^{min}$   
 В – точка стационарного (бестокового) потенциала конструкции в грунте  $E^{st}$   
 $E_э$  – электродный потенциал конструкции

СКЗ – станция катодной защиты  
 ГА – группа анодов  
 Д – точка подвода тока к трубе (точка дренажа) с потенциалом  $E_э^{max}$   
 Стрелками показано направление тока в трубе (сплошные стрелки) и в грунте (пунктирные)

Протекторная защита металлических конструкций от электрохимической коррозии состоит в том, что к защищаемой конструкции присоединяют анодный протектор – какой-либо металл или сплав, имеющий в данной коррозионной среде потенциал, меньший, чем у материала защищаемой конструкции.

Механизм защиты металлов от коррозии с помощью протектора состоит в том, что при протекании электрического тока через границу защищаемого металла с коррозионной средой поверхность защищаемого металла поляризуется катодно, ее потенциал уменьшается, что может приводить к почти полному прекращению коррозионного разрушения. На поверхности протектора при этом протекает анодный процесс, который постепенно приводит к его растворению. Потому протектор необходимо периодически возобновлять.

При использовании гальванических анодов (протекторов) требуемый защитный ток возникает вследствие разницы потенциалов между неблагородным анодным материалом и защищаемым объектом, не подсоединенным к посторонним источникам тока.

Метод защиты с помощью анодных протекторов является эффективным и экономически выгодным для металлических конструкций, эксплуатируемых в морской воде, грунте и других нейтральных коррозионных средах. В этих условиях в качестве материала анодных протекторов чаще всего применяют чистый цинк или сплавы алюминия и цинка, а также сплавы на основе магния.

Значительное влияние на сферу действия протектора оказывает электропроводимость электролита. В практике катодной защиты с применением протекторов соблюдаются принципы их выбора, основанные на многолетнем опыте их применения. Так, если отсутствуют какие-либо ограничения при выборе средств защиты конструкций, то лучшими протекторными материалами считаются сплавы на основе алюминия. Такие металлоконструкции составляют свыше 60 % и поэтому алюминиевые протекторные сплавы получили наибольшее распространение.

Магниевого сплавы благодаря своему высокому отрицательному потенциалу и невысокой поляризуемости рекомендуются для создания протекторов, защищающих металлоконструкции в средах с низкой электропроводимостью (50 Ом·м), или протекторов с большой зоной защитного действия.

Цинковые сплавы, имеющие потенциал, близкий к потенциалу алюминиевых сплавов, но меньшую токоотдачу, чем у магниевых и алюминиевых сплавов, рекомендуются только в тех случаях, когда необходимо обеспечить взрывопожаробезопасность, исключить выделение и накопление водорода. Кроме того, они используются, если необходимо ограничить объем (размеры) протектора и исключить изменение pH среды.

В грунтах с низким сопротивлением протекторы можно установить непосредственно в почву, однако в общем случае их помещают в активатор (постельная масса).

В настоящее время в отечественной практике применяются свыше 100 типоразмеров протекторов массой от 0,1 до 100 кг,

имеющих срок службы от 0,5 до 25 лет и зону защитного действия от 0,1 до 500 м<sup>2</sup>.

### **3.2. Коррозия каменных и бетонных конструкций**

Все несущие и, соответственно, наиболее ответственные конструктивные элементы здания (фундаменты, стены, перекрытия) выполнены из каменных материалов. Под каменными строительными материалами подразумеваются материалы естественного происхождения – известняк, песчаник, туф, мрамор, гранит и т.д., и искусственного происхождения – кирпич, бетон, железобетон. Коррозия каменных материалов протекает в результате химических, механических, биологических воздействий, а также в результате комплексного воздействия этих факторов.

Вследствие особенностей строения кристаллической решетки каменные материалы обладают своими ярко выраженными свойствами – пористостью и полиминеральностью. Эти свойства определяют стойкость конструкции к коррозии, т.е. способность к фильтрации и вымыванию цементирующих связующих компонентов.

Таким образом, *коррозия каменных материалов* – это ухудшение их характеристик и свойств в результате:

- физических процессов вымывания растворимых составных частей, возникающих при действии жидких сред (коррозия первого типа);
- химического взаимодействия агрессивных растворов с компонентами каменной конструкции и образования продуктов коррозии, не обладающих вяжущими свойствами (коррозия второго типа);
- накопления малорастворимых кристаллизующихся солей, увеличивающих объем его твердой фазы (коррозия третьего типа).

Если рассматривать железобетонные конструкции, то коррозия железобетона представляет собой разрушение конструкции в результате коррозии бетона и/или арматуры.

Свойства агрессивных сред, воздействующих на каменные строительные конструкции, чрезвычайно многообразны. Разнообразны и процессы, происходящие в полиминеральных системах. Отсюда возникает необходимость в науке о коррозии, задачей которой является как изучение коррозионной стойкости бе-



тонов и других каменных материалов, так и исследование коррозионных процессов и устойчивости цементного камня к различным негативным воздействиям.

### 3.2.1. Факторы, влияющие на скорость разрушения каменных конструкций

Скорость разрушения (коррозии) каменных конструкций зависит от ряда факторов, таких как:

- структура материала;
- химический и минералогический состав материала в конструкции;
- химический состав среды эксплуатации (воздушной, водной, грунтовой сред);
- концентрация коррозионно-активных компонентов;
- увлажнение конструкции;
- знакопеременные температуры;
- биологические факторы;
- цикличное увлажнение и высыхание конструкции;
- попеременное замораживание и размораживание.

Особенность коррозии конструкций из природных и искусственных каменных материалов заключается в их химической стойкости по отношению к агрессивной среде. К кислым средам наибольшую чувствительность имеют бетоны, силикатный кирпич, известняк, а к щелочным средам – красный кирпич, керамические изделия. Коррозионная стойкость некоторых каменных материалов в различных средах приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Коррозионная стойкость некоторых каменных материалов

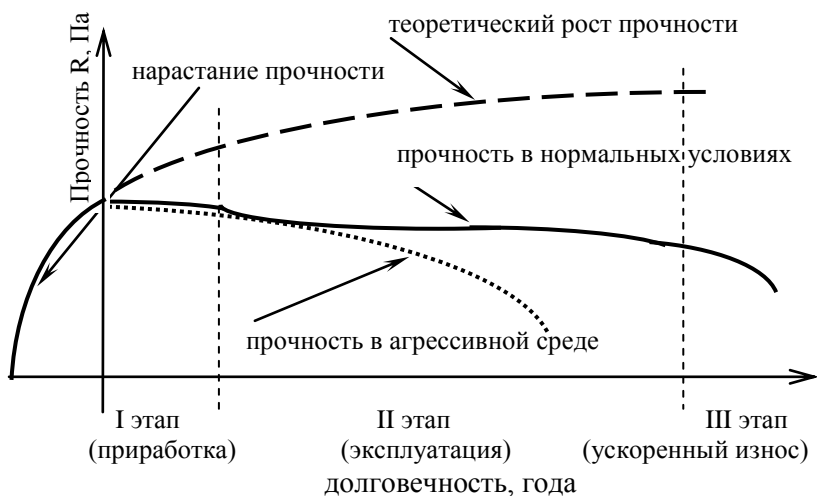
Группа материалов	Стойкость к:		
	воде	щелочам	кислотам
бетоны на портландцементе, растворы и штукатурки, асбоцемент, силикатный кирпич, известняк, доломит, мрамор	+	+	-
бетоны, растворы на жидком стекле	+/-	-	+
гранит, кварц, базальт	+	+/-	+
кирпич рядовой и огнеупорный, керамические плитки, трубы	+/-	-	+/-

*Примечание:* + хорошая стойкость; +/- удовлетворительная стойкость; - низкая стойкость.

Значительное влияние на скорость развития коррозии оказывают структура материала, характер пористости, плотности, размеры и форма пор и капилляров в материале. Так, известно, что пористость бетона составляет в среднем 10-15%, кирпича 5-35%, известняка 15-30%. Существуют открытые поры, через которые происходит быстрое насыщение конструкции водой, и закрытые поры, в которые влага попадает только в результате капиллярного подсоса.

Бетон является сложным искусственным материалом. Прочность бетона повышается со временем за счет гидратации зерен цемента. Наличие контакта с агрессивной средой приводит к тому, что прочность со временем снижается. Для плотности и коррозионной стойкости бетона большое значение имеет также величина водно-цементного отношения. С увеличением количества воды повышается проницаемость бетонной конструкции и повышается вероятность ее фильтрации через конструкцию.

Зависимость прочности бетона от условий эксплуатации представлена на рис. 3.15.



**Рис. 3.15.** Изменение прочности бетона в процессе эксплуатации.

Попеременное увлажнение и высыхание конструкции в процессе эксплуатации приводит к деформации и разрушению материала за счет того, что при высыхании происходит усадка материала, при повторном увлажнении – его набухание, расклинивание пор водой.

### **Увлажнение каменных конструкций**

Наибольшее влияние на износ каменных конструкций оказывает водная среда. Однако влияние влаги на процесс разрушения каменных конструкций является сложным процессом. С одной стороны, вода представляет собой поверхностно-активное вещество и ускоряет разрушение, с другой стороны она растворяет агрессивные компоненты окружающей среды и действует как химически активная среда.

В зависимости от вида связи с материалом различают:

- химически связанную влагу (вода, используемая при изготовлении бетона, связанная в химических соединениях в кристаллической решетке);
- адсорбционно-связанную влагу (вода в поверхностном слое материала, которая связывает осажденные на поверхности частицы и вещества);
- капиллярную влагу (вода в капиллярах, причем, чем меньше диаметр капилляра, тем ниже температура замерзания, поэтому конструкция даже при отрицательных температурах будет увлажнена);
- свободную влагу (вода, которая заполняет крупные пустоты и поры и удерживается в них гидростатическими силами, поэтому свободная влага легко удаляется из материала конструкции при высушивании).

Часто в процессе эксплуатации уже по внешним признакам можно определить причины увлажнения конструкции с тем, чтобы их устранить и предотвратить ее дальнейшее разрушение. Например, сырая поверхность стен подвала, первого этажа с характерным запахом сырого помещения – это признак капиллярного подъема грунтовой влаги вследствие нарушения или отсутствия горизонтальной гидроизоляции стен. Если в наличии сплошная, медленно убывающая сырость стен, то это свидетельство наличия строительной влаги, превышающей норматив-

ные значения. Для ее устранения необходима сушка стен. Отдельные влажные пятна на поверхности стены говорят о том, что идет коррозионный процесс. Мокрые полосы по телу конструкции в панельных домах свидетельствуют об увлажнении через т.н. мостики прочности (в трехслойных панелях), которые являются зонами промерзания.

Знакопеременные температуры также приводят к деформациям в материале конструкции. Максимально интенсивно коррозия в конструкции развивается при наличии всех факторов, т.е. увлажнении, наличии агрессивных компонентов, наличии знакопеременных температур и пр.

### **3.2.2. Механизм протекания коррозионного процесса в каменных конструкциях**

По механизму протекания различают химическую, физическую и биологическую коррозию каменных материалов. Вид коррозионных процессов зависит от местоположения конструкции и характера среды. Так, подземные конструкции подвергаются всем видам коррозии, а надземные – преимущественно – физической, физико–химической коррозии.

#### **Физическая коррозия**

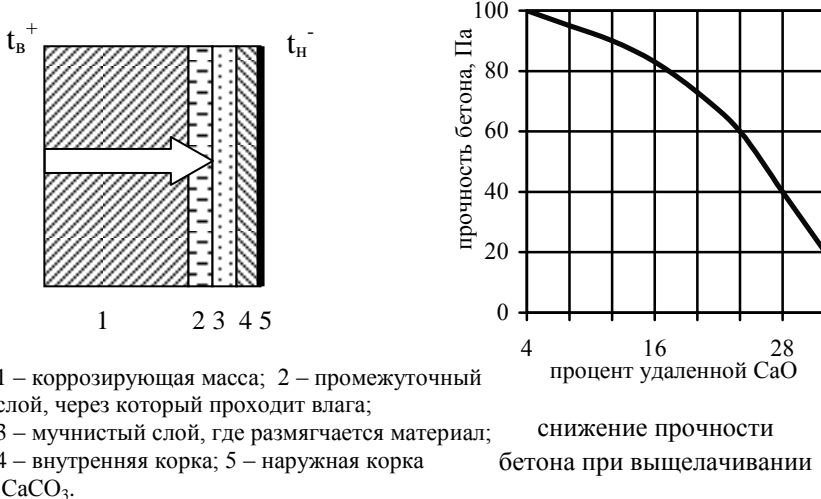
Физическая коррозия (коррозия первого типа) обусловлена таким свойством каменных материалов, как пористость, наличие капилляров, а также присутствием влаги в материале. Физическая коррозия происходит при воздействии на материал строительной конструкции знакопеременных температур и интенсивной фильтрации пресной влаги через тело конструкции, и включает в себя физические процессы растворения цементного камня.

С одной стороны, при замерзании влаги в закрытых порах повышается внутреннее давление, что приводит к росту напряжения в материале и его механическому разрушению. С другой стороны, при фильтрации воды через материал каменной конструкции происходит процесс выщелачивания растворимых связующих фракций и карбонизации бетона. *Выщелачивание бетона* – это коррозия бетона в результате растворения и вымывания из него растворимых составных частей. *Карбонизация бетона* –

это процесс взаимодействия цементного камня с углекислым газом, приводящий к снижению щелочности жидкой фазы бетона.

Известно, что в портландцементе содержится порядка 64-68% извести, 21-24% кремнезема, 4-7% глинозема, 1-3% окиси железа. Под действием воды, которая фильтруется через бетонную конструкцию, происходит химическая реакция вымываемых на поверхность растворимых минералов (как правило, оксида и гидроксида кальция) с компонентами окружающей среды.

Часть материала растворяется в воде, образуя т.н. мучнистый (рыхлый) слой, где происходит наиболее активное разрушение. Растворенные вещества мигрируют вдоль наружного слоя конструкции. Если скорость фильтрации соизмерима со скоростью испарения влаги, то на поверхности конструкции образуется защитный слой как результат химического взаимодействия выносимого вещества с химическими составляющими атмосферы (рис. 3.16):



**Рис. 3.16.** Механизм коррозии бетонной конструкции.

По мере выщелачивания прочность бетона значительно снижается, а при наличии в воде химически активных веществ, кор-

розионный процесс ускоряется. *Внешние признаки проявления коррозии* – появление высолов, т.е. белесых пятен на поверхности конструкции.

Во многих случаях при отсутствии постоянного увлажнения карбонатная оболочка является самозащитой конструкции. Поэтому не стоит без изучения ее состояния и выработки мер защиты удалять защитные корки.

Часто физическая коррозия возникает на стыке двух материалов, имеющих разную плотность. Например, при стыке известняка и песчаника, быстрее разрушается песчаник. Известняк с более крупными порами быстрее впитывает влагу и отдает ее плотному песчанику, имеющему мелкие поры. Соли, растворенные в известняке и привнесенные в песчаник, кристаллизуются и создают поровые напряжения.

Аналогичные явления происходят в швах каменной кладки при использовании раствора более плотного состава, чем материал кладки. В этом случае раствор в швах кладки быстро разрушается и выветривается. Одновременно разрушается кирпич по кромкам примыкания к раствору, т.к. в нем скапливается избыточная влага, не успевшая мигрировать в раствор.

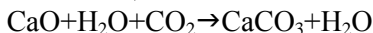
Устройство плотных штукатурок на фасаде приводит к скоплению влаги между штукатурным слоем и каменной конструкцией, поскольку миграция влаги в конструкции происходит в сторону низких температур. При замерзании влаги возникают напряжения, разрушающие штукатурный и поверхностный слой кладки. Поэтому для фасадов обычно используют известково-песчаные растворы, имеющие схожий с каменными кладками коэффициент воздухопроницаемости для беспрепятственного удаления мигрирующей влаги.

### **Химическая коррозия**

Коррозионный процесс каменных материалов связан, как было сказано выше, непосредственно с их увлажнением, избежать которое невозможно из-за особенностей структуры материалов, их пористости. Разница физической и химической коррозии заключается в составе влаги, проникающей в материал. Так, под воздействием пресной влаги протекает физическая коррозия, а

под воздействием коррозионно-агрессивной влаги – химическая (коррозия второго типа).

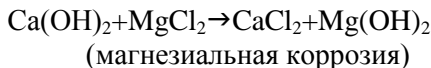
Таким образом, химическая коррозия происходит под воздействием агрессивных компонентов окружающей среды (воды, воздуха, грунта), а именно кислот, щелочей, солей. Они вступают в химическую реакцию с составляющими цементного камня. При этом происходит процесс естественного вымывания, т.е. выноса цементирующих составляющих на поверхность конструкции, и образования продуктов коррозии, не обладающих вяжущими свойствами. Например, под воздействием избыточной углекислоты сначала происходит образование на поверхности конструкции карбоната кальция:



Затем в кислой среде равновесие смещается и происходит дальнейшая реакция, при которой карбонатная оболочка растворяется, а образующийся дикарбонат кальция легко вымывается водой:



Весьма агрессивно воздействуют на бетоны хлориды и сульфаты. Они не только интенсивно разрушают бетон, но и приводят к интенсификации коррозии арматуры и закладных металлических элементов:



Магнезиальная коррозия является типичным примером коррозии второго типа. Гидроксид магния мало растворим в воде, поэтому химическая реакция происходит до тех пор, пока не будет израсходован весь гидроксид кальция.

Под воздействием химически активных веществ, растворенных в порах каменных конструкций, происходит также их *осмотическое разрушение*. В порах вода поднимается вверх по конструкции и образует растворы неодинаковой концентрации. Поры, расположенные рядом, разделены стенками, проницаемыми для воды и непроницаемыми для растворенного вещества. Стремясь выровнять концентрацию, т.е. разбавить более насыщенный раствор, влага проходит через толщу материала из области более низкой концентрации в область более высокой концентрации, распространяясь по телу конструкции. Если поры,

имеющие высокую концентрацию, замкнуты, то возникает осмотическое давление, приводящее к местным напряжениям и разрушениям.

### **Разрушение каменных материалов при кристаллизации солей**

Коррозия третьего вида вызывается проникновением в бетон растворов солей и других соединений и кристаллизацией продуктов реакции в порах материала с большим увеличением объема твердой фазы (рис. 3.17).

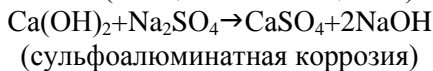


**Рис. 3.17.** Кристаллизационное разрушение бетона.

В каменном материале малорастворимые кристаллизующиеся соли накапливаются в результате:

- химической реакции взаимодействия составляющих цементного камня с окружающей средой;
- приноса солей из воды.

Типичным примером коррозии третьего вида является взаимодействие бетона с растворами сульфатов, которые вступают в реакцию с цементирующим веществом кладки и образуют нерастворимые кристаллы (т.н. цементо—бациллы):



Кристаллизация этих продуктов создает внутренние напряжения, приводящие к повреждению структуры бетона.

Процесс кристаллизации может протекать со значительной скоростью и в течение нескольких лет после ввода в эксплуатацию конструкция может разрушиться. *Внешние признаки проявления кристаллизации* – сульфатная коррозия бетона проявляется в виде разбухания и искривления конструктивных элементов.



### **3.2.3. Методы защиты каменных конструкций от коррозии**

При выборе методов антикоррозионной защиты каменных конструкций следует учитывать следующие факторы:

- гидрогеологические условия (прочность грунтов, их деформативность, водопроницаемость, влажность);
- условия обводнения конструкций (уровень грунтовых вод);
- свойства материала конструкций, от которых зависит способность конструкции к увлажнению;
- степень и характер агрессивности среды.

Для антикоррозионной защиты и повышения долговечности каменных конструкций, и в частности бетона и железобетона, следует применять первичную, а также вторичную защиту.

К первичной защите относятся:

- применение материалов для бетона и железобетона, стойких к воздействию агрессивной среды;
- применение добавок, повышающих коррозионную стойкость бетона и его защитную способность по отношению к стальной арматуре и стальным закладным деталям и соединительным элементам;
- снижение проницаемости бетона;
- соблюдение дополнительных расчетных и конструктивных требований при проектировании конструкций.

Вторичная защита каменных конструкций от коррозии заключается в следующем:

1. снижение агрессивности окружающей среды путем:

- использования защитных покрытий, препятствующих насыщению конструкции влагой;
- отвода вод (устройство дренажных систем).

2. повышение коррозионной стойкости поверхностного слоя конструкции путем:

- обработки поверхности, находящейся в контакте с агрессивными средами;
- инъектированием (нагнетанием растворов связующих компонентов в конструкцию).

Вторичная защита применяется в тех случаях, когда защита от коррозии не может быть обеспечена мерами первичной защи-

ты. Как правило, вторичная защита, требует возобновления во времени.

Выбор способа защиты должен производиться на основании технико-экономического сравнения вариантов с учётом заданного срока службы и расходов, включающих расходы на возобновление защиты, текущий и капитальный ремонты конструкций и другие, связанные с эксплуатацией затраты.

### **Гидроизоляционные покрытия**

Целью применения защитных покрытий является антикоррозионная защита каменных материалов, предотвращение распространения коррозии и проникновения влаги в толщу конструкции, а также придание поверхности эстетического вида.

Существует достаточное количество разновидностей современных защитных материалов, которые применимы в различных эксплуатационных условиях.

Например, уплотняющие пропитки применяют при периодическом увлажнении конструкции водой или атмосферными осадками, а также в качестве обработки поверхности до нанесения лакокрасочных покрытий.

Окрасочная защита применяется для защиты от капиллярного увлажнения, если условия работы конструкции допускают раскрытие трещин до 1 мм. Лакокрасочные покрытия наносят при эксплуатации конструкции в газообразных средах, лакокрасочные мастичные покрытия — при действии жидких сред, при непосредственном контакте покрытия с твердой агрессивной средой.

Обмазочные мастики после нанесения и высыхания образуют бесшовный резиноподобный слой. Недостатками таких покрытий являются сложность в выполнении и контроле технологии нанесения, недопустимость нанесения на влажную поверхность, содержание в мастиках растворителя, что затрудняет их применение в плохо проветриваемых помещениях.

Оклеенные основные покрытия применяют для конструкций, эксплуатируемых в жидких средах, в грунтах с постоянным обводнением и подпором воды до 2 м водяного столба. Они представляют собой сплошной водонепроницаемый ковер из рулонных или листовых материалов. Наносятся, как правило, напла-

лением или на мастиках. Повсеместное применение таких материалов объясняется традицией и невысокой стоимостью. К основным недостаткам следует отнести проблему качественной герметизации швов, низкую прочность, эластичность, хрупкость при отрицательных температурах, невозможность применения на влажных поверхностях.

Рулонные и мастичные материалы, создавая плотную защитную пленку, работают отдельно от защищаемой конструкции, что приводит в дальнейшем к отслоению с потерей ими своего функционального назначения. При работе с ними необходимо, чтобы защищаемая поверхность была сухой, отсутствовали открытые течи и приток воды по швам и стыкам.

Штукатурная гидроизоляция применяется против капиллярного увлажнения, при условии недопущения в конструкции наличия трещин. Водонепроницаемость этих материалов сильно зависит от толщины нанесенного слоя. Такую гидроизоляцию нельзя использовать для изоляции конструкции, состоящей из сборных элементов (например, фундаментных блоков), поскольку возможные сдвиги этих элементов приведут к появлению трещин в гидроизоляционном слое и его отслоению. Для связи штукатурной гидроизоляции с несущей поверхностью необходима тщательная ее подготовка.

Жесткая гидроизоляция (в виде полимерных, металлических листов) применяется в особо ответственных случаях, если конструкция по условиям работы исключает возможность образования трещин.

Биоцидные материалы необходимо использовать при защите каменных конструкций от воздействия бактерий, грибов, микроорганизмов.

Перед нанесением гидроизоляционных покрытий необходимо ликвидировать повышенную влажность конструкций.

В таблице 3.2. представлена методика выбора защитных гидроизоляционных покрытий в зависимости от характеристик и особенностей среды эксплуатации.

### **Устройство дренажных систем**

Устройство подземной водосточной системы – кольцевого дренажа вокруг здания – является одним из мероприятий по улучшению влажностного режима в заглубленных помещениях

здания. Дренажная система представляет собой линии труб, уложенных вдоль здания на расстоянии около двух величин их заглубления под уклоном от 0,002 (рис. 3.18).

Таблица 3.2.

Выбор типа изоляционного покрытия

Требования к изоляции	Изоляция												
	торкрет-штукатурка		битумная			битумно-полимерная			асфальтовая			полимерная	
	на цементе	с полимерн. добавками	окрасочная	пропиточная	оклеечная	окрасочная	пропиточная	оклеечная	холодная	горячая	горячая ли-тая	окрасочная	оклеечная
По величине напора													
противокапиллярная	-	-	+	-	-	++	-	-	+	=	-	-	-
нормальная (напор до 10 м)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	+	=
усиленная (напор более 10 м)	+	++	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
при работе на отрыв	+	++	-	+	анк	-	+	анк	++	-	анк	++	++
По условиям производства работ													
строительная площадка	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
зимние условия	с	с	с	+	с	с	с	с	с	с	++		с
По химической агрессивности среды													
выщелачивающая	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	=	=
общекислотная	-	-	+	+	+	+	+	+		++с	++	++	++
углекислотная	+	+	+	+	+	+	+	+	с	+	+	+	+
магнезиальная	-	+	+	+	+	+	+	+	с	+	+	+	+
сульфатная	-	+	+	+	+	+	+	+	с	+	+	+	+
нефтехимическая	окр	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++

Примечания:

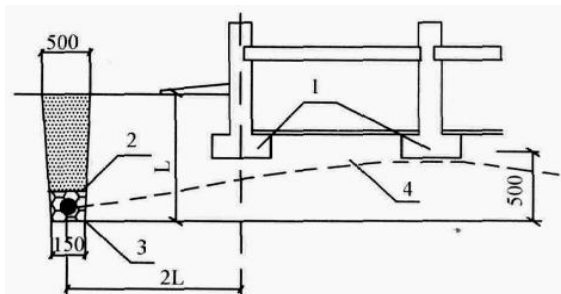
1. Покрытие выдерживает напор до 3 м.

2. Покрытие выдерживает напор до 5 м.

Условные обозначения:

++ имеет безусловное преимущество; + рекомендуется; - не рекомендуется; = возможно при экономическом обосновании; с - со специ-

альным подбором состава; защ. - со специальным защитным ограждением; окр. - с дополнительной окраской поверхности; анк. - с анкерровкой.



1. фундаменты; 2. дренажная труба с уклоном 0.002 в сторону водосточного колодца; 3. фильтрующий слой из щебня; 4. компрессионная кривая снижения уровня подземных вод

**Рис. 3.18.** Устройство кольцевого дренажа вокруг здания.

Заглублять трубы надо ниже уровня пола осушаемого помещения на 0,3-0,5 м, чтобы учесть компрессионную кривую, т.е. обеспечить более низкий уровень грунтовых вод в середине расстояния между линиями дренажа. Для дренажа обычно применяют перфорированные керамические или асбоцементные трубы диаметром до 200 мм, укладывая их в фильтрующем слое из щебня.

В случае высокого уровня подземных вод (выше пола подвала) можно устраивать систематический дренаж в подвале здания (рис. 3.19).



1. осушаемая стена; 2. исходный уровень грунтовых вод; 3. понижаемый уровень грунтовых вод; 4. дрены-собиратели; 5. дрены-осушители (врезаны в дрена-собира-тель); 6. приямок; 7. выводной коллектор; 8. отмостка; 9. пол подвала; 10. решетка приямка.

**Рис. 3.19.** Устройство дренажа в подвале здания.

## **Обработка поверхности каменной конструкции**

Обработку поверхности можно разделить на две группы – механическую и химическую.

Механический способ заключается в полировке поверхности, в результате которой она уплотняется, поры материала заполняются мелкодисперсными частицами, при этом происходит снижение пористости поверхности.

Торкретирование – это нанесение на очищенную поверхность конструкции цементно-песчаного раствора состава 3:1 или 2:1 под давлением до 6 атмосфер при помощи специального пистолета-распылителя с компрессором (торкрет-пушки).

В зависимости от требуемой толщины слоя, обработку поверхности могут выполнять до четырех раз. Толщина одного слоя порядка 5-15 мм, а при необходимости увеличения толщины защитного слоя применяется армирующая сетка. Этот метод может использоваться также для утепления стен.

При химическом способе выполняется обработка поверхности реактивами, жидкостями, растворами (проникающая гидроизоляция). Принципиальное отличие этих материалов от вышеперечисленных, состоит в том, что они работают не сами по себе, а заставляют работать материал конструкции, делая его водонепроницаемым. Принцип действия этих материалов заключается в проникновении химически активных веществ в капиллярно-пористую структуру защищаемой конструкции, где, взаимодействуя с ее компонентами, они образуют нерастворимые кристаллы, заполняющие поры материала конструкции.

Достоинства проникающей гидроизоляции в том, что материалы проникающего действия по составу родственны материалу конструкции, обеспечивают высокую адгезию с защищаемой поверхностью, делают ее водонепроницаемой на глубину до 100 мм, сдерживают коррозию, а инфильтрация грунтовых вод не является препятствием к производству работ. Данный способ может использоваться как снаружи, так и внутри помещения. Недостатком является необходимость тщательной подготовки поверхности, а также производство работ возможно при температуре не ниже +5°C.

Если рассмотреть способы гидроизоляции подвальной части здания, то восстановление нарушенного внешнего гидроизоля-

ционного слоя очень дорогостоящее и трудоемкое мероприятие. И главное нет гарантии того, что выявлены все нарушения гидроизоляционного покрытия, и течь не возобновится. Поэтому широкий круг гидроизоляционных материалов, которые могут быть использованы для гидроизоляции заглубленных конструкций, сужается. Традиционные типы гидроизоляционных материалов не могут работать при отрицательном давлении, т.е. при нанесении на внутреннюю поверхность они могут выдерживать давление воды изнутри подвальной части, но в случае поступления воды в подвал через стены и пол происходит отслоение и разрушение гидроизоляционного слоя.

Флюатирование представляет собой обработку поверхности химически активными составами, благодаря которым растворимые составляющие вступают в реакцию, образуя нерастворимые соли. В большинстве каменных конструкций присутствует  $\text{CaCO}_3$ . Для обработки используют кремнийфтористый водородный компонент. В результате химической реакции взаимодействия с компонентами бетонной конструкции получают  $\text{SiO}_2$  – нерастворимое вещество, заполняющее поры и создающее защитную поверхность.

Силикатизация заключается в обработке поверхности жидким стеклом и хлористым кальцием для получения нерастворимых веществ, создающих более плотную поверхность.

Поверхностная гидрофобизация представляет собой нанесение на поверхность, в ручную или механизированным способом (распылением под давлением), гидрофобных кремнийорганических растворов (ГКЖ) на водной или спиртовой основе. Они создают на поверхности водостойкую и паропроницаемую пленку. По правилам технической эксплуатации неоштукатуренные кирпичные поверхности необходимо обрабатывать ГКЖ через каждые 4-5 лет, т.е. при проведении плановых текущих ремонтов, нанося их на сухую чистую поверхность.

Любой из перечисленных методов обработки поверхности каменной конструкции должен исключать создание наружного паронепроницаемого покрытия для того, чтобы водяные пары могли свободно испаряться из материала строительной конструкции.

## Инъектирование

Для нагнетания растворов в конструкцию используют различные составы: цемент (цементация), жидкое стекло (силикатизация), битумные растворы (битумизация), полимерные карбомидные смолы с отвердителями (смолизация), гидрофобные составы (объемная гидрофобизация) и т.д.

Технология тампонирования заключается в закачивании раствора в толщу конструкции через специальные дренажные трубки. Они устанавливаются в отверстия, просверленные в конструкции. Состав заполняет поры, неплотности, капилляры, трещины, создавая непроницаемый гидрофобный слой.

### 3.3. Коррозия деревянных конструкций

*Коррозия деревянных конструкций* – это разрушение структуры древесины при воздействии агрессивной среды.

Древесина в условиях слабоагрессивной среды является достаточно долговечным и прочным строительным материалом, обладающим рядом положительных свойств:

- прочностью (прочность на изгиб и сжатие до 16 МПа, на растяжение до 12 МПа);
- высокой стойкостью в слабоагрессивной среде;
- хорошим восприятием ударных и вибрационных нагрузок;
- небольшим объемным весом;
- малым коэффициентом линейного расширения (не требуется устройство деформационных швов);
- высокой теплозащитой за счет малой теплопроводности (коэффициент теплопроводности у сосны  $0,14 \text{ Вт/м}^2\cdot^\circ\text{C}$ , у дуба  $0,18 \text{ Вт/м}^2\cdot^\circ\text{C}$ ), а следовательно обеспечивается дополнительное теплосбережение;
- легко подвергается обработке, следовательно, можно придать любую форму.

Наряду с достоинствами, конструкции из дерева имеют определенные недостатки:

- возгораемость;
- подверженность гниению в определенных температурно-влажностных условиях (коррозия древесины);



- гигроскопичность (проницаемость для влаги), вследствие чего происходит набухание, а при высыхании растрескивание;
- неоднородное строение (сучки, косослой и т.д.).

Для нормальной эксплуатации деревянных конструкций необходимо обеспечивать определенный температурно-влажностный режим в помещениях, где они эксплуатируются.

В процессе эксплуатации контролируется влажность деревянных конструкций. Необходимо учитывать, что в зимний период допустимое значение увеличения влажности составляет в среднем 5-10%.

Таблица 3.3.

Допустимая величина влажности древесины

Материал	Объемный вес, кг/м <sup>3</sup>	Допустимая влажность, %	
		Начало зимнего сезона	Конец зимнего сезона
Дуб	700	24-25	30-35
Сосна	600	20-22	25-30
Береза	500	18-20	22-24
Осина	400	16-17	18-20

Изменение содержания влаги в древесине вызывает появление напряжений, связанных с изменением объема материала. Трещины от усушки ослабляют болтовые соединения, снижают несущую способность, способствуют скалыванию во врубках.

Различают несколько видов разрушения древесины. Это коррозия в кислотно-щелочных средах (химическая коррозия), гниение (поражение грибами), плесневая коррозия, поражение насекомыми, а также химические, механические и температурные повреждения.

### 3.3.1. Условия, способствующие разрушению деревянных конструкций

Интенсификация разрушения деревянных конструкций происходит при сочетании следующих эксплуатационных условий:

- влажность древесины 25-70%;
- температура от -3 до +40°C;
- застойный воздух;
- наличие грибных спор (практически повсеместно);

- неправильное чередование или отсутствие некоторых слоев в многослойной конструкции;
- недостаточная теплозащита ограждающих конструкций;
- применение сырой, не антисептированной древесины;
- закупорка элементов (например, торцов балок);
- увлажнение конструкций в ходе строительства и эксплуатации;
- нарушение температурно-влажностного и вентиляционного режима в помещениях.

### **3.3.2. Виды разрушения древесины**

#### **Химическая коррозия деревянных конструкций**

Основным показателем агрессивности окружающей среды является величина pH. В кислой среде при  $\text{pH} < 7$  разлагаются нити целлюлозы древесины, и теряется ее прочность, а в щелочной среде при  $\text{pH} > 7$  растворяется основное связующее вещество древесины – лигнин, составляющее 20-30% от общей массы, и частично целлюлоза.

Хвойные породы являются более стойкими к растворам кислот и щелочей за счет наличия смол. Интенсивность воздействия кислот и щелочей возрастает с повышением температуры.

#### **Гниение древесины**

Несмотря на долговечность древесины, деревянные конструкции подвергаются биологическому разрушению, происходящему вследствие ее гниения, которое наносит наибольший ущерб и является результатом жизнедеятельности дереворазрушающих грибов. Грибы подразделяют на две основные группы:

- паразиты, поражающие живую древесину;
- сапрофиты, поражающие мертвую древесину.

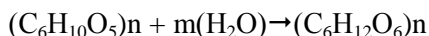
Гниение – это биологический процесс, медленно протекающий во влажной среде при температуре от  $0^{\circ}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Благоприятными условиями для развития гниения является неподвижность воздуха, т.е. отсутствие проветривания.

Заражение деревянных конструкций спорами дереворазрушающих грибов происходит повсеместно – одно созревшее плодовое тело выделяет десятки миллиардов спор. Непосредственное разрушение производят невидимые невооруженным глазом

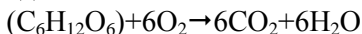
грибные нити (гифы) толщиной 5-6 мм, проникающие в толщу древесины.

Различают более 1000 разновидностей дереворазрушающих грибов. В зданиях наиболее часто встречаются настоящий домовый гриб (*Merulius lachimans*), белый гриб (*Poria voragaria*) и др.

Питательной средой для грибов служит целлюлоза древесины. Микроорганизмы выделяют особый фермент – цитазу, которая переводит нерастворимую целлюлозу в растворимую глюкозу:



Глюкоза окисляется кислородом воздуха с образованием диоксида углерода и воды:



Различают два основных типа гниения деревянных конструкций: деструктивное и коррозионное.

При деструктивном (трухлявом) гниении разрушается целлюлоза, древесина растрескивается и превращается в отдельные призмы. *Внешние признаки проявления деструктивной гнили* – потемнение древесины и образование продольных и поперечных трещин на пораженных поверхностях. Эти трещины являются важным диагностическим признаком. На начальной стадии гниения древесина приобретает желтоватый оттенок. Далее становится более темной и менее твердой. В заключительной стадии приобретает темно-коричневый цвет, заметно теряет в массе и объеме, покрывается взаимно перпендикулярными трещинами. Древесина при этом теряет прочность, растрескивается, крошится, легко растирается в пыль.

Коррозионное (нитевидное) гниение представляет собой разрушение лигнина, при котором образуется масса несвязанных между собой волокон древесины. *Внешние признаки проявления гниения* – высветление древесины. На начальной стадии пораженные участки имеют вид бледно-желтых или бледно-коричневых полосок и пятен. Во второй стадии пятна увеличиваются, на них появляются белые штрихи вдоль волокон. В заключительной стадии в местах белых высветлов образуются углубления, древесина становится мягкой, легко расщепляется на отдельные волокна, не крошась и сохраняя вязкость, несколько уменьшается в объеме.

## **Плесневая коррозия**

Развитие на деревянных конструкциях даже безвредных плесеней является угрожающим признаком возможности развития также и грибов – разрушителей древесины, так как условия, способствующие развитию плесени, схожи с условиями развития дереворазрушающих грибов, споры которых всегда имеются в воздухе в достаточном количестве для заражения древесины.

Плесень сама по себе не имеет практического значения, как разрушитель древесины, она растет на ее поверхности и питается веществами, содержащимися в древесной клетке или пылевыми загрязнителями. Прочность деревянной конструкции при этом не снижается. Плесень вызывает изменение цвета и разрушение лакокрасочных покрытий. Типичным представителем является грибок синевы. Наличие плесневой коррозии определяется визуально. *Внешние признаки проявления плесневого поражения древесины* – изменение цвета древесины, в заключительной стадии наличие поражающих грибков и грибниц в виде мха разного цвета.

Общими признаками поражения древесины грибами являются:

- спертый грибной запах в помещении;
- изменение цвета конструкции;
- наличие грибных образований на поверхности конструкции (грибниц, пленок, плодовых тел);
- потеря прочности, высыхание, растрескивание;
- глухой звук при простукивании конструкции.

## **Разрушение деревянных конструкций насекомыми**

Помимо поражения древесины дереворазрушающими грибами в процессе эксплуатации преждевременный износ деревянных элементов может быть вызван разрушительным действием насекомых, преимущественно жуков (дровосеки, долгоносики, точильщики, термиты), а также перепончатокрылых (рогохвосты), чешуйчатокрылых (бабочки), ложносетчатокрылых (термиты), ракообразных (морской рачок, мокрица).

В большинстве случаев насекомые, закончив цикл развития во влажной древесине, после высыхания вторично ее не заселяют. Основными вредителями древесины являются не сами насе-

комые, а их личинки, которые питаются древесиной, прогрызают в ней ходы различных размеров (диаметром от 1 до 10 мм), превращая ее в труху.

В зависимости от глубины повреждения червоточины условно подразделяются на:

- поверхностные, проникающие в тело конструкции на глубину не более 5 мм;
- неглубокие (на глубину до 15 мм);
- глубокие (более 15 мм).

Для борьбы с насекомыми необходимо:

- проводить тщательный отбор древесины для деревянных конструкций, поступающих со склада;
- вывозить заготовленную древесину из леса до начала периода лета жуков;
- не использовать зараженную вредителями древесину для деревянных конструкций и т.д.

Общими признаками наличия жуков-древоточцев являются:

- наличие летных отверстий и выпадение из них бурой мучной массы;
- глухой звук при простукивании;
- шум в конструкции.

### **3.3.3. Методы защиты деревянных конструкций от коррозии**

Решение по восстановлению деревянных конструкций принимается после проведения детального, инженерно-технического обследования всех строительных конструкций здания или сооружения. В процессе обследования в первую очередь следует выявить дефекты, которые могут вызвать обрушение конструкций, а именно:

- поражение древесины в сильной степени грибковой гнилью или дереворазрушающими насекомыми;
- разрывы полные или частичные растянутых элементов (поясов, раскосов, стоек и т.д.);
- трещины в древесине ответственных частей конструкций (узлы, стыки);
- значительные деформации сжатых и изогнутых конструкций и их элементов.

Для предотвращения обрушения конструкций, находящихся в аварийном состоянии, обязательна подготовка временных подпирающих стоек, балок. Поскольку размеры и характер усиливаемых элементов очень разнообразен, выбор того или иного способа усиления, а также сечения элементов усиления (профилей, болтов, накладок и т.д.) определяется в проекте на усиление конструкций.

Существуют конструктивные и химические методы защиты древесины от коррозии.

Чтобы избежать гниения древесины, на стадии возведения сооружения необходимо:

- предохранять древесину от непосредственного увлажнения атмосферными осадками и грунтовыми водами;
- обеспечить достаточную теплоизоляцию (с холодной стороны) и пароизоляцию (с теплой стороны) стен, покрытий и других ограждающих конструкций отапливаемых зданий для предупреждения их промерзания и конденсационного увлажнения;
- обеспечить систематическую просушку древесины и заполнителей путем создания осушающего температурно-влажностного режима.

С точки зрения коррозии, гниения наиболее опасными являются скрытые места (заделки балок в стены, подпол и т.д.) В связи с этим необходимо применять следующие конструктивные меры защиты:

- несущие деревянные конструкции следует проектировать открытыми, хорошо проветриваемыми, доступными для осмотра, располагать целиком либо в пределах отапливаемого помещения, либо вне его, так как конденсат образуется в элементах с переменной температурой по их толщине или длине;
- не следует применять бесчердачные деревянные покрытия над помещениями с относительной влажностью более 70%;
- не следует применять деревянные перекрытия в санитарных узлах и других влажных помещениях каменных зданий;
- деревянные части необходимо отделять от каменной кладки гидроизоляционными материалами.

Защита древесины от увлажнения обеспечивается лакокрасочными покрытиями, препятствующими проникновению в

древесину атмосферной влаги и водяных паров. Такая защита имеет непродолжительный срок вследствие недолговечности лакокрасочных покрытий, в качестве которых используют полимеры для изготовления лаков, красок, эмалей. Они обладают свойствами образовывать покрытия толщиной в несколько десятков микрон, которые защищают древесину от влияния внешней среды. Также используют перхлорвиниловые эмали, пентафталевые эмали, уретано-алкидную эмаль, перхлорвиниловый лак, а также органосиликатные, кремнийорганические и другие эмали, которые не только защищают древесину от увлажнения, но и снижают ее возгораемость и являются токсичными по отношению к домовым грибам.

Биологические процессы разрушения деревянных конструкций можно предотвратить путем химической защиты древесины – антисептической пропитки или покрытия малыми дозами ядохимикатов. Химические средства, предназначенные для защиты древесины от поражения грибами, называют фунгицидами, а от поражения насекомыми – инсектицидами.

Обязательному антисептированию подвергаются концы деревянных балок, накаты перекрытий, полы и балки в санузлах.

Антисептическая защита необходима, когда:

- древесина или соприкасающиеся с ней материалы имеют значительную начальную влажность и быстрое просушивание их в конструкции затруднительно;
- конструктивными мерами нельзя устранить постоянное или периодическое увлажнение деревянных элементов;
- при ремонтных и восстановительных работах в зданиях и сооружениях, в которых обнаружено развитие дереворазрушающих грибов и насекомых.

Антисептирование древесины проводится различными методами в зависимости от назначения здания, вида конструкций, степени влажности древесины: поверхностной обработкой, пропиткой, диффузным методом, покрытием антисептическими пастами, сухим антисептированием, а также химическим консервированием, которое основано на введении в древесину химических ядов. Например, для обработки горизонтально расположенных деревянных элементов и пропитки складываемых лесоматериалов применяют метод сухого антисептирования. Для

этого антисептик смешивают с увлажненными опилками (влажность опилок 30-40%), используемыми в качестве балласта от выветривания.

Антисептики подразделяются на следующие группы:

- антисептики, применяемые в водных растворах;
- антисептические пасты на основе водорастворимых антисептиков;
- антисептики, используемые в органических растворителях;
- маслянистые антисептики.

Антисептики, применяемые в водных растворах, предназначены для защиты тех деревянных конструкций, которые в период эксплуатации будут защищены от увлажнения и вымывающего действия воды.

Антисептические пасты на основе водорастворимых антисептиков применяются для защиты деревянных конструкций, находящихся в условиях повышенной влажности. При этом открытые, соприкасающиеся с землей конструкции, обрабатываемые такими пастами, должны защищаться от вымывающего действия гидроизоляционными обмазками

Антисептики на органических растворителях – нефтепродуктах, служат для защиты наружных конструкций.

Маслянистые антисептики используются для защиты открытых конструкций, а также конструкций, находящихся в земле и воде.

Антисептики должны удовлетворять требованиям токсичности к грибам и насекомым, обладать способностью проникновения в древесину, устойчивостью к вымыванию, быть безвредными для людей.

Перед обработкой конструкции антисептиками обязательно удаляют все пораженные грибами участки древесины до здоровых слоев. В очагах гнили независимо от степени поражения удаляют как пораженную часть, так и здоровые участки на 0,5 м вокруг, которые затем выносят и сжигают. Оставшиеся элементы тщательно очищают, удаляют остатки грибковых образований со здоровых участков, каменной кладки, металлических элементов. После чего деревянные конструкции восстанавлива-



ют. Обработанные элементы просушивают до равновесной влажности.

Поверхности всех находящихся в зоне поражения каменных, металлических конструкций также очищают от грибковых образований, а затем прокаливают паяльной лампой и обрабатывают антисептиками.

### **3.4. Коррозия конструкций из полимерных материалов**

Полимерные материалы применяют в качестве отделочных, изоляционных материалов, в конструкциях полов, кровельных покрытий, для изготовления трубопроводов и т.д.

Полимеры получают полимеризацией, которая является процессом соединения большого числа одинаковых молекул низкомолекулярного вещества (мономера) к активному центру, находящемуся на конце растущей цепи. Мономеров может быть как один, так и много. Процесс коррозии определяется свойствами микроструктуры полимерного материала.

Полимерные материалы подвержены процессу *деструкции*, т.е. разрыву молекулярных связей. При разрушении изменяются их физические и химические свойства.

*Внешние признаки проявления деструкции* – потеря эластичности, хрупкость, жесткость, ломкость, снижение прочности. Эти изменения называются старением.

Деструкция происходит под воздействием разнообразных факторов окружающей среды. Наибольшее влияние на старение полимерных материалов в процессе эксплуатации оказывают кислород, солнечное излучение, влага, температурные колебания.

Скорость старения зависит от чувствительности полимерного материала к воздействию перечисленных факторов, от интенсивности последних, а также от состава полимера.

В зависимости от состава главной цепи макромолекул полимеры подразделяются на:

- гомоцепные полимеры, в макромолекулах которых главная цепь построена из одинаковых атомов;
- гетероцепные полимеры, в макромолекулах которых главная цепь содержит атомы различных элементов. Гетероцепные полимеры получают полимеризацией мономеров, содержащих кратные связи углерода с другим элементом.

- карбоцепные полимеры представляют собой разновидность гетероцепных полимеров, образованных атомами углерода, иногда с использованием заместителей, увеличивающих стойкость к агрессивной среде: фтора, хлора, бензола.

### **3.4.1. Виды деструкции полимерных материалов**

*Окислительная* деструкция происходит под воздействием кислорода. Молекулы кислорода присоединяются к звеньям молекул полимерного материала. В результате образуются окислительные группы – гидроксильные, карбоксильные, пероксидные и др. Скорость образования этих групп увеличивается с повышением температуры окружающей среды и под воздействием облучения светом (ультрафиолетовой его части).

*Механическая* деструкция характерна для конструкций, подвергаемых в процессе эксплуатации воздействиям внешних статических и динамических нагрузок, вследствие влияния которых в материале возникает локализация напряжения отдельных молекулярных связей, и они разрушаются.

*Термическая* деструкция происходит под влиянием высоких температур. При этом изменяется химический состав звеньев макромолекул, их перегруппировки, нарушение структуры материала. Термическая деструкция может привести к полному разложению элемента.

*Химическая* деструкция связана с воздействием агрессивных компонентов окружающей среды (воздуха, пара, грунта и пр.).

*Фотохимическая* деструкция возникает в результате воздействия агрессивных компонентов окружающей среды с участием света.

*Биологическая* деструкция вызвана воздействием микроорганизмов, которые используют для своей жизнедеятельности наполнители и пластификаторы, применяемые при изготовлении полимерных материалов. Дополнительные внешние признаки биологической деструкции – окраска полимерного материала в различные цвета, а также конденсация на поверхности конструкции влаги, выделяемой в процессе жизнедеятельности микроорганизмами.

*Радиационная* деструкция связана с воздействием излучений – рентгеновских, протонных, нейтронных и пр. Под воздействи-

ем излучений происходит ионизация отдельных звеньев макромолекул, электроны переходят на более высокие уровни и макромолекулы становятся неустойчивыми. Вследствие этого процесса разрушаются звенья полимерного материала. При этом деструкция может сопровождаться выделением газов (хлора, метана, азота), что является дополнительным внешним признаком этого вида деструкции.

### **3.4.2. Эксплуатационные характеристики некоторых полимерных и битумных материалов**

В строительной сфере применяется огромный ассортимент современных полимерных материалов – это полиэтилен, полистирол, полипропилен, поливинилхлорид (ПВХ), поливинилфторид (ПВФ), поливинилацетат (ПВА) и т.д.

Свойствами, влияющими на долговечность и качество эксплуатации конструкций из полимерных материалов, являются параметры рабочих температур, в интервале которых может быть использован тот или иной материал (тепло- и термостойкость), теплопроводность, устойчивость к воздействию света, механическая прочность, устойчивость к компонентам эксплуатационной среды и т.п.

Полиэтилен в строительстве применяется чаще всего для изготовления труб внутри здания. Эксплуатируется в зависимости от модификаций при температуре до  $+30^{\circ}\text{C}$ , морозостоек при температуре воздуха до  $-15^{\circ}\text{C}$ . Боится воздействия высоких температур и света. Разрушается обычно не в момент нагружения, а в результате длительных нагрузок в процессе эксплуатации.

ПВХ применяют при устройстве полов, отделки конструкций, изготовлении оконных блоков и т.д. По сравнению с другими материалами более коррозионностоек, устойчив к воздействию света, температур, является тяжелогорючим материалом, имеет высокую механическую прочность, работает в диапазоне температур от  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . Различают две разновидности продукции из этого материала – винипласт (жесткий материал) и пласткат (пластифицированный материал).

ПВФ даже без стабилизаторов обладает высокой атмосферостойкостью, практически не стареет под действием ультрафиоле-

товых лучей, является влагостойким и термостойким материалом. Ограниченное применение обусловлено высокой стоимостью.

Битумные и битумно-полимерные материалы традиционно используют в качестве кровельных и изоляционных материалов. Битумы представляют собой дисперсную смесь из масел, смол и асфальтенов – мицелл. В процессе эксплуатации, под действием окружающей среды масла и смолы улетучиваются, мицеллы притягиваются, повышая жесткость битума. В процессе старения битум становится хрупким и растрескивается.

Для защиты от старения битумные мастики необходимо предохранять защитными слоями (например, окрашивание алюминиевой краской для снижения воздействия солнечной радиации). При использовании наполнителей битумы повышают свою стойкость к кислотам и щелочам. Для защиты от разрушения микроорганизмами в состав битумов вводят антисептики.

### **3.4.3. Методы защиты полимерных конструкций от коррозии**

Различают конструктивные (обеспечение проектных условий эксплуатации, применение защитных покрытий) и химические (введение добавок) методы защиты полимерных конструкций.

Для обеспечения нормативного срока службы конструкций из полимерных материалов важнейшим является поддержание проектных условий эксплуатации – состава, температуры и влажности окружающей среды, режима освещения и радиационного облучения.

Защитные покрытия защищают полимерные материалы от агрессивных факторов окружающей среды, света, механических повреждений, например, мастики, краски, гравийные засыпки и т.д.

Химические методы представляют собой повышение стойкости полимеров к старению, основанные на применении веществ-стабилизаторов, способных тормозить развитие этого процесса. Выбор таких веществ определяется механизмом реакций, вызывающих старение. В результате стабилизации скорость старения полимеров может уменьшаться иногда в 10 и более раз.

Стабилизаторы (ингибиторы) старения, подразделяются на несколько групп:

- антиоксиданты повышают устойчивость полимеров к действию атмосферного кислорода, замедляя их термоокислительную деструкцию;
- термостабилизаторы повышают теплостойкость и термостойкость полимеров. Ими служат окислы металлов, некоторые металлоорганические соединения;
- антиозонанты защищают полимеры от атмосферного озона, реагируя с ним, либо мигрируя на поверхность полимера, создавая барьер для его взаимодействия с озоном;
- светостабилизаторы (фотостабилизаторы) поглощают ультрафиолетовый свет (например, сажа) или тормозят фотоокислительную деструкцию, вызываемую одновременным действием света и кислорода;
- антирады представляют собой ингибиторы радиационного старения.

Вещества, используемые в качестве стабилизаторов, должны удовлетворять ряду общих требований:

- хорошо диспергироваться в полимерах;
- не мигрировать на их поверхность (исключение – антиозонанты);
- иметь низкую летучесть;
- не влиять на специфические свойства изделий (например, не должны изменять окраску материалов).

Содержание стабилизатора в полимере составляет в большинстве случаев от 0,1 до 3%. При одновременном применении нескольких стабилизаторов часто наблюдается взаимное усиление их эффективности, т. н. синергизм.

## **4. ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

### **4.1. Организация проведения осмотров и обследований зданий и сооружений**

Особенностью проектирования, реконструкции и восстановления строительных конструкций является необходимость учета их фактического состояния (степени износа). Последнее уста-

навливается путем технического обследования, направленного на выявление остаточной несущей способности и пригодности конструкций к дальнейшей эксплуатации. *Техническое обследование* – комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих эксплуатационное состояние, пригодность и работоспособность объектов обследования и определяющих возможность их дальнейшей эксплуатации или необходимость восстановления и усиления.

Система технического обследования состояния здания, его конструктивных элементов и инженерного оборудования предусматривает следующие виды контроля в зависимости от целей обследования и периода эксплуатации:

- инструментальный приемочный контроль технического состояния конструкций и инженерного оборудования капитально отремонтированного или реконструированного здания;
- инструментальный контроль технического состояния конструкций и инженерного оборудования здания в процессе плановых и внеочередных осмотров, сплошного технического обследования (профилактический контроль);
- техническое обследование конструкций и инженерного оборудования здания для проектирования капитального ремонта и реконструкции;
- техническое обследование конструкций и инженерного оборудования здания при повреждениях элементов и авариях в процессе эксплуатации (экспертиза).

В состав работ по оценке технического состояния входят подготовительные работы, обследование конструкций и составление технического заключения.

Подготовительные работы включают сбор и анализ технической документации по объекту обследования, ознакомление с объектом, разработку рабочей программы обследования. На основе анализа технической документации комплектуют исходные данные для обследования, которые включают:

- паспортные данные (предприятие, разработчик проекта, завод-изготовитель конструкций, даты проектирования, монтажа и сдачи в эксплуатацию);

- данные о конструктивном решении здания (планы и схемы пространственного расположения конструкций, чертежи и другие сведения о материале конструкций, нагрузках, особенностях расчета и конструирования);
- сведения о грунтовых условиях и фундаментах;
- основные данные о технологическом процессе, связанном с воздействиями на несущие конструкции, в том числе паспортные данные о нагрузках и режиме работы подъемно-транспортного оборудования;
- общие данные по температурно-влажностному режиму, наличию агрессивных по отношению к конструкциям выделений, составу и интенсивности пылевывделений и т.д.;
- сведения о ремонтах, усилениях, реконструкциях, обследованных за период эксплуатации с указанием обнаруженных дефектов и повреждений, изменениях, внесенных в технические решения конструкций.

При ознакомлении с объектом обследования выявляют соответствие фактического объемно-планировочного и конструктивного решения здания проектному. Намечают состав работ при натурном освидетельствовании; решают вопросы по организации безопасного доступа к конструкциям; согласовывают с заказчиком сроки временной остановки оборудования и возможности его использования в процессе обследования; составляют задания на очистку конструкций, изготовление подмостей, вскрытие кровли и т.п.

Рабочая программа обследования включает цель и задачи обследований; конкретные работы по обследованию; методику выполнения работ и перечень необходимых приборов, инструментов, материалов; указания о способе доступа для освидетельствования конструкций со схемами необходимых приспособлений; календарный план выполнения работ; мероприятия по технике безопасности.

По окончании подготовительных работ составляют протокол согласования условий безопасного проведения работ на действующем предприятии, подписанный ответственными представителями предприятия-заказчика и организации-исполнителя и утвержденный руководителями подразделений обеих организаций.

Обследования подразделяются на общие (предварительные) и детальные (инструментальные).

В процессе общих обследований устанавливают:

- степень и площадь повреждений защитных покрытий, гидроизоляции, кровли, полов;
- наличие видимых признаков дефектов и повреждений конструкций (отколов и раковин, вертикальных и наклонных трещин, мокрые и масляные пятна, трещины от коррозии арматуры, деформации элементов, отсутствие болтов или заклепок, трещины в сварных швах и прочее);
- несоответствие площадок опирания сборных элементов проектным размерам;
- ориентировочную прочность конструктивных элементов и т.д.

На основании общих обследований производится оценка технического состояния конструкций, намечаются участки для детального обследования, состав и объем подготовительных работ (изготовление подмостей, очистка элементов, устройство дополнительного освещения и т.п.), составляется программа детальных обследований и, в случае необходимости, дополнительных специальных работ (замеры динамических характеристик, геодезическая съемка и др.), ориентировочно устанавливается объем восстановительных работ, принимается решение о необходимости выполнения страховочных мероприятий и т.д.

Общие обследования существующих конструкций могут производиться представителями проектных организаций, выполняющих проекты реконструкции или восстановления, совместно с представителями предприятий с привлечением для сложных и ответственных случаев других специализированных научно-исследовательских подразделений.

При проведении общих обследований объект разбивается на участки по следующим основным признакам:

- виду конструкций (фундаменты, перекрытия, колонны, покрытия, стеновое ограждение и т.п.);
- особенностям эксплуатации (над источниками теплоизлучения, вблизи источников увлажнения, проливов технологических растворов, расположения вытяжных зонтов и т.д.).



Общее обследование проводят с применением простейших приборов (биноклей, отвесов, лент, рулеток, уровней и т.п.), не требующих специализированной подготовки персонала. При проведении обследований в условиях действующих предприятий лица, выполняющие обследования, должны быть проинструктированы о специальных правилах техники безопасности, действующих на данном объекте. Для непосредственного доступа к конструкциям могут использоваться лестницы, стремянки, подмости, леса, передвижные вышки, телескопические автовышки, мостовые краны, подмости. Все приспособления, используемые для обследования, должны отвечать требованиям техники безопасности. Удобство доступа к конструкциям существенно влияет на сроки выполнения и качество обследования, поэтому подготовительные работы должны выполняться качественно и в полном намеченном объеме.

Детальные обследования проводятся с целью уточнения исходных данных, необходимых для выполнения полного комплекса расчетов конструкций реконструируемых и восстанавливаемых объектов.

В процессе детальных обследований выполняют:

- уточнение размеров, схем опирания конструкций, нагрузок, качества и прочности материалов;
- выявление, измерение и зарисовку трещин, дефектов, повреждений конструкций;
- измерение деформаций (прогибов, наклонов, перекосов, сдвигов, осадок фундаментов и т.п.);
- уточнение результатов общих обследований;
- длительные наблюдения и измерения деформаций конструкций, температурно-влажностного режима и т.п.;
- испытание конструкций пробной нагрузкой;
- вибродинамические испытания;
- уточнение данных инженерно-геологических и геодезических изысканий.

Способы, методика и характер выполнения детальных обследований, проводимых по конструкциям из различных материалов, отличаются, и более детально отражены в специальной литературе.

Например, при детальном обследовании железобетонных конструкций устанавливают:

- прочность бетона (нормативное сопротивление сжатию);
- проницаемость бетона, величину защитного слоя бетона;
- однородность и сплошность бетона;
- степень и глубину коррозии бетона (карбонизация, сульфатизация, проникание хлоридов и т.д., химический состав связанных цементным камнем агрессивных веществ);
- ширину раскрытия трещин в бетоне;
- вид и физико-механические свойства арматуры;
- вид и степень коррозии арматуры;
- коррозию стальных элементов и сварных швов узловых соединений;
- величину прогиба элемента;
- фактические нагрузки и эксплуатационные воздействия.

Результаты испытаний оформляют соответствующими актами, на основании которых уточняется оценка состояния конструкций, и намечаются меры по дальнейшему совершенствованию организации эксплуатации здания или сооружения. Результаты измерения размеров, дефектов, повреждений и деформаций конструкций наносят на чертежи (планы, разрезы, развертки). На чертежах указывают очертание и размеры деформаций, дефектов и повреждений конструкций, направление, длину, ширину и глубину трещин.

По результатам обследований составляется техническое заключение, являющееся исходным материалом для оценки эксплуатационной пригодности, проектирования, восстановления, усиления и антикоррозионной защиты конструкций. Заключение может составляться в табличной форме, в виде описания с приложением соответствующих графических материалов, фотографий, протоколов испытаний (технический отчет) и т.д.

Техническое заключение, как правило, может содержать:

- литологический разрез основания с данными об уровне грунтовых вод и их химическом составе;
- данные о физико-механических и прочностных характеристиках грунтов, претерпевших длительное нагружение, с выявлением зон неравномерных деформаций основания и причин их вызвавших;

- графики нивелировки цоколя, колонн и крупноразмерных фундаментов, определение осадок, относительных смещений и креном фундаментов;

- сведения о состоянии конструкций нулевого цикла - траекториях и величинах раскрытия трещин (с указанием, имеют ли место соответствующие трещины в подземной части здания), относительном смещении примыкающих фундаментов в швах, местах и площади коррозионного поражения бетона, арматуры, разрушения кладки, гидроизоляции и т.д.;

- рекомендации о необходимости разработки мероприятий по снижению деформативности и повышению несущей способности оснований;

- оценку технического состояния строительных конструкций (в целом, по виду конструкций, по типу материала);

- протоколы определения прочности материалов конструкций с указанием участков, которые с точки зрения условий эксплуатации и типов конструкций (или иных причин) могут быть объединены в одну партию;

- глубину и характер коррозионных повреждений конструкций с указанием вероятных факторов, ее вызвавших, на основе результатов физико-химических исследований;

- сопоставительные данные проектных и фактических размеров конструкций;

- характеристику основных видов дефектов и повреждений с указанием причин их возникновения;

- рекомендации о необходимости разработки мероприятий по восстановлению, усилению и антикоррозионной защите конструкций;

- данные о фактических нагрузках на конструкции в момент их обследования;

- данные о характере и величине деформаций конструкций, испытывающих динамические воздействия;

В процессе проведения осмотров и обследований при оценке состояния здания необходимо учитывать:

- условность статических и расчетных схем и возможные отклонения вычисленных по ним усилий от действительного распределения их в конструкциях сооружения;

- условность применяемых расчетных характеристик материалов;
- возможные отклонения нагрузок от расчетных значений;
- случайный характер фактического влияния внешней среды.

#### **4.1.1. Оценка физического и морального износа отдельных элементов и здания в целом**

Критерием оценки технического состояния здания в целом и его конструктивных элементов и инженерного оборудования является физический износ.

*Физический износ* – это постепенная частичная или полная потеря зданием, его элементами с течением времени первоначальных технико-эксплуатационных качеств (прочности, устойчивости, надежности и т.д.) в результате воздействия природно-климатических факторов и жизнедеятельности человека, приводящих к снижению стоимости здания в целом.

Физический износ конструктивных элементов здания, а также здания в целом оценивается для обоснования необходимости проведения ремонтно-восстановительных работ. Замена конструктивных элементов и инженерного оборудования любых систем здания осуществляется с учетом их фактического состояния, для оценки которого используют следующие методы:

- аналитический (анализ документации – содержание договоров, актов проверки на прочность, герметичность и т.д., актов сдачи-приемки ремонтных работ, журналов диспетчерских служб и других документов);
- социологический (опрос или интервьюирование потребителей);
- визуальный метод;
- инструментальный метод.

Для количественной оценки физического износа здания и его элементов применимы визуальный и инструментальный методы.

*Визуальный* (органолептический, экспертный) метод заключается в качественной оценке состояния элементов и помещений здания при внешнем осмотре специальной комиссией, которая оценивает состояние 9 основных элементов здания: фундаменты, стены, перекрытия, крышу и кровлю, полы, столярные

изделия (двери, окна), отделочные работы, фасад, санитарно-технические устройства.

Используя стандартизированные таблицы для определения процента износа каждой конструкции путем сравнения конкретных признаков (дефектов и повреждений), выявленных в результате обследования со значениями, приведенными в ВСН 53-86(р) «Правила оценки физического износа жилых зданий», определяют физический износ всего здания по формуле:

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^n \Phi_i^K \cdot L_i,$$

где,  $\Phi_3$  – физический износ здания, %;

$\Phi_i^K$  – физический износ отдельной конструкции, элемента или системы, %;

$L_i$  – удельный вес данной конструкции в общем объеме здания или общей стоимости (отношение стоимости данной конструкции к восстановительной стоимости здания), %;

$n$  – число отдельных конструкций, элементов или систем в здании.

Таблица 4.1.

Оценка состояния здания в зависимости от общего износа

Состояние здания	Износ в %
Хорошее	0-10
Вполне удовлетворительное	11-20
Удовлетворительное	21-30
Не вполне удовлетворительное	31-40
Не удовлетворительное	41-60
Ветхое (снос)	61-75
Негодное (снос)	Более 75

Для более точного подсчета величины износа следует разделить объем здания на более мелкие участки – секции и этажи. Для оценки физического износа конструкции, имеющей различную степень износа на отдельных участках, применяют следующую формулу:

$$\Phi^K = \sum_{i=1}^n \Phi_i \cdot \frac{P_i}{P_K},$$

где,  $\Phi^K$  – физический износ конструкции, %;

$\Phi_i$  – физический износ участка конструкции, определяемый по результатам обследования, %;

$P_i$  – размеры поврежденного участка (площадь, длина), соответственно  $m^2$  или м;

$P_k$  – размеры всей конструкции,  $m^2$  или м;

$n$  – число поврежденных участков.

*При инструментальном методе используют разрушающие и неразрушающие способы испытания конструкций для выявления количественных значений фактических величин оцениваемых параметров. Все виды инструментального контроля должны выполняться с применением современных приборов. При работах можно использовать передвижную лабораторию-станцию для комплексного обследования или переносной комплект средств измерений, доставляемый на объект.*

Средства испытаний, измерений и контроля, применяемые при техническом обследовании, должны быть подвергнуты современной поверке, и соответствовать нормативно-технической документации по метрологическому обеспечению. Контрольными нормами служат максимальные и минимальные значения параметров, верхние и нижние пределы их отклонений.

В результате инструментального обследования выявляются повреждения, включая скрытые дефекты, и составляется смета на восстановительные работы, которая показывает стоимость устранения физического износа.

Инструментальные измерения при осмотрах могут выполняться персоналом эксплуатационных организаций в случае применения простейших приборов и приспособлений, использование которых не требует специального обучения. При необходимости эксплуатационная организация имеет право привлекать в установленном порядке специализированные проектные организации для оценки состояния элементов здания и получения рекомендаций по устранению выявленных повреждений.

Обесценивание зданий и сооружений происходит также за счет морального старения. Установлены две формы морального износа. Первая заключается в уменьшении затрат труда и удешевлении производства по мере развития научно-технического прогресса. Вторая форма морального износа состоит в том, что по мере развития науки и техники создаются новые конструк-

ции, машины и оборудование, обеспечивающие более высокую производительность труда.

*Моральный износ* – это обесценивание здания в результате уменьшения затрат труда на возведение в современных условиях здания, сходного по объемно-планировочным решениям и внутреннему благоустройству с ранее возведенными домами, в результате роста производительности труда и несоответствия объемно-планировочного и инженерно-конструкторских решений, не обеспечивающих современного уровня комфорта проживания по сравнению с новым строительством. Под этим подразумеваются следующие недостатки:

- отсутствие горячего водоснабжения, мусоропровода, телефонной связи и лифтов (при отметке входа в квартиру верхнего этажа над уровнем тротуара или отмостки 14 м и более);
- деревянные перекрытия и перегородки;
- отсутствие ванных комнат;
- планировка квартир регулярная, но неудобная для посемейного заселения;
- средняя площадь квартир по дому более 45 м<sup>2</sup>;
- планировка нерегулярная, хаотичная, многокомнатные квартиры, местами несовпадение санузлов по этажам.

В таблице 4.2. приведена зависимость величины морального износа от архитектурно-планировочной и конструктивной характеристики здания.

Таблица 4.2.

Технико-экономическая оценка второй формы морального износа жилых зданий

Краткая характеристика жилого здания	Износ, %
Планировка во всех секциях удобная для посемейного заселения, дом оснащен всеми видами благоустройства по нормам (возможно отсутствие горячего водоснабжения, мусоропровода, телефонной связи), перекрытия и перегородки негорючие	0-15
То же, перекрытия и перегородки деревянные (отсутствуют горячее водоснабжение, мусоропроводы, телефонная связь и лифт при отметке пола входа в квартиры верхнего этажа над уровнем тротуара или отметки 14 м и более).	16-25
Планировка в основном регулярная, но неудобная для посемейного заселения, средняя жилая площадь квартир до 65 м <sup>2</sup> , отсутствуют неко-	26-35

Краткая характеристика жилого здания	Износ, %
торые виды благоустройства (горячее водоснабжение, мусоропроводы, телефонная связь, лифты, возможно местами отсутствие ванных комнат), перекрытия и перегородки частично или полностью деревянные	
Планировка нерегулярная, не всегда совпадающая по вертикали и непригодная для посемейного заселения, средняя площадь квартир до 85 м <sup>2</sup> , местами темные или проходные кухни, отсутствуют вышеперечисленные виды благоустройства, а также ванные комнаты, перекрытия и перегородки деревянные	36-45
Планировка хаотичная, не совпадающая по вертикали, посемейное заселение невозможно, многокомнатные коммунальные квартиры, местами санузлы над жилыми комнатами и кухнями, отсутствуют все виды благоустройства, перекрытия и перегородки деревянные	более 45

#### 4.1.2. Пример оценки физического износа элементов здания

Требуется определить общий физический износ трех типов полов в здании: паркетных – в жилых комнатах и коридорах; линолеумных – в кухнях; из метлахской плитки – в санузлах. Износ всех типов полов неодинаков в различных группах квартир и оценен по ВСН 53-86(р) «Правила оценки физического износа жилых зданий». Удельный вес участков с полами каждого типа определен по проекту и по замерам на объекте. Расчеты приведены в форме таблицы 4.3.

Таблица 4.3.

Определение физического износа полов здания

Наименование участков полов	Удельный вес участка к общему объему элемента $P_i/P_k$ , %	Физический износ участков элементов $\Phi_i$ , %	Расчетная формула для определения средневзвешенного значения физического износа участка	Доля физического износа участка в общем физическом износе элемента, %
Паркетные				
1-й участок	25	30	$(25/100) \times 30$	7,5
2-й участок	12	50	$(12/100) \times 50$	6
3-й участок	28	40	$(28/100) \times 40$	11,2
4-й участок	10	60	$(10/100) \times 60$	6
<i>Итого</i>	75			30,7
Линолеумные				



Наименование участков полов	Удельный вес участка к общему объему элемента $P_i/P_k$ , %	Физический износ участков элементов $\Phi_i$ , %	Расчетная формула для определения средневзвешенного значения физического износа участка	Доля физического износа участка в общем физическом износе элемента, %
1-й участок	10	50	$(10/100) \times 50$	5
2-й участок	5	40	$(5/100) \times 40$	2
<i>Итого</i>	<i>15</i>			<i>7</i>
Из метлахской плитки				
1-й участок	6	30	$(6/100) \times 30$	1,8
2-й участок	4	50	$(4/100) \times 50$	2
<i>Итого</i>	<i>10</i>			<i>3,8</i>
<b>Всего</b>	<b>100</b>			<b>41,5</b>

Округляя, получим износ полов 40%.

Таким образом, признаки физического износа можно определить органолептическим методом, в частности визуальным: трещины, прогибы, деформации, отслоения и др. Количественную величину износа определить с большей точностью и надежностью можно инструментально. Численные значения физического износа следует округлять до 10% для отдельных участков конструкций и элементов, до 5% для конструкций и элементов в целом и до 1% для всего здания.

#### 4.1.3. Обработка результатов обследования

В условиях эксплуатации, при определении эксплуатационных характеристик инженерных систем и конструкций здания практически невозможно выполнять сплошные контрольные измерения. В связи с чем, нельзя построить график нормального распределения показателей свойств конструкции, чтобы точно определить истинное значение измеряемого параметра.

Математическая обработка результатов натурных испытаний элементов зданий проводится на основании выборки ограниченного числа элементов данного типа. Поэтому необходимо знать объем представительной выборки элементов данного типа, по-

звolyющей с наибольшей вероятностью установить значение определяемого параметра.

Для каждого вида измерений установлены минимальные значения контрольных точек измерений и количеств измерений в одной точке. Как правило, если не оговорено специально, то проводят измерения не менее чем в трех представительных точках. При этом в каждой точке делают не менее трех замеров. Итоговое значение находят либо как среднее значение (отношение суммы полученных значений всех измерений к количеству измерений), либо как наихудшее значение из всех измерений.

Наиболее близко схемам натурного контроля в процессе эксплуатации соответствует математический способ выборочного контроля. Контролируемый параметр определяют как среднее арифметическое совокупности нескольких измерений. Объем контроля зависит от дисперсии выборки.

Среднее значение определяемого эксплуатационного параметра определяется по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

где,  $x_i$  – значение измеряемого параметра  $i$ -го образца;

$n$  – число проводимых измерений, по которым определяют среднее значение измеряемого параметра.

Поскольку значения эксплуатационных параметров материала конструктивного элемента имеют нормальное распределение (рис. 1.3.), наибольшее возможное отклонение конкретных значений параметров отдельных измерений от среднего находят по формуле:

$$\Delta x = 3\sigma = 3\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{(n-1)}}$$

В соответствии с нормальным законом распределения случайной величины отклонение в большую или меньшую сторону от среднего значения имеет одинаковую вероятность. Чем выше отклонение случайной величины от среднего значения, тем

меньше эта вероятность. Среднеквадратичное отклонение случайной величины от среднего значения в  $3\sigma$  соответствует вероятности 0,998.

В том случае, если полученные значения  $x_i$  находятся в пределах  $\Delta x$ , они считаются представительными. В противном случае их необходимо исключать из расчетов и вычислять среднее значение заново.

Среднеквадратичная ошибка среднего арифметического значения определяется по формуле:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n \cdot (n - 1)}}$$

В заключение оценивается достаточность объема контрольных испытаний по формуле:

$$n = \left( \frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^2$$

Объем контрольных испытаний будет достаточным, если фактическое число представительных испытаний будет больше, чем расчетное. В случае недостаточного объема контрольных испытаний их число необходимо увеличивать и выполнять расчеты заново.

#### **4.2. Инструментальная диагностика технического состояния конструкций зданий**

*Диагностика* – установление и изучение признаков, характеризующих состояние строительных конструкций зданий и сооружений для определения возможных отклонений и предотвращения нарушений нормального режима их эксплуатации.

К основным параметрам эксплуатационного качества здания, определяющим его безопасность и комфортные условия среды обитания, и диагностируемым в процессе обследований, относятся:

- прочность;
- деформативность;
- герметичность;

- температурно-влажностный режим;
- теплопроводность (сопротивление теплопередаче);
- влажность материала конструкции;
- звукоизоляция;
- освещенность.

Все инструменты и приборы, необходимые для визуально-инструментальной оценки качества, должны храниться в специальных помещениях в исправном состоянии и периодически контролироваться для проверки точности и исправности.

В таблице 4.4 представлены некоторые традиционные технические средства инструментального контроля, используемые при обследовании зданий для оценки физических, механических и геометрических характеристик основных несущих конструкций, а также принцип их работы.

#### **4.2.1. Методы определения прочности конструкций. Дефектоскопия**

В процессе эксплуатации зданий происходит старение строительных материалов. Повреждения в наружных ограждающих и несущих конструкциях разделяются в зависимости от причин их возникновения на две группы: от силовых воздействий и от воздействия агрессивных факторов внешней среды. Воздействие силовых нагрузок приводит к образованию микротрещин в материале, которые постепенно перерастают в крупные трещины, в результате чего снижается их несущая способность. Увеличению повреждений также способствуют усадочные деформации вследствие температурных колебаний, изменения влажности конструкции и т.д. Повреждения, вызванные воздействием факторов окружающей среды, снижают не только прочность конструкций, но и уменьшают ее долговечность.

Развитие деформаций практически во всех случаях имеет внешние признаки проявления, свойственные только данному типу деформаций. Например, усадочные трещины имеют вид беспорядочной сетки на поверхности стены. Поэтому зачастую уже по внешним признакам можно определить причины возникновения трещин.

Таблица 4.4.

## Средства неразрушающего контроля состояния конструкций

Варианты средств контроля	Контролируемые параметры	Принципы контроля
<i>Ударные методы</i>		
Молоток Физделя	Прочность бетона, раствора, естественного камня, изверженных пород (гранита, сиенита, диабазы и пр.)	По тарировочной кривой по среднему значению диаметра 10-12 отпечатков при ударе по поверхности конструкций. Точность $\pm 50\%$
Молоток Кашкарова	То же	По тарировочной кривой по среднему значению отношений из 10-12 отпечатков на испытательном и эталонном материалах. Точность $+70\%$
Пистолет ЦНИИСКА, склерометр КМ, склерометр Шмидта	То же	По тарировочной кривой по величине энергии отскока в зависимости от прочности испытываемого материала. Точность $\pm 65\%$
Прибор ГПНВ-5	Прочность бетона и других связных каменных материалов	По усилию вырыва стержня из тела испытываемого материала по тарировочной кривой. Точность $\pm 65\%$
<i>Методы контроля за трещинами</i>		
Рычажный маяк	Скорость развития трещин	Поворот стрелки относительно шкалы благодаря двум сводным шарнирам по обе стороны трещин
Пластинчатый маяк	Скорость развития трещин	Смещение двух пластин относительно друг друга, закрепленных по обе стороны трещины
<i>Радиометрические методы</i>		
Гамма-плотномеры СГП и РП	Плотность материала; обнаружение дефектов	Аналитически при сквозном просвечивании по значениям регистрируемых гамма-лучей, прошедших через конструкцию, и функциональной зависимости плотности от измеряе-

Варианты средств контроля	Контролируемые параметры	Принципы контроля
		<p>мых величин. Точность <math>\pm 75\%</math></p> <p>При одностороннем испытании по тарировочной кривой зависимости плотности материала от числа рассеянных гамма-лучей в единицу времени. Точность <math>\pm 60\%</math></p> <p>Дефекты обнаруживаются путем фотографирования в двух или трех плоскостях конструкции с обработкой и расшифровкой гамма-снимков</p>
Радиометрические влагомеры НВ-3	Влажность неорганических материалов (не имеющих в химическом составе водорода)	По цифровой шкале устанавливается влажность материала
<i>Ультразвуковой метод</i>		
Электронные приборы УКВ-1М УК-14П	Прочность материала; статический модуль упругости; размеры структурных дефектов (трещины, каверны и пр.)	<p>Прочность определяется по тарировочной кривой «прочность—скорость распространения волн», «прочность—акустическое сопротивление». Точность <math>\pm 60\%</math></p> <p>Наличие дефектов и габариты устанавливаются по изменению скорости распространения волн</p>
<i>Магнитный метод</i>		
Магнитометрические приборы ИМП (измеритель магнитной проницаемости), ИПА (измеритель параметров амплитуды), ИНТ-М2 (измеритель напряжений и трещин)	Размещение арматуры в каменных и железобетонных конструкциях, толщины защитного слоя, напряженное состояние арматуры	<p>По отклонению стрелки амперметра со специальной градуировкой фиксируется расположение арматуры при перемещении по поверхности конструкций (ИМП).</p> <p>Измерение толщины защитного слоя основано на изменении магнитного сопротивления датчика при нахождении его вблизи арматурного стержня (ИПА).</p>

Варианты средств контроля	Контролируемые параметры	Принципы контроля
		Точность до 1 мм. Измерение напряжений в металле основано на зависимости магнитной проницаемости от величины максимальных напряжений (ИНТ-М2). Точность $\pm 2\%$ .
<i>Теплофизические методы</i>		
Термошупы ТМ(А), ЦЛЭМ, тепломер	Температура на поверхности конструкции	По отклонению стрелки тепломера при прижиге шупа к поверхности конструкции при температуре от -5 до +90°C
Психрометр Ассмана	Влажность воздуха у поверхности конструкции	Подъем жидкости в сухом термометре
Электронный влагомер ЭВД-2	Влажность древесины	По среднему значению замеров при прижиге чувствительного элемента прибора к поверхности конструкции
<i>Акустический метод</i>		
Комплект для контроля звукоизолирующей способности ограждающих конструкций в составе: генератор шума ГШИ-1, усилитель мощности УМ-50, громкоговоритель, шумомер Ш-60-И, анализатор шума АМ-2 МЛИОТ	Проверка звукоизолирующей способности конструкции	Уровни звукового давления в помещениях, разделяемых испытуемой конструкцией, измеряются анализатором шума. Звукоизолирующая способность определяется по перепаду уровней.
<i>Геодезические методы</i>		
Прогибомеры Максимова, Аистова, ЛИСИ, Мессуры	Местные деформации конструкций, сдвиги и повороты в узлах конструкций	Деформации определяются в результате перемещения подвижного стержня прибора относительно неподвижного при плотном их прижиге к поверхности конструкции

Варианты средств контроля	Контролируемые параметры	Принципы контроля
Проволочные тензометры сопротивления	Местные деформации	Деформации определяются по изменению сопротивления проводников, наклеенных на поверхность конструкций, при их сжатии или растяжении
Нивелиры НА-1, с оптической насадкой	Измерение абсолютных осадок зданий и сооружений	Нивелирование с постоянной точки при перемещении геодезической рейки. Средняя квадратичная ошибка $\pm 1$ мм ( $\pm 0,3$ мм для нивелиров с оптической насадкой)
Теодолиты Т-2-010	Измерение абсолютных сдвигов в плане	Створный метод засечки микротриангуляции (замеры при постоянной точке отсчета с перемещением рейки). Точность $\pm 1-4$ мм
Нивелир НА-1, Теодолит 1-2, Клинометры КП-2	Измерение кренов сооружений	Способность измерения горизонтальных углов. Точность $\pm 5-10$ мм
<i>Метод замеров освещенности</i>		
Люксометры Ю-16, Ю-17, ЛИ-3	Уровень освещенности в различных местах помещения	Освещенность определяется по стрелочному индикатору прибора.
<i>Метод контроля герметичности стыков</i>		
Измеритель воздухопроницаемости ИВС-М, адгезиометр ЛНИИАКХ	Коэффициент воздухопроницаемости стыков, адгезия герметика к бетону	По скорости воздушного потока через стык определяется коэффициент воздухопроницаемости и адгезия герметика

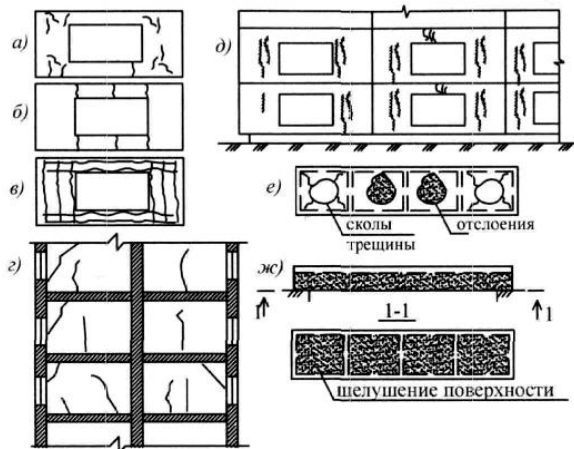
В процессе эксплуатации могут наблюдаться следующие повреждения несущих конструкций:

- потеря несущей способности;
- трещины;
- отклонения от вертикали и горизонтали;
- протечки поверхности и стыковых соединений;
- промерзание поверхности и стыков.

При оценке технического состояния несущих конструкций устанавливается:



- процент уменьшения сечения в месте повреждения;
- выпучивание, отклонение от вертикали и горизонтали;
- степень развития трещин и других деформаций в поврежденной зоне конструкций;
- качество кладки, ширина и глубина швов;
- влажностное состояние конструкций;
- физико-механические свойства бетона, кладки, камня и раствора.



а) усадочные деформации; б) температурно-влажностные деформации; в) деформации вследствие коррозии арматуры; з) деформации перегрузки, дефектов изготовления, транспортировки и т.д.; д) деформации перегрузки простенков и перемычек; е) механические и коррозионные повреждения (давление солей, льда и пр.); ж) температурно-влажностные деформации (замораживание-оттаивание, увлажнение-высыхание).

**Рис. 4.1.** Характерные деформации несущих конструкций и причины их возникновения.

Основным этапом оценки состояния несущих конструкций является определение соответствия фактической прочности проектному значению. В процессе эксплуатации в результате физического износа строительных материалов первоначальная прочность снижается. При разработке проектов реконструкции, капитального ремонта, в аварийной ситуации, необходимо определять прочность в полевых условиях, а не только в лабораториях.

Натурное определение прочности эксплуатируемых наружных стен может проводиться неразрушающими способами: механическими (ударными, методом вырыва) или физическими методами (ультразвуковыми, радиометрическими), на наиболее загруженных участках конструкции. К неразрушающим методам обследования относятся те, которые не нарушают целостность конструкции или приводят к небольшим местным повреждениям поверхности, не снижающим несущей способности.

Механические методы основаны на двух принципах:

- сопротивляемость материала конструкции проникновению в него более твердого тела (используя строительные молотки);
- зависимость величины упругого отскока от материала при нанесении удара (используя строительные пистолеты).

При использовании молотков замечается отпечаток на бетоне (эталонный молоток Кашкарова, молоток Шмидта, молоток Физделя), при использовании пистолетов фиксируется на шкале величина упругого отскока (пистолет ЦНИИСК, склерометр).

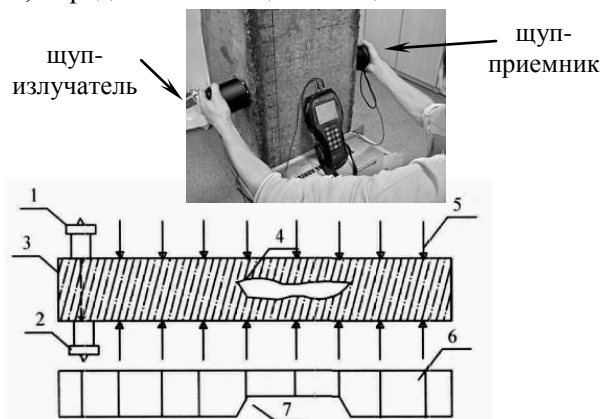
На поверхности испытываемого участка конструкции, освобожденного от облицовочного слоя, наносится серия ударов с расстоянием между ними порядка 30 мм. Для того чтобы избежать ошибок, вызванных неоднородностью поверхностного слоя, число испытаний на участке должно быть не менее 5 для приборов, основанных на методе упругого отскока и не менее 10 для приборов, основанных на методе ударного импульса. Далее измеряются диаметры образованных лунок на поверхности конструкции, а в случае с молотком Кашкарова и на эталонном стержне. Прочность материала определяется как среднее значение по тарировочной кривой, приложенной к прибору. Если поверхность материала влажная, то полученное значение прочности умножается на 1,4.

Механические методы достаточно просты. Их недостаток в том, что невозможно фиксировать силу удара, поэтому нет необходимой точности в измерениях.

К физическим неразрушающим методам определения прочности материала строительной конструкции относятся акустический, радиометрический, магнитометрический, вибрационный методы. Они основаны на зависимости скорости прохождения

волн разной длины от структурных, упругих свойств материалов и их геометрических размеров.

УЗ, акустические, радиографические приборы используются не только для определения прочности материала, но и для нахождения скрытых дефектов, пустот, расслоений, наличия арматуры, определения толщины защитного слоя.



1. излучатель; 2. приемник; 3. строительная конструкция; 4. дефект в конструкции; 5. направление прозвучивания; 6. график скорости распространения ультразвука; 7. зона снижения скорости ультразвука.

**Рис. 4.2.** Ультразвуковое обследование несущей конструкции при сквозном прозвучивании.

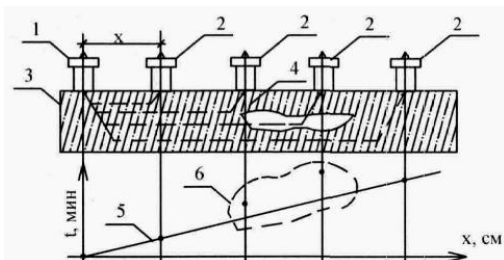
Физические методы основаны на двух принципах:

- пьезоэффекте (при наложении волн возникают усилия в материале – продольные, поперечные, изгибные, которые изменяют размеры кристаллов некоторых материалов и идет выработка электрического заряда);
- магнитострепционном эффекте (некоторые металлы в случае наложения электрического тока образуют механические колебания).

При зафиксированной толщине конструкции определяется время прохождения импульса. В зависимости от плотности материала и полученной скорости рассчитывается модуль упругости, по величине которого оценивается прочность.

Такие приборы позволяют с высокой точностью оценить однородность, прочность и ряд других свойств без разрушения конструкции.

Для оценки скрытых дефектов в протяженных конструкциях, а также для обследования конструкций, недоступных для наблюдения с двух сторон, используется фронтальный метод (рис. 4.3).



1. излучатель; 2. приемник; 3. строительная конструкция; 4. дефект в конструкции; 5. годограф скорости УЗ; 6. зона нарушения пропорциональной зависимости.

**Рис. 4.3.** Ультразвуковое обследование несущей конструкции при фронтальном профилировании годографа.

По фронту конструкции устанавливается щуп-излучатель и щуп-приемник, последовательно устанавливаемый в разных точках на фиксированном расстоянии от излучателя. Оценивается скорость прохождения волн в зависимости от расстояния между излучателем и приемником.

Резонансный метод используется также для определения скрытых дефектов, расположения арматуры. Устанавливается резонансный прибор, излучающий волны определенной длины, которые, доходя до препятствия, например, арматуры, отражаются. Зная толщину конструкции в месте измерения и скорость прохождения волны в данном материале, можно определить наличие или отсутствие дефекта, глубину расположения арматуры, оценить толщину защитного слоя бетона.

Теневой метод позволяет определять наличие пустот, полосей в материале. С разных сторон конструкции устанавливается излучатель и приемник. В процессе измерений они передвигаются по конструкции. Волны распространяются по телу конст-

рукции. В месте, где волна попадает в пустоту, волны не распространяются. На электронной лучевой лампе появляется тень.

Подобные обследования несущих конструкций проводятся в случаях разработки проекта капитального ремонта и реконструкции здания. Также в случае введения в эксплуатацию приемная комиссия имеет право проверить скрытые работы (гидроизоляционные, арматурные и т.д.).

Результаты испытаний заносятся в журналы.

Приборы, основанные на аналогичном принципе работы, могут использоваться в качестве трассоискателей – для определения местонахождения подземных трубопроводов и сооружений, глубины их залегания. Принцип работы трассоискателя основан на обнаружении электромагнитного поля, создаваемого вокруг обследуемой конструкции. Трассу силового кабеля, находящегося под напряжением, определяют без подключения генератора с использованием только приемного устройства. В остальных случаях подключают генератор переменного тока.

В случае применения радиоволновых приборов приемное устройство оснащено наушниками с фиксаторами силы звука. По изменению громкости звука в наушниках приемного устройства определяют место расположения оси подземного трубопровода (наибольшая громкость звука) и глубину заложения трубопровода (наименьшая громкость).

#### **4.2.3. Оценка деформативности и устойчивости конструктивных элементов здания**

Поскольку в процессе эксплуатации здание подвергается воздействию динамических и статических нагрузок (снеговая, полезная, от собственного веса, ветровая), то несущие конструкции здания подвергаются деформациям.

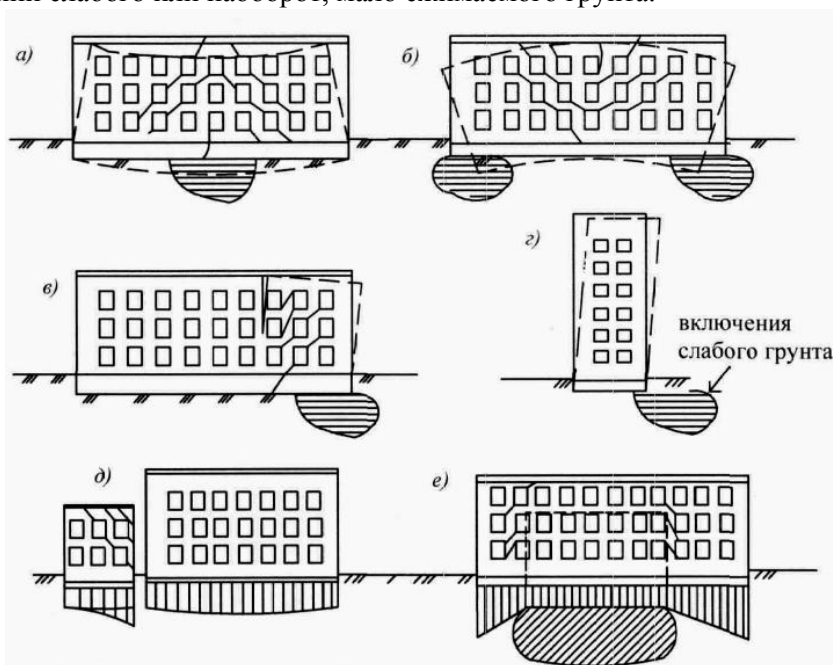
Деформации бывают разного характера – в виде параллельного смещения сечений конструкций, растяжения или сжатия, в результате которых возникают трещины.

Поэтому деформативность здания в целом и конкретных несущих конструкций может быть выявлена визуально в процессе общих обследований – по наличию трещин.

### Визуальная оценка деформации зданий

Визуальное обследование стен здания заключается в анализе характера расположения и развития во времени трещин. Так можно обнаружить дефекты основания и фундаментов здания. На рис. 4.4. показаны характерные деформации здания в зависимости от грунтовых условий.

Изгибистые трещины по фасаду здания вызваны деформацией основания, его неравномерной усадкой, наличием в основании слабого или наоборот, мало сжимаемого грунта.



Деформации в виде: а) прогиба; б) выгиба; в) перекоса; г) крена.

Деформации при: д) возведении рядом нового здания; е) возведении на месте снесенного здания.

**Рис. 4.4.** Характерные деформации здания, связанные с изменением грунтовых условий.

Для температурно-влажностных деформаций, связанных с процессом увлажнения—высыхания и замораживания—

оттаивания, характерна сетка мелких трещин на поверхности конструкции (рис. 4.1). Известно, что изменение влажности на 0,1% приводит к дополнительным напряжениям в материале  $\sigma_w = 9 \text{ кг/см}^2$ .

Горизонтальные трещины также могут быть вызваны местными деформациями грунтов оснований, в результате которых происходит отрыв нижележащего участка стены.

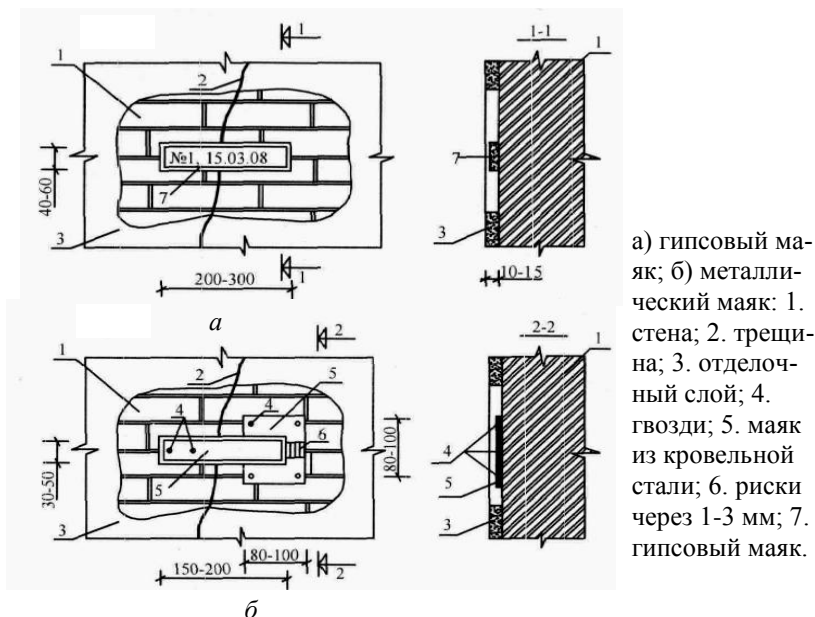
Трещины в стыковых соединениях могут возникать в результате различных усадочных деформаций материалов сопряженных конструкций, перегрузки элемента, снижения его несущей способности, а также из-за ошибок проектирования и расчета, некачественного строительства.

Некоторые характерные виды трещин и причины их возникновения приведены на рис. 4.1.

При появлении трещин на наружных или внутренних несущих стенах необходимо обеспечить контроль за их поведением, т.е. изменением во времени, для оценки их влияния на несущую способность конструкции. Наиболее опасными с этой точки зрения являются горизонтальные трещины в простенках и вертикальные в перемычках.

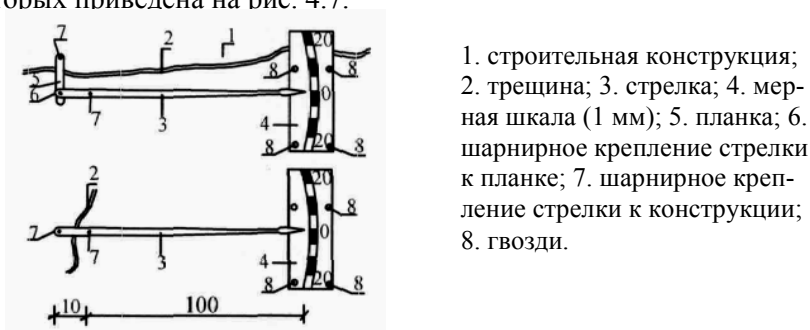
Наиболее распространенным способом фиксации трещин является установка маяков – пластин из стали, стекла и цемента на наружных конструкциях, из гипса и алебаstra на внутренних элементах здания. Маяки устанавливают на стену, очищенную от облицовки, как правило, по два на каждую трещину: один в месте наибольшего раскрытия, другой в конце трещины, указывая номер и дату установки. Разрушившиеся маяки заменяют новыми, делая соответствующую запись в журнале.

Маяки позволяют выявить качественную картину деформаций, определить, стабилизировалась ли трещина или продолжает раскрываться.



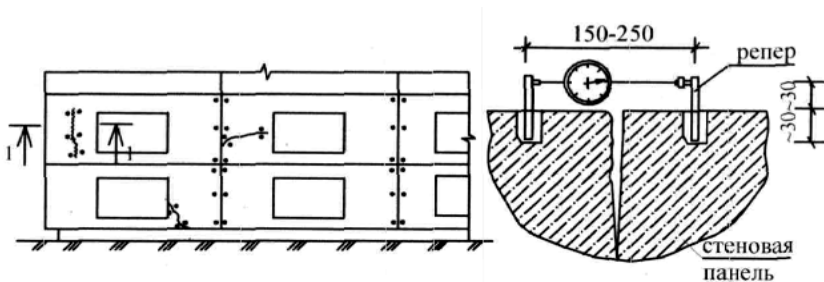
**Рис. 4.5.** Установка маяков для наблюдения за раскрытием трещин.

Для точной количественной оценки увеличения ширины раскрытия трещин, установления интенсивности деформаций или выявления периодических деформаций, например, в результате изменения температуры воздуха, устанавливаются рычажные маяки (рис. 4.6.) или специальные реперы, схема установки которых приведена на рис. 4.7.



**Рис. 4.6.** Контроль за трещинами с помощью рычажного маяка.

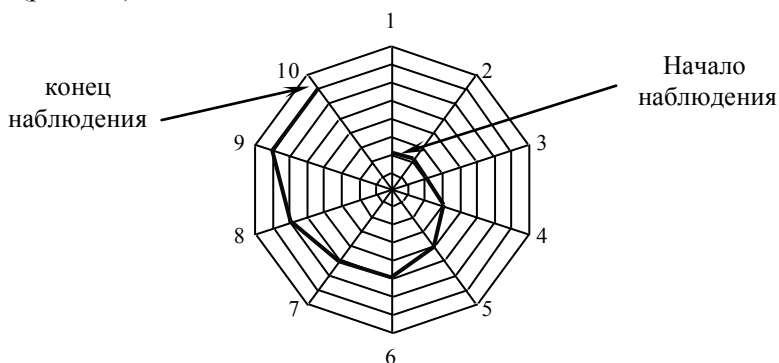




**Рис. 4.7.** Расположение реперов для наблюдения за деформациями.

Реперы устанавливают по одному с каждой стороны трещины. Для наблюдения за стыковыми соединениями реперы устанавливают в трех уровнях в пределах одного этажа.

По данным измерений строят график хода раскрытия трещины (рис. 4.8).



**Рис. 4.8.** Установка маяков для наблюдения за раскрытием трещин.

Трещины разделяют на неопасные (волосяные до 0,1 мм, мелкие до 0,3 мм) и опасные (развитые 0,3 – 0,5 мм, большие до 1 мм и значительные более 1 мм).

Если в течение 30 суток не было зафиксировано изменение размеров трещины, ее развитие можно считать законченным. Маяки при этом можно снимать и трещины заделывать.

## Инструментальная оценка деформации зданий

Инструментальный контроль за деформациями несущих конструкций в процессе эксплуатации осуществляется при помощи геодезических приборов - теодолита, нивелира, а также при помощи прогибомеров и тензометров. Допустимые пределы деформаций и прогибов зависят от материала, вида конструкции и регламентируются строительными нормами (табл. 4.5.).

Таблица 4.5.

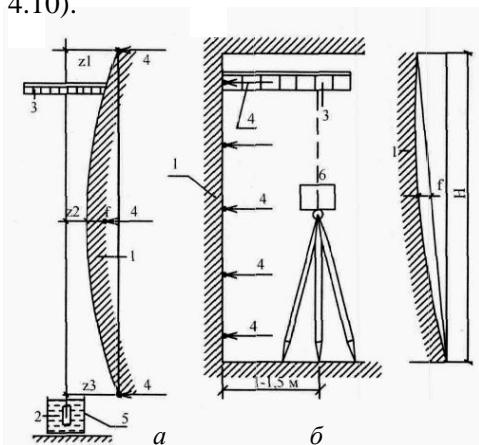
### Предельные прогибы несущих конструкций

Конструкции	Предельные прогибы в долях пролета
<i>Железобетонные</i>	
Плоские перекрытия:	
при пролете до 7м	1/200
при пролете более 7.м	1/300
Ребристые перекрытия, элементы лестниц:	
при пролете до 5м	1/200
при пролете до 7м	1/300
при пролете более 7м	1/400
Навесные стеновые панели:	
при пролете до 7 м	1/200
при пролете более 7.м	1/250
<i>Стальные</i>	
Главные балки чердачных перекрытий	1/250
Главные балки междуэтажных перекрытий	1/400
Прогоны междуэтажных перекрытий	1/250
Прочие	1/200
<i>Деревянные</i>	
Междуэтажные перекрытия, балки	1/250
Чердачные перекрытия, балки	1/200
Балки консольные	1/150
Прогоны, стропильные ноги, покрытия (кроме ендов)	1/200
Ендовы	1/400
Обрешетка, настилы	1/150

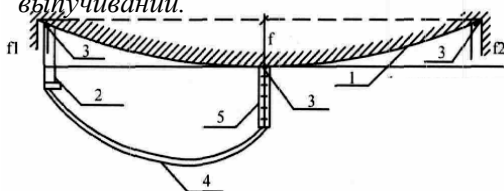
Отклонения от вертикали, а также искривления в вертикальной плоскости могут быть измерены как с помощью отвеса и линейки, так и геодезической съемкой (рис. 4.9).

В случае деформаций перекрытий, стен и сооружения в целом (общие деформации) их измерение удобно проводить снаружи здания. Сущность геодезического контроля заключается в периодической проверке положения отдельных точек, обозначенных закрепленными марками по отношению к неподвижным знакам и в определении взаимных перемещений по вертикали и горизонтали. Горизонтальные перемещения конструкций определяют с помощью теодолита методом створа, т.е. относительно створных линий, закрепленных на месте неподвижными знаками. Вертикальные перемещения – осадки конструкций – определяют методом геометрического нивелирования по отношению к неподвижно закрепленным знакам.

В местах, неудобных для геометрического нивелирования, в том числе и внутри здания, проводят гидростатическое нивелирование, основанное на принципе сообщающихся сосудов (рис. 4.10).



**Рис. 4.9.** Измерение отклонений от вертикали, прогибов и вывучиваний.



**Рис. 4.10.** Измерение статических прогибов конструкций гидростатическим уровнем.

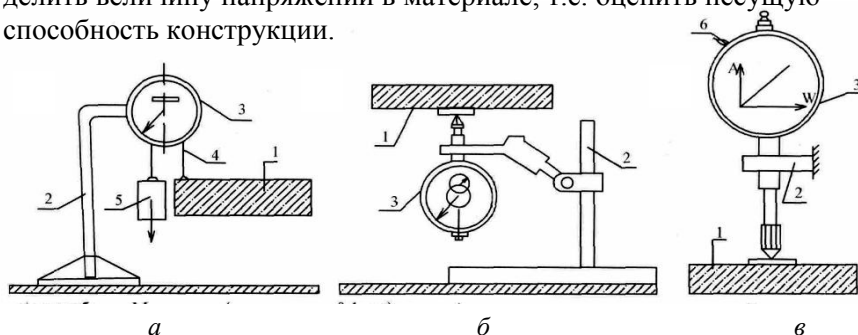
Оценка деформации конструкции: а) отвесом и линейкой; б) геодезическим инструментом: 1. вертикальная конструкция, деформации которой измеряются; 2. отвес на стальной проволоке или капроновой нити; 3. измерительная линейка; 4. точки измерения; 5. сосуд с водой; 6. теодолит с оптической насадкой.

1. конструкция, прогиб которой измеряется; 2. базовая стеклянная трубка; 3. точки измерения; 4. резиновая трубка; 5. мерная стеклянная трубка.

Динамические деформации можно измерять прогибомерами с точностью до 0,001 мм. Прогибомеры используются для измерения местных деформаций, когда происходят смещения или повороты в узлах и конструкциях, удлинение или сжатие элементов.

Прогибомер устанавливается вплотную к конструкции и закрепляется неподвижно на опоре. При возникновении прогиба или деформации передвигной блок двигается, перемещение стержня приводит к вращению колеса, что фиксируется на шкале (рис. 4.11).

Тензометры представляют собой приборы для выявления местных линейных деформаций в конструкциях (растяжение и сжатие одной конструкции или взаимное перемещение двух смежных конструкций). По величине деформации можно определить величину напряжений в материале, т.е. оценить несущую способность конструкции.



*а)* прогибомер Максимова (цена деления 0,1 мм); *б)* индикатор часового типа (цена деления 0,01 мм); *в)* индикатор перемещения ЭИП: 1. конструкция, перемещения которой измеряются; 2. неподвижная опора; 3. индикатор прогибомера; 4. стальная проволока; 5. гиря; 6. выводы для соединения с тензометрической установкой.

**Рис. 4.11.** Измерение перемещений испытываемых конструкций.

Тензометры бывают механические, оптические и электрические (используются для оценки малых деформаций и растяжений до  $10^{-6}$  мм). Принцип работы электрических тензометров основан на способности проводников менять электрическое сопротивление при сжатии или растяжении, благодаря чему по

изменению сопротивления можно судить об относительной деформации конструкций. База проволочных тензорезисторов составляет от 5 до 30 мм.

#### **4.2.4. Инструментальный контроль основных эксплуатационных параметров оснований и фундаментов**

При появлении деформаций, трещин в несущих конструкциях надземной части здания наряду с оценкой их несущей способности, оценивают осадку здания, т.е. деформацию оснований, поскольку устойчивость здания определяется их несущей способностью. Обследование оснований и фундаментов является наиболее сложным и ответственным видом работ вследствие многообразия факторов, влияющих на них, а также потому, что надежность фундаментов во многом определяет состояние наземных конструкций.

Состав работ по обследованию оснований и фундаментов зависит от цели обследования и может включать: бурение контрольных шурфов, лабораторные анализы грунтов и грунтовых вод, натурные испытания материала фундаментов, проверочные расчеты оснований и фундаментов, проверку наличия и состояния гидроизоляции, наблюдения за уровнем грунтовых вод.

При обследовании оснований выявляется характер грунтов, степень их пучинистости, просадочности, глубина промерзания, уровень грунтовых вод, а также такие основные характеристики, как: гранулометрический состав, удельный вес, плотность, пористость, влажность, сопротивление срезу, сжимаемость. Плотность и влажность грунтов оснований могут быть определены в лабораториях, а также в натурных полевых условиях радиометрическими методами при помощи радиометрического плотнмера и влагомера.

Контрольные шурфы, для определения размеров, конструкции и материала фундамента, уровня заложения и наличия изоляции отрываются как с наружной, так и с внутренней стороны здания. Количество шурфов зависит от задач обследования. При капитальном ремонте и реконструкции в местах неудовлетворительного состояния надземных конструкций (при наличии трещин, просадок, перекосов, деформаций) отрывается не менее 2-3 шурфов; при ликвидации затопления подземной части сооруже-

ния – по одному шурфу в каждой сырой части здания; при углублении подвала – по одному у каждой стены углубляемого помещения.

Для количественной оценки прочности, устойчивости и несущей способности основания и конструкций здания необходимо выполнить анализ динамики развития дефектов, связанных с неравномерными осадками здания.

Наблюдения за осадками ведут посредством установки маяков, а также при помощи геодезических и других инструментальных методов. Предельно допустимые значения осадок деформаций составляют для многоэтажных панельных зданий  $\Delta s \leq 0,0007L$ , для кирпичных и блочных зданий  $\Delta s \leq 0,001L$ .

При детальном обследовании фундаментов в отрывных шурфах определяются тип фундамента, его форма, размеры, глубина заложения; выявляются выполненные ранее подводки, усиления; исследуется материал фундамента механическими и физическими неразрушающими методами, описанными выше.

Ширина подошвы фундамента и глубина его заложения определяется натурными обмерами, для этого боковую поверхность фундамента очищают от грунта, а замеры выполняют любым линейным измерительным прибором.

Визуальная оценка состояния фундамента содержит характеристику камня и раствора (состояние бетона), наличие пустых швов, местных разрушений.

Для уточнения результатов натурных испытаний в случаях, когда прочность материала является решающей характеристикой при определении возможности увеличения нагрузки (надстройка здания, изменение его функционального назначения, замена легких конструкций тяжелыми, увеличение веса оборудования и пр.), производятся лабораторные испытания отобранных в конструкциях образцов.

#### **4.2.5. Методы оценки воздухозащитных свойств ограждающих конструкций**

Герметичность сборных, сборно-монолитных и монолитных зданий определяется степенью воздухопроницаемости стыков, мест пропуска инженерных коммуникаций, а также самих конструкций. Наиболее уязвимыми с точки зрения герметичности

являются стыки стеновых панелей. Проверка герметичности стыковых соединений, а также примыканий оконных блоков проводится путем сопоставления фактической воздухопроницаемости с нормативными значениями (табл.4.6).

Количественный показатель герметичности – воздухопроницаемость оценивается как количество воздуха, протекающее в единицу времени через единицу конструкции (1 п.м. или 1 м<sup>2</sup>) при разности давлений по обе стороны ограждения 1 м.в.ст. Значение воздухопроницаемости стыков стеновых панелей не должно превышать 0,5 кг/м<sup>2</sup>·ч.

Таблица 4.6.

Нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Вид ограждающей конструкции	Воздухопроницаемость $G^H$ , кг/м <sup>2</sup> ·ч, не более
Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных и административных зданий и сооружений	0,5
Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий и сооружений	1
Стыки между панелями наружных стен:	
а) жилых зданий	0,5
б) производственных зданий	1
Входные двери в квартиры	1,5
Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в переплетах:	
а) пластмассовых или алюминиевых	5
б) деревянных	6
Окна производственных зданий с кондиционированием воздуха	6
Окна, двери и ворота производственных зданий	8
Зенитные фонари производственных зданий	10

При недопустимых значениях сопротивления воздухопроницаемости предлагаются мероприятия по ее улучшению, т.е. восстановлению воздухозащитных свойств конструкций и стыковых соединений.

Оценка герметичности может проводиться визуально – на слух, на ощупь, на вид, а также инструментально.

Сущность метода инструментального испытания заключается в измерении расхода воздуха, проходящего через единицу конструкции.

К стыку с наружной стороны стены вплотную приставляют обойму из кровельной стали длиной 1 м и шириной 20 см. В местах пересечений стыков размер обоймы 50×50 см. Края обоймы герметизируют для исключения утечки.

Через вентилятор откачивается воздух из камеры, что вызывает фильтрацию воздуха через стык. В испытательную камеру попадает воздух, с помощью датчиков температуры и скорости движения воздуха фиксируются показания измерений. Испытания длительностью 5 минут проводят при зафиксированной разности давлений. По тарифовочным графикам, прилагающимся к прибору, определяется герметичность конструкции, стыков.

Подобная установка используется для определения воздухопроницаемости материала конструкции, оконных заполнений. Обойма в этих случаях должна охватывать по периметру всю площадь светопроема. О воздухопроницаемости конструкции, стыков можно судить также по величине теплового потока, проходящего через них.

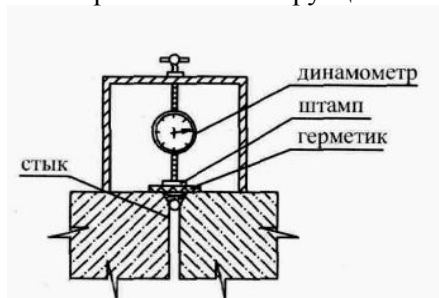
Для получения достоверных результатов испытаний необходимо соблюдать определенный порядок проведения контроля. Испытания должны проводиться в теплое, сухое время, не ранее, чем через 7 дней после герметизации стыковых соединений. Выявление дефектов мест стыков производится сначала визуально, с помощью лупы. Осмотр ведется с балконов или телескопической башни, люльки.

Воздухопроницаемость стыков оценивается на участках с наибольшими дефектами не менее 3 раз в одной точке. Измерения проводят в 3 точках по длине. За итоговое принимают самое наихудшее значение.



#### 4.2.6. Оценка адгезии герметика

После восстановления герметичности стыков производится проверка прочности сцепления (адгезии) герметика к бетону, толщины слоя герметика и относительного удлинения при разрыве. Испытания следует проводить не ранее 7 дней после герметизации при помощи адгезиометра – прибора для определения сцепления герметика с наружной стеновой панелью или гидроизоляции с поверхностью конструкции.



**Рис. 4.12.** Принцип работы адгезиометра для оценки сцепления герметика с поверхностью конструкции.

Порядок испытания заключается в том, что по периметру здания в верхних, средних этажах, вблизи мест пересечения вертикальных и горизонтальных стыков на герметик наклеивают штампы. Адгезия проверяется через сутки после их наклейки. Острым ножом герметик подрезают вокруг штампа, чтобы не отрывать весь материал. По величине прикладываемой механической силы, фиксируемой динамометром, определяют качество сцепления герметика с конструкцией.

#### 4.2.7. Оценка параметров микроклимата помещений жилых зданий

Микроклимат – это совокупность физических параметров воздушной среды в помещении, при которых обеспечивается длительное комфортное пребывание людей в нем.

Комфорт помещения определяется следующими эксплуатационными параметрами:

- температура воздуха в помещении и на поверхности наружных ограждающих конструкций;
- влажность воздуха и ограждающих конструкций;

- скорость движения воздуха;
- химический состав воздуха;
- освещенность;
- звукоизоляция.

Нормативные значения этих параметров в зависимости от функционального назначения здания и помещений регламентируются строительными нормами и правилами.

### **Измерение температуры воздуха**

Комфортная температура в жилых помещениях составляет 18°C (для угловых комнат - 20°C), кухонь и лестничных клеток - 16°C, ванных комнат - 25°C, ванных, оборудованных индивидуальными нагревателями - 18°C.

Суточные колебания температуры воздуха в жилых помещениях допускаются в пределах 1,5°C, предельные значения перепадов между расчетной температурой внутри помещения и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции составляют: 4°C для наружных стен, 2°C для перекрытий над проездами, подвалами и подпольями, 3°C для покрытий и чердачных перекрытий.

Температуру воздуха в помещениях измеряют, как правило, обыкновенными ртутными термометрами, устанавливаемыми в центре помещения на расстоянии 20 см от угла наружных ограждающих конструкций на высоте 1,5 м от пола.

При необходимости более точных измерений термометры устанавливают на специальных штативах во внутренних и наружных углах помещения на расстоянии 30 см от стены и в центре помещения. В каждом месте измерения проводятся в трех точках: на высоте 10 см от пола, 1,5 м от пола и 15 см от потолка помещения.

Для оценки изменения температуры воздуха внутри помещения в течение длительного времени (например, в течение суток) применяют термограф, воспринимающий и фиксирующий суточные колебания температуры.

## Измерение температуры поверхности ограждающих конструкций

В процессе эксплуатации здания необходимо проводить контроль теплозащитных свойств ограждающих конструкций, особенно в местах увлажнения и промерзания, чтобы решить вопрос об их утеплении. Основными расчетными теплотехническими величинами, характеризующими теплозащитные свойства ограждающих конструкций, являются теплопотери через ограждения и температура поверхности конструкции.

Современные тепломеры, термометры оснащаются специальными зондами для непосредственного контакта со строительной конструкцией и измерения температуры, как на поверхности, так и внутри нее.

При измерении температуры на поверхности и в толще ограждений датчики температуры устанавливают на высоте 1,5 м от уровня пола. При наличии проема датчики устанавливают по высоте на расстоянии 25 см от пола и потолка.

Продолжительность наблюдений должна составлять в зимний период 3-4 недели с интервалом между замерами в 3 часа, и в летний период 15-20 дней с интервалом между замерами в 1 час.

## Измерение влажности воздуха

Условия эксплуатации ограждающих конструкций зависят от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства (см. табл. 4.7).

Таблица 4.7.

Влажностный режим помещений в зимний период

Режим эксплуатации	Влажность внутреннего воздуха, % при температуре		
	до 12°C	св. 12 до 24°C	св. 24°C
Сухой	< 60	< 50	< 40
Нормальный	60 - 75	50 - 60	40 - 50
Влажный	> 75	60 - 75	50 - 60
Мокрый	-	> 75	> 60

Относительную влажность воздуха в помещении можно определять при помощи психометра Ассмана, который состоит из 2 термометров: сухого и влажного, т.е. обернутого влажной ма-

терией. Интенсивность испарения воды с поверхности смоченного термометра зависит от влажности окружающего воздуха: чем ниже относительная влажность воздуха, тем быстрее вода испаряется и тем ниже показания термометра. Разность в показаниях термометров характеризует относительную влажность среды, которую определяют по таблицам и психометрическим графикам, прилагаемым к прибору.

Для непрерывных наблюдений за изменением влажности воздуха в течение суток используются метеорологические гигрографы, состоящие из датчика влажности и регистрирующей части. Гигрограф, также как и термограф, устанавливается в середине комнаты на высоте 1,5 м от уровня пола, в стороне от отопительных приборов и воздушных потоков (окон, дверей и т.д.), которые могут исказить истинное состояние температурно-влажностного режима.

### **Измерение влажности ограждающих конструкций**

Плоскость возможной конденсации влаги в однослойной ограждающей конструкции располагается на расстоянии, равном  $\frac{2}{3}$  толщины конструкции от ее внутренней поверхности, а в многослойной конструкции совпадает с наружной поверхностью утеплителя.

Влажность материала ограждающих конструкций определяют по анализу проб, отобранных на высоте 1 – 1,5 м от уровня пола при помощи шлямбура. Пробы берут в трех местах по полю исследуемой конструкции (каменной кладки, панели), в слоистых конструкциях из каждого слоя, в сплошных каменных конструкциях через 10 см по толщине.

Измерение влажности в условиях эксплуатации производят при помощи влагомеров.

На поверхности конструкции выбирают ровные участки размером 30×30 см, из расчета 1 участок на 1,5 м<sup>2</sup> поверхности и производят измерение влажности на поверхности конструкции.

Влажность материала конструкций можно измерять также с помощью термощупа. Действие прибора основано на зависимости величины теплопроводности материала от содержания в нем влаги. На поверхности строительной конструкции чертится сетка и термощупом определяется температура в отдельных точках.

Точки одинаковой температуры соединяются. В зоне более низких температур конструкция увлажнена.

### **Оценка скорости движения воздуха**

Измерения скорости движения воздуха проводят анемометрами и кататермометрами.

Скорость движения воздуха контролируется в тех же точках помещения, что и температура, и относительная влажность воздуха. Измерения проводятся не менее 3 раз в каждой точке с минимальным разрывом по времени.

Допустимое значение скорости движения воздуха для жилых помещений составляет 0,2 м/с.

В закрытых помещениях измерить скорость движения воздуха чашечными или крыльчатыми анемометрами довольно затруднительно. Поэтому применяют кататермометр, который представляет собой спиртовой термометр с цилиндрическим резервуаром и трубкой, верхний конец которой переходит в небольшой резервуар. Прибор работает по принципу зависимости скорости движения воздуха от скорости охлаждения прибора. Кататермометр нагревают до определенной температуры и измеряют скорость падения температуры, по тарировочным графикам определяют скорость движения воздуха.

### **Анализ химического состава воздуха в помещениях**

При эксплуатации зданий необходимо знать предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и уметь определить их содержание.

По своему агрегатному состоянию вредные вещества в воздухе могут находиться в виде паров, аэрозолей, пыли или смесей паров с аэрозолями.

Различают 4 класса опасности вредных веществ по действию на организм человека:

- I чрезвычайно опасные – серная кислота, гексахлоран, сулема, свинец, ртуть и пр.;
- II высоко опасные – окислы азота, хлористый и серный ангидриды и пр.;
- III умеренно опасные – сероводород с углеводородами и пр.;

- IV мало опасные – уайт-спирит, бензин и пр.

Содержание вредных веществ не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), периодичность контроля в воздухе рабочей зоны устанавливается в зависимости от класса опасности: для I класса – раз в 10 дней, для II класса – раз в месяц, для III и IV класса – раз в 3 месяца.

Существуют различные методы определения наличия и концентрации в воздухе вредных веществ, запыленности воздуха.

Линейно-колористический метод заключается в окрашивании специальных порошков в индикаторных трубках, через которые проходит исследуемый воздух. Длина окрашенного слоя пропорциональна концентрации исследуемого вещества.

Принцип действия интерферометров основан на замере смещения интерференционной картины при прохождении луча света через камеры, содержащие чистый и загрязненный воздух.

Запыленность воздуха можно оценить аспирационным или седиментационным методами. Первым методом определяют количество взвешенной пыли в воздухе в процессе кратковременных наблюдений. Вторым методом в процессе длительного наблюдения определяют количество оседающей пыли на улавливающей поверхности.

Современные газоанализаторы позволяют определить присутствие в воздухе ацетилена, хлора, аммиака, ацетона, оксидов азота и углерода и других веществ. Состав воздуха в кухнях можно определять при помощи универсального переносного газоанализатора, состоящего из корпуса, в котором находится комплект ампул, и коробки с воздухозаборным устройством.

В зависимости от принципа действия различают фотоэлектрические, фотоколориметрические, ионизационные газоанализаторы. Например, в измерительной камере фотоионизационного газоанализатора происходит ионизация контролируемых веществ вакуумным ультра-фиолетовым излучением. Ионы под действием электрического поля перемещаются в ионизационной камере. Получаемый токовый сигнал пропорционален концентрации анализируемых веществ. При этом компоненты чистого воздуха не ионизируются. Значения концентрации в  $\text{мг/м}^3$  представляется в цифровом виде на жидкокристаллическом индикаторе.

При обследовании необходимо выявлять источники поступления агрессивных веществ, определять их вид, концентрацию, пределы распространения, фиксировать пики выделения, их цикличность, повторяемость во времени. По результатам обследований устанавливаются причины поступления вредных веществ, составляется перечень конструкций и элементов, подвергающихся их воздействию, и даются рекомендации и предложения по устранению последствий вредного воздействия на конструкции.

### **Измерение звукоизоляции ограждающих конструкций**

Повышенный уровень шума остается одной из наиболее острых проблем для городских территорий, более 60% которых подвержено постоянному сверхнормативному шумовому воздействию. 25-30% жалоб жителей Москвы связано с повышенным шумовым воздействием, по данным проверок около 80% жалоб подтверждается.

Основными источниками шума на территории города и в других населенных пунктах являются автотранспортные потоки на улицах и дорогах, железнодорожный транспорт и наземные линии метро, средства воздушного транспорта, строительная техника, промышленные предприятия и площадки, трансформаторы, инженерное оборудование зданий, а также шумы «бытового происхождения», т.е. источники шума внутри групп жилых домов.

Нормируемыми параметрами звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, а также вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий являются индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией  $I_v$  в дБ и индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием  $I_y$  в дБ.

Таблица 4.8.

Нормативные значения индексов изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией и индексов приведенного уровня ударного шума под перекрытием для жилых зданий

Наименование и расположение ограждающей конструкции	I <sub>в</sub> , дБ	I <sub>у</sub> , дБ
1	2	3
Перекрытия между помещениями квартир	50	67
Перекрытия между помещениями квартир и неиспользуемыми чердачными помещениями	47	-
Перекрытия между помещениями квартиры и подвалами, холлами и используемыми чердачными помещениями	50	67
Перекрытия между помещениями квартир и расположенными внизу магазинами	55	67
Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными внизу ресторанами, спортивными залами, кафе и другими подобными помещениями	60	67
Перекрытия между комнатами в двухэтажной квартире	41	75
Перекрытия, отделяющие помещения культурно-бытового обслуживания общежитий друг от друга и от помещений общего пользования (холлы, вестибюли, коридоры)	45	75
Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартиры и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями	50	-
Стены между помещениями квартиры и магазинами	55	-
Стены между помещениями квартиры и ресторанами, спортивными залами, кафе и другими подобными помещениями	60	-
Перегородки без дверей между комнатами, между кухней и комнатой в квартире	41	-
Перегородки между комнатами и санитарным узлом одной квартиры	45	-
Входные двери квартир, выходящие на лестничные клетки, в холлы, вестибюли и коридоры	30	-
Лестничные клетки и марши	-	67
Стены и перегородки, отделяющие помещения культурно-бытового обслуживания общежитий друг от друга и от помещений общего пользования (холлы, вестибюли, и лестничные клетки)	45	-



Измеренные значения уровня шума должны быть равными или меньше нормативных значений.

Для определения звукоизолирующей способности конструкции применяют шумомеры. В помещении устанавливают генератор белого шума, который, имея набор полосовых фильтров, через усилитель подает на громкоговоритель генерированный шум, уровень которого фиксируется индикатором в помещении с другой стороны исследуемой конструкции.

Благодаря изолирующим свойствам конструкции звук, генерируемый в первом помещении, поступает во второе помещение значительно меньшего уровня и воспринимается микрофоном шумомера. Звук с помощью полосовых фильтров анализатора фиксируется индикатором.

Измерения следует проводить в каждой частотной полосе не менее чем в 6 точках. Микрофон располагается не ближе 1 м от громкоговорителя и 0,7 м от ограждения.

При измерении звукоизолирующей способности от ударного шума вместо генератора шума применяют ударную машину. Ударные шумы воспроизводят не менее чем 3 трех местах с измерением проникающих шумов не менее 3 раз от каждой установки.

При проектировании ограждающих конструкций, предназначенных для защиты от шума, следует принимать наиболее эффективные по изоляции воздушного шума конструкции – однослойные с пустотами или из бетонов на пористых заполнителях и ячеистых бетонов, или однослойные конструкции с тонкой облицовкой (сухая штукатурка и другие подобные материалы) и воздушным промежутком.

Повышение изоляции воздушного шума дверьми может быть достигнуто плотной пригонкой полотна к коробке, а также за счет устранения щели между дверью и полом при помощи порога с уплотняющими прокладками или фартука из прорезиненной ткани или резины, а также применением уплотняющих прокладок в притворах дверей.

Повышение изоляции воздушного шума окнами может быть достигнуто увеличением толщины стекол, увеличением толщины воздушного промежутка между стеклами, уплотнением притворов переплетов, закреплением стекол в переплетах с помо-

щью упругих прокладок, применением запорных устройств, обеспечивающих плотное закрывание окон.

В стенах, перегородках и перекрытиях жилых, общественных и вспомогательных зданий в местах пересечения их трубопроводами необходимо предусматривать гильзы, а пространство между трубой и гильзой заполнять вязкоупругим материалом. Присоединение трубопроводов к коллекторам следует предусматривать через гибкие вставки или виброизолирующие прокладки во фланцах.

При пересечении трубами двойных стен, перекрытий с раздельным полом или с раздельным потолком, трубы и другие коммуникации не должны создавать жесткой связи между элементами конструкции. Необходимо предусматривать отделение труб и других коммуникаций от конструкций раздельного пола, раздельного потолка, одного из элементов двойной стены прокладками из вязкоупругого материала.

### **Измерение освещенности**

Световые волны – это вид электромагнитных волн, различающихся по длине и частоте колебаний.

Параметры оценки освещенности:

- сила света в канделах (кд),
- световой поток в люменах (лм),
- яркость поверхности в  $\text{кд/м}^2$ ,
- освещенность в люксах (лк).

Освещенность обеспечивается путем устройства естественного и искусственного освещения (окна и светильники). Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение, которое подразделяется на верхнее, боковое и комбинированное.

Естественное освещение характеризуется коэффициентом естественной освещенности, определяемом как отношение естественной освещенности внутри помещения в заданной плоскости к наружной горизонтальной освещенности в тот же момент времени.

Освещенность определяется ориентацией здания по сторонам света. Для климатической зоны, в которой располагается Моск-

ва, с точки зрения освещенности, желательна ориентация окон на юг.

Для соблюдения норм освещенности в жилых помещениях размер световых проемов принимается по отношению к площади освещаемого пола как: 1:8, в служебных и 1:10. Размер светового проема должен быть равен площади проема за вычетом 15% площади, приходящейся на оконные устройства.

Для оценки освещенности рассчитывают коэффициент переменной освещенности естественным освещением – отношение освещенности внутри помещения к одномоментной освещенности снаружи. Для жилых и общественных зданий колеблется в пределах 1,5-2. При дополнительном искусственном освещении – от 2 до 7.

Освещенность измеряют люксметрами (рис. 4.13).

В качестве анализатора люксметра используется селеновый фотоэлемент, а гальванометр фиксирует изменение величины силы тока. При попадании световых лучей на приемную часть фотоэлемента в схеме прибора возникает поток электронов, который создает электрический ток с силой, пропорциональной интенсивности освещения.



**Рис. 4.13.** Люксметр.

Если освещенность превышает 500 лк, то на фотоэлемент надевают поглотитель, который расширяет основные пределы измерения в 100 раз, что позволяет измерять освещенность до 50000 лк.

Освещенность оценивается в плоскости, перпендикулярной плоскости остекления световых проемов в уровне условной рабочей поверхности, т.е. на высоте 0,8 м от уровня пола. Измерения проводят не менее чем в 5 точках, на равном расстоянии друг от друга, располагая первую и последнюю точки на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн. Оптимальное время для измерений с 11 до 14 ч.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное и охранное. Рабочее освещение предусматривается для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Кроме оценки освещенности помещения определяется коэффициент светопропускания стекол, как отношение плотности светового потока, прошедшего на внутреннюю поверхность остекления к плотности светового потока, падающего на наружную поверхность. Для этого датчик люксметра прикладывается к наружной и внутренней поверхности стекол. Измерения проводятся не менее чем, в 3 светопроемах, по 3 измерения в каждом.

#### **4.3. Техника безопасности и охрана труда при проведении обследования конструкций и помещений здания**

Перед обследованием конструкций намечается план безопасного ведения работ, как с временным прекращением эксплуатации, так и без прекращения эксплуатации здания или отдельных его участков. План должен предусматривать мероприятия, исключающие возможность обрушения конструкций, поражения людей газом, током, паром, огнем, наезда транспорта и т.п. Все опасные зоны обозначаются знаками безопасности, предупредительными надписями и плакатами. Постоянно действующие опасные зоны должны быть ограждены защитными ограждениями.

Для обеспечения непосредственного доступа к конструкциям могут быть использованы имеющиеся в здании средства. При отсутствии таковых устраивают подмости, леса и площадки, настилы, люльки, приставные лестницы, стремянки.

Работники, выполняющие работы по обследованию зданий и сооружений, должны быть снабжены защитными касками, проверенными и испытанными предохранительными поясами, со страхующими канатами, а при работе на крыше – нескользящей обувью.

Работы с приставных лестниц допускаются на высоте не более 1,3 м от земли или пола. Переносные лестницы должны иметь устройства, предотвращающие при работе возможность

сдвига и опрокидывания. Все работы по осмотру, обмерам и испытаниям конструкций на высоте более 3 метров, как правило, проводятся с подмостей.

Ежедневно перед началом работ необходимо провести проверку состояния лесов, подмостей, ограждений, люлек, лестниц. В случае их неисправности должны быть приняты необходимые меры по ремонту. Состояние инструментов и приспособлений, используемых при обследовании зданий, должно проверяться перед каждым их употреблением. При несоответствии их качества нормативным требованиям они должны быть заменены.

Работы по обследованию аварийных зданий или аварийных частей здания могут производиться только после проведения соответствующих охранных мероприятий.

Электронные приборы, применяемые при акустических радиометрических и магнитных испытаниях, имеют высокое напряжение. Поэтому, чтобы избежать несчастных случаев или травм, для работы в стационарных условиях должны быть подготовлены специальные, изолированные от других помещения (с токонепроводящими полами), не допускающие образования конденсата и высокой температуры. Подводка энергии к приборам должна иметь специальное защитное покрытие, а на распределительных щитах должны быть наименованы присоединения и указана величина номинального тока. Электронная аппаратура заземляется и устанавливается на жестких конструкциях (щитках, панелях, стойках), не подвергающихся вибрациям.

## **5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

### **5.1. Классификация повреждений конструктивных элементов здания**

Повреждения можно классифицировать с точки зрения причин, их вызывающих на:

- повреждения, вызванные воздействием внешних факторов природного и искусственного происхождения;
- повреждения, вызванные воздействием технологических факторов;

- повреждения, связанные с проявлением дефектов проектирования и строительства зданий;
- повреждения, связанные с нарушением правил эксплуатации.

В зависимости от характера проявления различают следующие повреждения:

- нарушение до полного разрушения структуры материала, вызванное влиянием грунтовых или поверхностных вод, поражением грибом, эрозией, коррозией, механическими повреждениями из-за аварий, стихийных бедствий или неправильной эксплуатации здания (например, фундаменты, подвальные стены, стены, колонны и т.д.);
- трещины в конструкциях, вызванные местной перегрузкой, неправильным армированием на опорах (например, в перекрытиях), ослаблением основания, неравномерной осадкой из-за заложения фундаментов на разной глубине, нахождением на грунтах разной несущей способности, а также вследствие нарушения структуры материала;
- боковые прогибы фундаментов и подвальных стен, вызванные односторонним давлением грунта или распором, отклонение стен и колонн от вертикали;
- прогибы перекрытий, балок, сводов вследствие перегрузки или частичной потери несущей способности. При ограниченных прогибах трещины на перекрытии не появляются, однако при дальнейшем прогибе может произойти обвал всего перекрытия;
- боковой прогиб перегородок (выпучивание);
- повреждения внутренней или наружной штукатурки, облицовки, слоя окраски стен или потолков (в виде трещин, отслоений, шелушений и т.п.);
- повреждения столярных изделий;
- повреждения теплоизоляции внутреннего слоя в сборных железобетонных конструкциях;
- повреждения электросети, санитарно-технического оборудования.

Основные виды ремонта строительных конструкций подразделяются на:

- восстановление (восстановление защитных покрытий, заделка трещин, восстановление температурно-влажностного режима и т.д.);
- усиление (увеличение сечения элемента, устройство обойм, усиление узлов и т.д.);
- замена (устройство тяжей, опор, изменение расчетной схемы, замена новым элементом и т.д.).

Методы ремонта выбирают в зависимости от степени физического износа здания и его отдельных элементов, а также от характера неисправностей и повреждений (таблица 5.1.). Потерю несущей способности устраняют путем усиления конструкций и элементов при внеочередном ремонте (по необходимости), другие повреждения устраняют при плановых капитальных и текущих ремонтах путем восстановления эксплуатационных свойств.

Методы ремонта основных несущих конструкций зданий:

- нанесение штукатурного слоя;
- торкретирование;
- инъектирование;
- наращивание с армированием;
- установка тяжей, обойм, хомутов, каркасов, поясов, затяжек и т.д.;
- изменение статической схемы (например, для балконов);
- замена лицевого слоя конструкции (кладки, облицовки);
- утепление конструкций, стыков;
- герметизация стыков;
- замена конструкций.

Таблица 5.1.

### Характеристика неисправностей элементов зданий

Период эксплуатации здания	Физический износ здания, %	Методы устранения неисправностей
Приработки, гарантийные ремонты	-	Незначительные неисправности и повреждения в течение 2-х лет устраняются за счет подрядной организации. Наладка и регулировка инженерных систем и оборудования осуществляются эксплуатирующими организациями за

Период эксплуатации здания	Физический износ здания, %	Методы устранения неисправностей
		счет средств текущего ремонта
Нормальной работы	до 20	Незначительные неисправности и повреждения несменяемых элементов устраняются при текущем ремонте, а сменяемых - при текущем или капитальном ремонте
	20-60	Значительные неисправности и повреждения несменяемых и сменяемых элементов устраняются при текущем и капитальном ремонте. При капитальном ремонте могут выполняться работы по повышению уровня благоустройства зданий
Старения и износа	свыше 60	Эксплуатация здания возможна с ограничениями. Восстановление и замена всех изношенных элементов экономически нецелесообразна. Для обеспечения эксплуатации требуется проведение охранных мероприятий и ремонтных работ поддерживающего характера, обеспечивающих безопасное проживание в них людей

## 5.2. Техническая эксплуатация подземной части зданий

Москва является одним из крупнейших мегаполисов мира. Естественные и антропогенные процессы, происходящие на территории города, создают сосредоточенное воздействие на геологическую среду города, вызывая в ней необратимые изменения. Возникающие в геологической среде опасные процессы приводят в свою очередь к деформации зданий и сооружений, ускоренному разрушению подземных коммуникаций, резкому ухудшению экологической обстановки, увеличению риска возникновения чрезвычайных ситуаций.

В условиях старой городской застройки необходимо вести геодезический контроль за состоянием зданий, осадкой их фундаментов, поскольку при изменении эксплуатационных условий



(влажности грунта, надстройке здания, строительстве вблизи здания нового сооружения и т.д.) могут возникать явления просадки этих конструкций.

Прочность и устойчивость зданий в первую очередь зависит от состояния основания. Основанием является часть грунта естественного или искусственного происхождения, которая находится под подошвой фундамента. В процессе эксплуатации основание выступает как конструктивная часть здания.

Наиболее частыми явлениями, возникающими в процессе эксплуатации, являются осадки и просадки здания.

Осадка здания представляет собой естественный процесс, который протекает в течение длительного периода (годы) после ввода здания в эксплуатацию. Величина допустимой осадки зависит от конструктивных особенностей и параметров здания, площади подошвы, статической нагрузки на фундамент, характеристик грунта, условий обводнения и прочих условий эксплуатации и нормируется строительными нормами. Допустимые величины осадок колеблются в пределах 8-40 см.

Явление, связанное с коренным изменением структуры грунта и вызывающее деформацию здания называется просадкой.

С точки зрения осадки здания наиболее благоприятными основаниями являются скальные породы, крупнообломочные грунты, пески крупно-, средне- и мелкозернистые.

Весьма опасным явлением в процессе эксплуатации является разность осадок подошв конструкций подземной части здания, приводящая к неравномерной осадке отдельных конструкций и деформации надземной части здания в целом (рис. 4.4.).

### **5.2.1. Основные факторы изменения физико-механических свойств оснований и фундаментов**

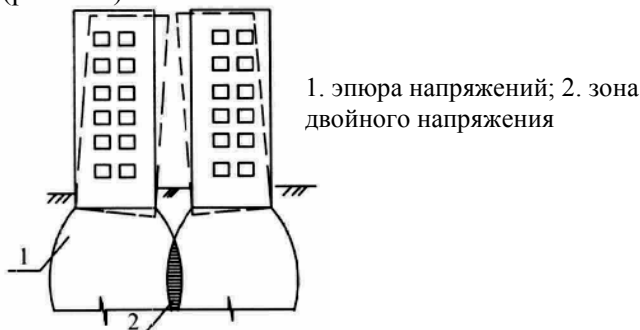
В процессе эксплуатации изменяются первоначальные расчетные физико-механические характеристики грунта (структура, пористость, угол откоса, прочность и пр.) под воздействием многочисленных факторов окружающей среды, таких, как:

- нагрузки – статические, ударные, динамические, вибрационные;
- увлажнение грунта;
- неправильное конструктивное решение;

- набухание грунта;
- морозное пучение грунта;
- карст, суффозионные процессы.

Нагрузки постоянно действуют в условиях городской среды. Длительное действие статических нагрузок приводит к постепенному, медленному уплотнению грунта, изменению его структуры. В свою очередь, динамические и вибрационные нагрузки приводят, наоборот, к разуплотнению грунта, увлажнению и снижению прочности основания.

Если при новом строительстве не учитывается конструктивное решение фундаментов и допустимое расстояние между их осями, то эпюра напряжений под подошвой фундаментов накладывается и напряжение удваивается. Возникают явления просадки и крена (рис. 5.1.).



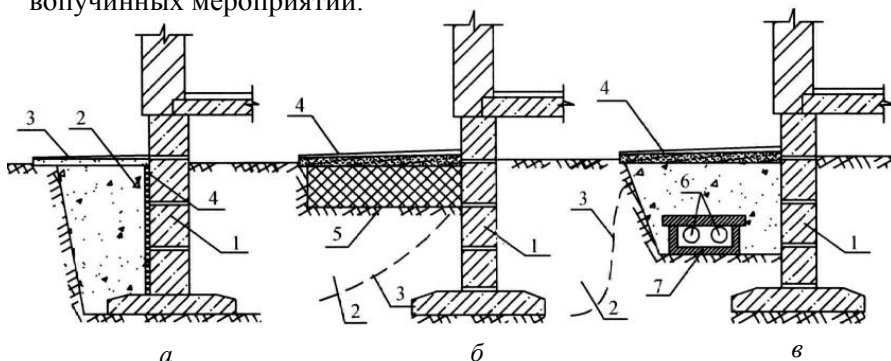
**Рис. 5.1.** Деформации зданий в виде встречного наклона вследствие деформации оснований.

Набухание грунта связано с силами капиллярного подсоса грунтовых вод в глинистых и суглинистых грунтах. Для защиты здания от деформаций, связанных с явлением набухания грунтов, возможна замена грунта гравием, галькой, крупным песком (рис. 5.2.а).

Морозное пучение представляет собой явление, вызванное набуханием и промерзанием основания в случае, если глубина промерзания находится ниже подошвы фундамента в пучинистых грунтах.

Скорость промерзания грунта зависит от влажности. Морозное пучение может произойти при наличии в грунте более 30% мельчайших глинистых частиц размером менее 0,5 мм, промер-

зания грунта в зоне подошвы фундамента, влажности грунта более 10-15%, превосходящих сил морозного пучения над силами вертикальной нагрузки, отсутствии конструктивных противоупучинных мероприятий.



1. фундамент; 2. засыпка пазух гравием, галькой, песком; 3. водонепроницаемое покрытие отмостки; 4. гидроизоляционное покрытие

1. фундамент; 2. пучинистый грунт; 3. граница сезонного промерзания; 4. водонепроницаемое покрытие отмостки; 5. утеплитель из керамзитового гравия; 6. тепломагистраль; 7. железобетонный герметичный лоток

**Рис. 5.2.** *Предохранение фундаментов зданий от явления набухания и морозного пучения грунта основания: а) замена грунта; б) устройство утепленной отмостки; в) прокладка тепломагистрали для прогрева грунта.*

Внешними признаками морозного пучения могут быть бугры, которые возникают на почве, трещины на фасаде здания выше уровня земли.

Для защиты оснований зданий от морозного пучения в период эксплуатации необходимо проводить следующие мероприятия (рис. 5.2.б, в):

- устройство усиленной водонепроницаемой отмостки на ширину, достаточную для защиты фундамента от атмосферных осадков (ширина рассчитывается, исходя из угла растекания);
- устройство по периметру здания пазух, заполняемых непучинистым грунтом;
- устройство прогрева грунта при помощи тепломагистрали;

- устройство воздушного зазора в зоне промерзания грунта.

Фундамент представляет собой конструктивный элемент, воспринимающий нагрузку от надземной части здания и передающий ее основанию. Причинами износа и снижения несущей способности фундаментов являются воздействие нагрузок, а также воздействие грунтовых и поверхностных вод.

### **5.2.2. Основные мероприятия по технической эксплуатации оснований и фундаментов**

В процессе эксплуатации могут применяться такие методы усиления оснований, как осушение грунта путем понижения уровня грунтовых вод, механическое уплотнение грунта или усиление при помощи набивных свай, закрепление грунта тампонажными растворами, термическое закрепление грунта (обжиг), электрохимическое закрепление грунта.

Ремонт и усиление фундаментов производится путем нагнетания тампонажных растворов, устройством защитных покрытий, уширением подошвы фундамента, устройством бетонных и железобетонных обойм и рубашек, передачей нагрузки на дополнительные балки и сваи.

### **Водопонижение**

Выбор способов водопонижения зависит от конструктивных особенностей и размеров сооружения, особенно его подземной части, инженерно-геологических и гидрогеологических условий, размеров осушаемой площади и других условий. Возможны такие способы водопонижения, как дренаж (рис. 3.21, 3.22), применение иглофильтров, устройство скважин, электроосмос.

Дренажные системы применяют в грунтах с коэффициентом фильтрации более 2 м/сутки.

Существует несколько типов дренажей, отличающихся по принципу действия:

- трубчатый горизонтальный самотечный дренаж, применяемый при глубине заложения до 5-6 м;
- трубчатый горизонтальный дренаж с принудительной откачкой;
- вакуумный дренаж, применяемый в малопроницаемых

грунтах с целью большего снижения УГВ или сокращения общего периода осушения грунта;

- пристенный дренаж, устраиваемый в малопроницаемых и слоистых грунтах при положении УГВ ниже подошвы подземного сооружения;

- вертикальный дренаж, включающий систему открытых водопонижительных скважин, оборудованных насосами;

- сопутствующий дренаж, применяемый для защиты территорий от обводнения в результате протечек из водонесущих коммуникаций;

- систематический дренаж, состоящий из ряда параллельных дрен и обеспечивающий снижение УГВ на заданной площади с учетом нормы дренирования;

- береговой дренаж, защищающий территорию от подтопления со стороны водотока и водоема (реки, озера, водохранилища и т.п.) и располагаемый вдоль береговой линии.

Иглофильтровый способ при вакуумном водопонижении (вакуум развивается в зоне фильтрового звена иглофильтра) применим в малопроницаемых грунтах с коэффициентом фильтрации от 0,1 до 2 м/сутки, электроосмотический способ – в слабопроницаемых грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сутки.

Воды от водопонижительных систем, как правило, отводят самотеком в существующие водостоки. В случае необходимости устанавливают специальные насосные станции с резервуарами.

### **Усиление оснований**

Закрепление грунтов производится в целях повышения их прочности и водонепроницаемости. Для устройства закрепленных массивов в зависимости от их назначения и грунтовых условий применяются следующие способы (рис. 5.3):

- инъекционный (путем нагнетания в грунт химических цементационных растворов с помощью инъекторов или в скважины – смолизация, силикатизация, цементация);

- бурсмесительный (путем разработки и перемешивания грунта с цементом или цементными растворами в скважинах);

- термический (путем нагнетания в скважины высокотемпературных газов или с помощью электронагрева грунта).

Инъекционные способы закрепления грунтов применяют в следующих грунтовых условиях:

- силикатизацию и смолизацию – в песчаных, просадочных грунтах;
- цементацию – в трещиноватых скальных и крупнообломочных грунтах, а также для заполнения карстовых полостей и закрепления закарстованных пород.

Под подошву фундамента заводится иньектор, раствор из бака при помощи компрессора под давлением нагнетается в грунт. В зависимости от пористости грунта и конкретных условий организации работ растворы нагнетают под давлением 10-20 атм, при этом радиус зоны закрытия составляет от 0,4 до 1 м.

Объем нагнетаемого раствора определяется, исходя из коэффициента пористости грунта и объема закрепляемого грунта.

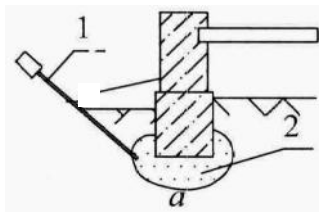
Буросмесительный способ применяют для закрепления илистых, глинистых и суглинистых грунтов, с включением слоев рыхлых и средней плотности песков, а также лессовых просадочных грунтов.

Для закрепления лессовых просадочных грунтов также применяют термический способ.

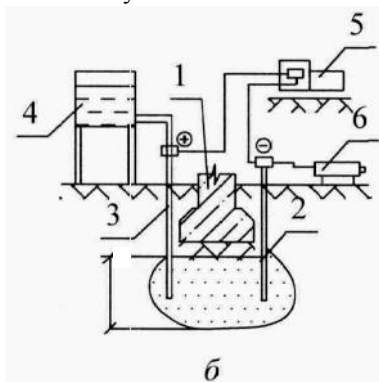
### **Усиление фундаментов**

Характерные дефекты и повреждения фундаментов, а также возможные причины их появления приведены в таблице 5.2.

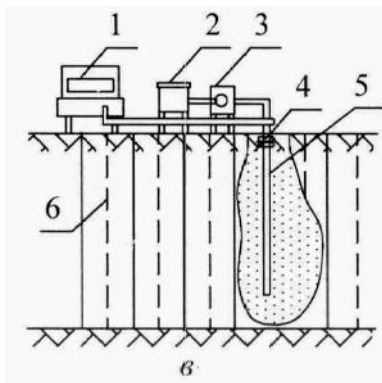
Усиление фундаментов осуществляется при реконструкции зданий (особенно при увеличении полезной нагрузки в здании) или ликвидации последствий аварийных просадок, и выполняется следующими способами (рис. 5.4):



1. иньектор  
2. зона усиления основания



1. фундамент; 2. катод; 3. анод;  
4. бак для раствора; 5. генератор  
постоянного тока; 6. насос для  
откачки воды



1. компрессор; 2. бак для топлива;  
3. насос; 4. форсунки; 5. скважина;  
6. просадочный грунт

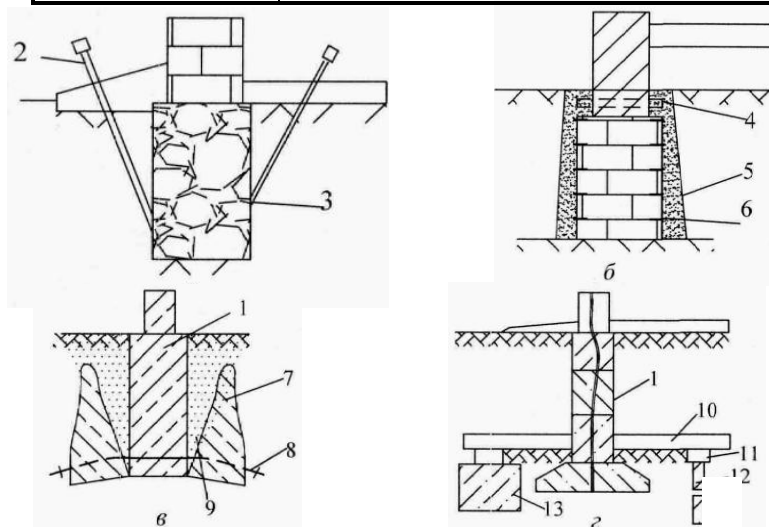
**Рис. 5.3.** Методы усиления оснований: а) иньектирование, б) электрохимическое закрепление; в) термическое закрепление.

Таблица 5.2

Повреждения фундаментов и причины их появления

Наименование повреждения	Причины появления повреждения
Расслоение кладки фундамента	-отсутствие перевязки каменной кладки; -потеря прочности раствора кладки при длительной эксплуатации, систематическом замачивании, воздействии агрессивных факторов среды и пр.; -перегрузка фундамента при надстройках, замене несущих конструкций и т.д.
Трещины в железобетонной фундаментной плите	-недостаточная площадь сечения рабочей арматуры; -перегрузка фундамента

Наименование повреждения	Причины появления повреждения
Разрыв фундамента по высоте	-неправильное устройство фундамента при пучинистом грунте
Разрушение боковых поверхностей фундамента	-воздействие агрессивных факторов среды; -поднятие УГВ; -отсутствие защитных покрытий
Недопустимые осадочные деформации	-недостаточная опорная площадь подошвы фундамента; -перегрузка фундамента наличие в основании сильно сжимаемых грунтов
Деформация фундаментной стены (выгибы)	-потеря прочности материала фундаментной стены; -морозное пучение; -дополнительная нагрузка на основание вблизи здания



1. фундамент; 2. иньектор; 3. дефектные места; 4. металлическая балка; 5. бетон; 6. железобетонные плиты; 7. железобетонные плиты; 8. металлический тяз; 9. песок; 10. железобетонные балки; 11. центрирующие прокладки; 12. свайные опоры; 13. балочные опоры

**Рис. 5.4.** Примеры способов усиления фундаментов: а) иньектирование, б) уширение фундамента; в) железобетонная рубашка с обжатием грунта; г) устройство дополнительного фундамента для передачи нагрузки.



- укрепление фундаментов;
- увеличение опорной площади;
- заглубление фундаментов;
- подводка под колонны нового фундамента;
- устройство под зданием плиты;
- подведение дополнительных опор;
- усиление фундаментов вдавливаемыми сваями;
- усиление фундаментов буроинъекционными сваями.

После завершения всех работ по реконструкции и ликвидации аварий и приложения всех нагрузок в течение не менее года производится инструментальное геодезическое наблюдение за осадками и кренами. Техническая эффективность усиления фундаментов реконструируемых и аварийных зданий оценивается по материалам геодезического наблюдения за их осадками и кренами.

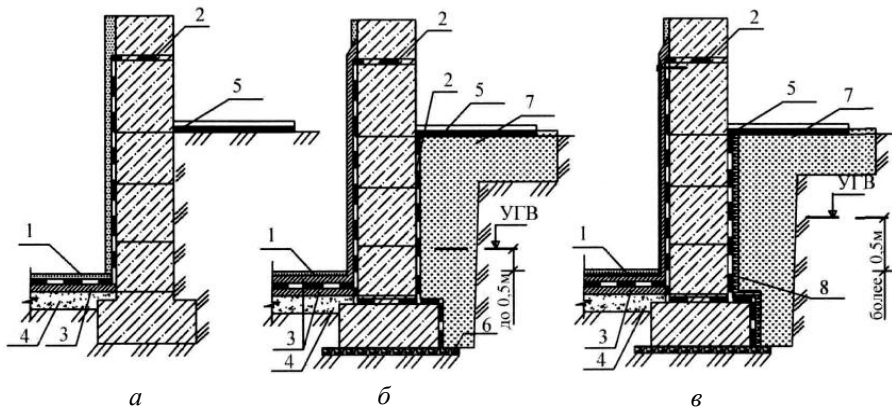
### **Восстановление гидроизоляции**

Необходимость восстановления гидроизоляции в процессе эксплуатации диктуется изменившимися факторами, определяющими вид гидроизоляции (изменение уровня грунтовых вод, степени насыщенности грунтовых вод химическими веществами, рост культурного слоя и пр.). Кроме того, в реконструируемых или аварийных зданиях, имеющих длительный срок эксплуатации, в подавляющем большинстве случаев гидроизоляция нарушена, а в некоторых случаях и отсутствует.

Конструкция гидроизоляции должна выбираться в зависимости от гидростатического напора подземных вод на уровне пола наиболее заглубленного помещения, а также требований заданного режима влажности помещений, грунтовых условий и агрессивности окружающей грунтовой среды.

Горизонтальную гидроизоляцию предусматривают в стенах (наружных, внутренних и перегородках) выше отместки здания или сооружения, а также ниже уровня пола цокольного или подвального этажа, вертикальную гидроизоляцию – в подземной части стен с учетом гидрогеологических условий и назначения помещений. Верхнюю границу гидроизоляции стен следует принимать на 0,5 м выше максимального прогнозируемого уровня подземных вод.

Восстанавливаемый гидроизоляционный слой должен быть непрерывным на всей изолируемой поверхности. При проектировании гидроизоляции следует учесть, что водонепроницаемость сооружений может быть обеспечена применением плотного монолитного бетона специального состава с пластифицирующими и водоотталкивающими добавками.



1. конструкция пола; 2. гидроизоляция; 3. бетон; 4. щебеночная подготовка; 5. отсостка; 6. щебень с проливкой битумом; 7. глиняный замок; 8. прижимная защитная стенка

**Рис. 5.5.** Гидроизоляция фундаментов: а) при отсутствии напорных грунтовых вод, б) при уровне грунтовых вод выше уровня пола до 0,5 м; в) то же, более 0,5 м.

Для гидроизоляции подземных сооружений применяют: окрасочные (битумные, битумно-полимерные), штукатурные (цементные, из холодных и горячих асфальтовых мастик), торкретные (штукатурные), литые (асфальтовые, пластмассовые) материалы и т.п. При применении гидроизоляции из рулонных полимерных материалов могут быть использованы различные пленки – полиэтиленовые, полипропиленовые, поливинилхлоридные, гидропластовые, стеклопластовые, стеклорубероидные и др.

Как правило, если УГВ ниже отметки пола подвала, то вертикальная гидроизоляция может быть обмазочной. Если УГВ выше уровня пола, то появляется напор воды, поэтому необходима дополнительная оклеечная гидроизоляция в 2 слоя. Если

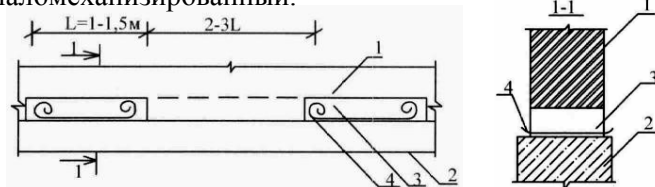
УГВ выше пола заглубленного помещения более чем на 0,5 м, то необходима усиленная гидроизоляция. Применяют защитную кирпичную стенку в четверть или в половину кирпича, при этом необходимо усилить пол устройством специальной железобетонной плиты с рабочей арматурой в верхней зоне. Пазухи котлована засыпаются грунтом попеременно с жирной глиной (глиняный замок).

При восстановлении гидроизоляции в процессе эксплуатации сооружения рекомендуется рассмотреть возможность использования фильтрационных завес, устраиваемых путем нагнетания в грунт через инъекторы раствора битума, жидкого стекла, различных смол.

### Примеры восстановления гидроизоляции

Традиционным методом восстановления горизонтальной гидроизоляции является устройство рулонного ковра при вырубке штраб внутри стены (рис. 5.6).

На том уровне, где должна находиться гидроизоляция, пробивают сквозные отверстия длиной 1-1,5 м высотой в 3 кирпича. В них укладывают 2-3 слоя рулонной гидроизоляции на связующем материале и заделывают кирпичом на само расширяющемся цементе. Данный метод очень трудоемкий, сложный и маломеханизированный.



1. кирпичная стена; 2. цоколь здания; 3. пробиваемое отверстие; 4. рулонная гидроизоляция

**Рис. 5.6.** Восстановление гидроизоляции подземной части здания путем замены участков гидроизоляционного слоя.

Придание водонепроницаемости подземной конструкции возможно путем инъектирования и насыщения ее химическими растворами (рис. 5.7.).

Электротермический способ (рис. 5.8) заключается в следующем: в кладке просверливаются отверстия Ø25 мм. В них

закладываются карборундовые электроды, подключенные к источнику тока и к тяговому устройству. При нагревании электродов до 1400-2000°C происходит плавление материала кладки, он спекается, образуя непроницаемую полосу в толще стены, препятствующую капиллярному поднятию влаги по высоте стены. Скорость движения электрода 0,3-0,6 м/ч.



**Рис. 5.7.** Восстановление гидроизоляции подземной части здания иньектированием.



**Рис. 5.8.** Восстановление гидроизоляции подземной части здания электротермическим способом.

### 5.3. Техническая эксплуатация стен, внутренних опор и перегородок здания

#### 5.3.1. Причины повреждения наружных и внутренних стен, опор и способы их устранения

Функции наружных и внутренних стен, внутренних опор зданий заключаются в передаче нагрузки на фундаменты, а также в защите помещений от влияния климатических условий (наружные стены). В процессе технической эксплуатации производятся мероприятия по сохранению несущей способности и защитных ограждающих свойств внутренних и наружных стен, опор, перегородок в течение всего срока службы здания. Характерные дефекты и повреждения наружных и внутренних стен, колонн зданий, а также возможные причины их появления приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Повреждения стен и причины их появления

Наименование повреждения	Причины появления повреждения
<i>кирпичные стены</i>	
Короткие скалывающие трещины под опорами балок	-местная перегрузка; -отсутствие опорной подушки; -малая глубина опирания балки
Горизонтальные трещины	-отрыв нижележащего участка стены вследствие деформации основания; -увеличение горизонтальных нагрузок; -расслоение кладки
Вертикальные трещины в месте сопряжения стен, колонн, пилястр	-различная загруженность конструкций; -различная деформативность материалов конструкций; -отсутствие связей между конструкциями; -температурно-влажностные воздействия
Выпучивание и трещины вдоль арматуры	-коррозия арматуры
Отслоение облицовки	-различная деформативность кладки и облицовки; -давление солей, замерзшей влаги; -нарушение технологии нанесения облицовочного слоя

Наименование поврежде- ния	Причины появления повреждения
Выветривание кладки, вы- падение камней	-различная деформативность кладки и обли- цовки; -влияние циклов замораживания-оттаивания
Шелушение поверхности, замачивание кладки	-воздействие грунтовых вод; -воздействие агрессивных факторов
<i>панельные стены</i>	
Отклонение стен от верти- кали	-деформации оснований, фундаментов; -нарушение анкеровки перекрытий; -нарушение связей между конструкциями
Короткие трещины под опорами	-местная перегрузка; -малая глубина опирания плит
Вертикальные трещины	-перегрузка простенков и перемычек; -снижение прочности материала (бетона)
Вертикальные трещины в местах сопряжения	-сдвиг из-за разной загруженности конст- рукций; -температурно-влажностные воздействия
Расслоение многослойных конструкций	-нарушение связей между слоями из-за кор- розии или нарушения анкеровки
Сетка мелких трещин на поверхности	- трещины вследствие усадки бетона
Продольно-поперечные трещины, выпучивание отдельных участков	-перегрузка; -температурно-влажностные воздействия; -давление солей, замерзшей влаги;
Трещины, ржавые подтеки вдоль арматуры	-коррозия арматуры из-за недостаточной толщины защитного слоя, агрессивных воз- действий
Отслоение облицовки, сколы, раковины	-дефекты изготовления и транспортировки; -температурно-влажностные воздействия;
<i>колонны</i>	
Трещины в консолях, про- дольные и поперечные трещины	-перегрузка, увеличение эксцентриситета; -снижение прочности материала; -уменьшение сечения арматуры из-за корро- зии
Трещины, ржавые подтеки вдоль арматуры	-коррозия арматуры из-за нарушения или недостаточной толщины защитного слоя; -воздействие агрессивных сред
Сетка мелких трещин на поверхности	- трещины вследствие усадки бетона

Наименование повреждения	Причины появления повреждения
Обрыв закладных деталей, выпусков арматуры	-перегрузки; -динамические воздействия; -уменьшение диаметра выпуска из-за коррозии
Отслоение бетона, шелушение поверхности	-механические повреждения при перевозке и эксплуатации; -коррозия бетона, арматуры; -воздействие огня; температурно-влажностные воздействия

К основным элементам стен относятся:

- цоколь – нижняя часть наружной стены, наиболее подверженная влиянию сырости, механическим воздействиям;
- карнизы, пояски, сандрики – выступающие части стены, улучшающие отвод воды, попадающий на стену при дожде;
- парапеты, фронтоны – верхние участки стены, служащие архитектурным оформлением здания;

Важной конструктивной деталью стен являются деформационные швы: температурные – предотвращающие появление трещин при температурных колебаниях, и осадочные – обеспечивающие при необходимости свободное перемещение одной части здания относительно другой.

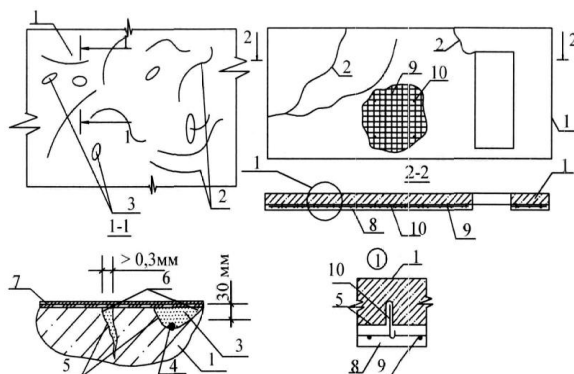
Потеря несущей способности конструкций и связанные с этим повреждения происходят из-за физико-механических изменений структуры материала вследствие длительного износа или воздействия агрессивных факторов, а также в результате увеличения нагрузок сверх расчетных величин. Одной из главных причин ускоренного износа наружных стен являются, в том числе и температурно-влажностные воздействия.

Поэтому техническая эксплуатация стен, опор зданий заключается в восстановлении прочности, защитных свойств элементов, в ликвидации дефектов, обнаруженных в процессе осмотра.

В зависимости от эксплуатационных требований, вида повреждения конструкции выбирают методы ее ремонта, восстановления или усиления:

- восстановление отделочного слоя, местный ремонт (рис. 5.9);

- усиление обоями, каркасами и т.д. (рис. 5.10);
- восстановление герметичности стыковых соединений;
- осушение и утепление стен.



1. восстанавливаемая панель; 2. трещины; 3. раковины, отслоения; 4. обнаженная арматура; 5. подготовленная поверхность (очищенная, осушенная); 6. шпателька; 7. новое отделочное покрытие; 8. слой нового бетона толщиной 50-80 мм; 9. арматурная сетка; 10. анкерные связи с шагом 1 м

**Рис. 5.9.** Способы ремонта и устранения дефектов наружных стен: а) заделка трещин, раковин, отслоений глубины до 30 мм; б) обетонирование панели.

В процессе эксплуатации балконов, лоджий, эркеров, козырьков встречаются такие недостатки, как трещины в консольных балках и плитах, их разрушение, скалывание опорных площадок, отслоение и разрушение пола, обратный уклон, нарушение гидроизоляции, ослабление и повреждение ограждений и т.п. Обследование состояния этих конструкций должно проводиться примерно раз в 3 года, по результатам принимаются технические решения об устранении неисправностей.

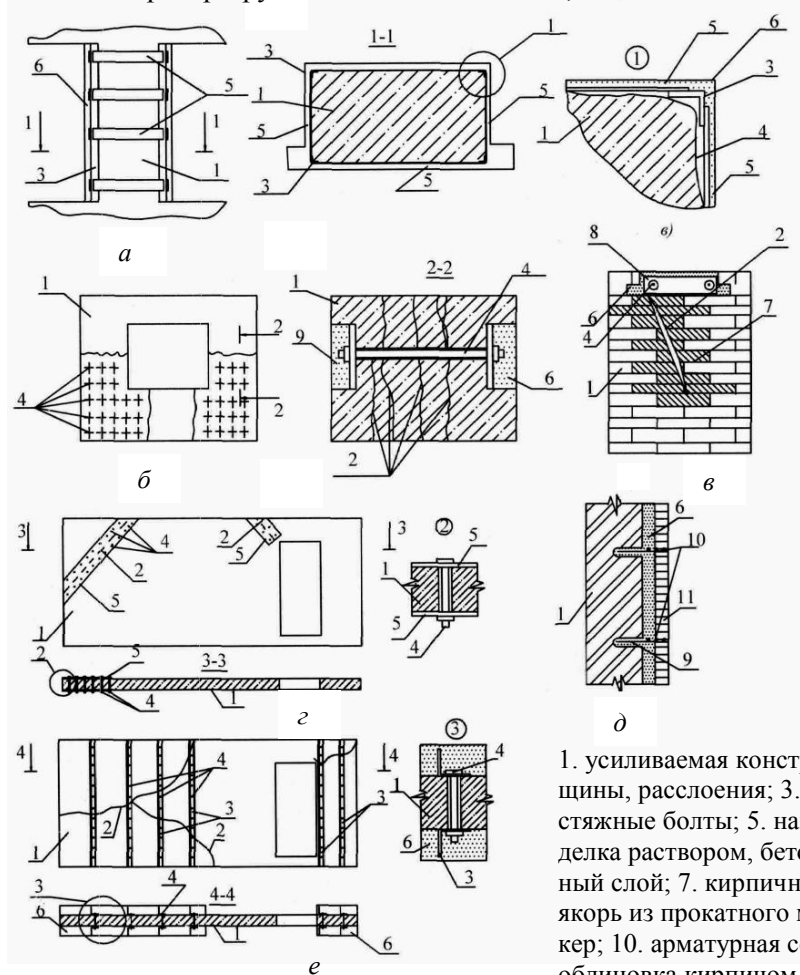
### 5.3.2. Особенности эксплуатации деревянных стен

Решение по восстановлению деревянных конструкций принимается после проведения детального инженерно-технического обследования всех строительных конструкций здания или сооружения. В процессе обследования в первую очередь следует



выявить дефекты, которые могут вызвать обрушение конструкций, а именно:

- поражение древесины в сильной степени грибковой гнилью или дереворазрушающими насекомыми;



**Рис. 5.10.** Способы усиления конструкций: а) стальной облой; б) устранение расслоения бетонной стены стяжными болтами; в) заделка широкой трещины; г) накладки из метал-

лических полос; д) восстановление облицовки кирпичом; е) усиление металлическими уголками.

- разрывы полные или частичные растянутых элементов (поясов, раскосов, стоек и т.д.);
- трещины в древесине ответственных частей конструкций (узлы, стыки);
- значительные деформации сжатых и изогнутых конструкций и их элементов.

При предотвращении обрушения конструкций, находящихся в аварийном состоянии, обязательна подготовка временных подпирющих стоек, балок. Поскольку размеры и характер усиливаемых элементов очень разнообразны, выбор того или иного способа усиления, а также сечения элементов усиления (профилей, болтов, накладок и т.д.) определяется в проекте на усиление конструкций.

При ремонте зданий и сооружений необходимо применять только сухую и антисептированную древесину, защищенную от увлажнения, способы и материалы для антисептирования определяются назначением конструкций и их размерами.

Также в процессе ремонта следует восстанавливать гидроизоляцию нижних венцов, ремонтировать водоотводящие устройства, заделывать стыки между стенами, оконными и дверными заполнениями, крыльцами, террасами, восстанавливать теплоизоляцию в щитовых стенах.

### **5.3.3. Особенности эксплуатации перегородок**

Перегородки бывают межкомнатные и межквартирные, деревянные, кирпичные, из штучных камней, панелей, комбинированные (шлакобетонные, гипсобетонные, гипсокартонные и т.д.).

Эксплуатационные требования, предъявляемые к перегородкам, характеризуются материалом, качеством возведения:

- надежность;
- звукоизоляция;
- прочность;
- влагостойкость;
- огнестойкость;
- гвоздимось;

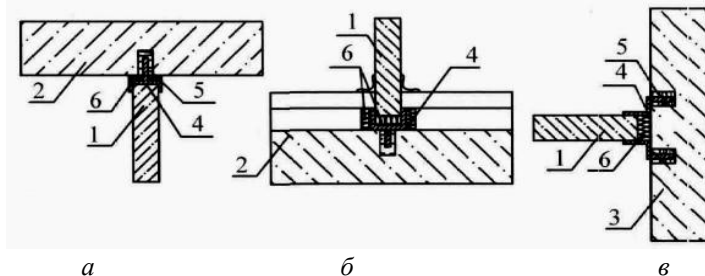
- малая масса и толщина.

В процессе эксплуатации могут проявляться такие повреждения и дефекты, как нарушение звукоизоляции при образовании трещин в местах примыкания перегородок к смежным конструкциям, в местах пропуска инженерных коммуникаций; выпучивание конструкции по вертикали; зыбкость.

Выпучивание перегородок возможно из-за опирания на них перекрытия, ненадежного крепления к стенам и перекрытию. Зыбкость перегородок является следствием недостаточно надежного крепления их к стенам и перекрытию, а также из-за осадки основания под перегородками.

Деревянные перегородки кроме перечисленных дефектов, подвержены гниению, осадке засыпки в каркасных конструкциях.

При проведении ремонтных работ необходимо заделывать трещины, устранять зыбкость и выпучивание установкой анкеров, закрепляемых гвоздями или шурупами к перегородке с минимальным зазором против образования трещин в 30 мм. Для улучшения звукоизоляционных свойств перегородки необходимо устанавливать на специальные звукоизоляционные прокладки.



1. перегородка; 2. плита перекрытия; 3. стена; 4. анкер; 5. пробка; 6. упругая прокладка, конопатка

**Рис. 5.11.** Крепление перегородок: а) к потолку; б) к полу; в) к стене.

### **5.3.4. Мероприятия по защите стен от увлажнения. Осушение конструкций**

Мероприятия по защите стен от увлажнения можно разделить на первичные, выполняемые на стадии проектирования (к ним относится правильный выбор материалов, соответствующий условиям эксплуатации, конструктивная защита от увлажнения) и на вторичные (применение защитных покрытий и снижение агрессивности окружающей среды).

Конструктивная защита представляет собой проектные предложения по устранению застойных зон или, если их избежать не удастся, то предложения по защите этих зон путем устройства сливов, карнизов, водоотбойников и т.д.

Например, одной из причин повреждения наружных стен, связанных с нарушением условий эксплуатации, является увлажнение и разрушение цокольной части здания из-за неисправной или неправильно выполненной отмостки, а также из-за неисправности водоотводящих устройств. Такие нарушения приводят, в том числе и к увлажнению фундаментов и оснований зданий.

Для защиты цокольной части здания от увлажнения ее выполняют из влагоустойчивых материалов и могут покрывать металлическим сливом. Отмостки выполняют по периметру здания с уклоном 0,02-0,05 шириной 0,7-1 м. Отмет водосточной трубы должен быть приподнят над уровнем отмостки на 0,2-0,3 м с целью уменьшения разбрызгивания отводимой воды или ее замораживания в зимний период.

Причинами увлажнения стен могут быть, в том числе неисправности кровельных покрытий, карнизов, выступающих частей на фасадах, неисправности гидроизоляции и герметизации стыковых соединений.

Характер и интенсивность увлажнения зависит от типа и структуры материала конструкции и условий эксплуатации. Работы по осушению следует проводить только после устранения причин увлажнения.

Осушение может проводиться путем естественной воздушной вентиляции с обогревом (конвективное осушение); использованием контактных стеновых панелей с подогревом (контактное осушение); использованием дополнительного искусственно-

го обогрева (радиационное осушение); сорбционного осушения; электроосмотического осушения стен.

Конвективное осушение проводится путем вентиляции помещения подогретым воздухом, чем достигается испарение влаги.

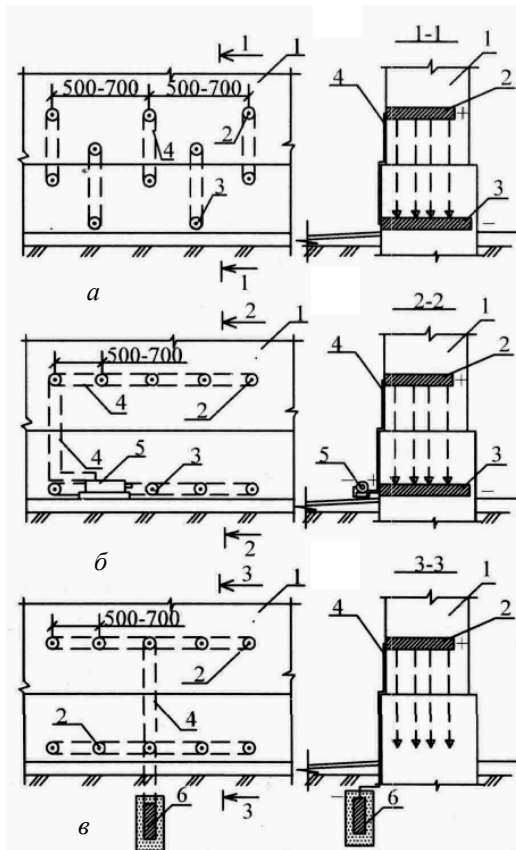
При контактном осушении помещение и увлажненная конструкция обогревается специальными контактными панелями с электроподогревом.

Радиационное осушение представляет собой удаление влаги при помощи установок лучистого нагрева, испускающих световые и инфракрасные лучи, за счет испарения под воздействием тепловой энергии.

Сорбционное осушение осуществляют с использованием гигроскопичных волокнистых материалов (асбест, стекловолокно, синтетические волокна), а также твердых и жидких сорбентов (например, хлористого кальция). За счет разности парциального давления в воздухе и на поверхности сорбента, происходит удерживание водяных паров в порах сорбента и осушение помещения. Для восстановления способности сорбента поглощать влагу, его осушают нагретым воздухом.

Электроосмотическое осушение основано на принципе перемещения влаги в строительном материале под воздействием электрического поля от положительного электрода (анода) к отрицательному (катоде) (рис. 5.12). Для этого с наружной или внутренней стороны стены просверливают отверстия Ø20-30 мм с шагом 0,5 м, закрепляют в них электроды (стержни разных металлов), соединенные изолированным проводом (пассивный электроосмос). Возникает электрический ток, вызванный ЭДС, величина которой будет равна разности электродных потенциалов металлов. В направлении движения тока будет происходить и перемещение влаги в материале. При достижении конструкцией равновесной влажности увеличивается сопротивление материала, и протекание тока практически прекращается. В случае повторного увлажнения конструкции по цепи пойдет ток, вызывая перемещение влаги и осушение конструкции. После осушения материала конструкции вокруг электродов их вынимают, отверстия заделывают раствором или бетоном.

Если электроды выполняют из одного металла и подсоединяют изолированным проводом к протектору, более электроотрицательному металлу, устанавливаемому в грунт, такое осушение называют гальваноосмосом. Процесс осушения также возможен при подсоединении электродов к источнику постоянного тока с напряжением не более 60 В, силой тока 3-5 А (активный электроосмос).



1. осушаемая стена; 2. анод; 3. катод; 4. изолированный провод; 5. источник постоянного тока; 6. протектор

**Рис. 5.12.** Электроосмотическое осушение стен: а) пассивное; б) активное; в) гальваноосмос.

### **5.3.5. Причины, вызывающие промерзание стен. Способы утепления наружных стен**

Возможные причины промерзания стен:

- нарушение фактурного слоя, усадочные и другие трещины;
- нарушение гидроизоляции;
- недостаточная толщина конструкции (меньше нормативного значения);
- накопление влаги между фактурным слоем и конструкцией;
- промерзание в углах вследствие снятия тепла усиленным воздушным потоком;
- уплотнение, усадка утеплителя в трехслойных панелях, стыках;
- наличие мостиков холода в панельных стенах;
- нарушение герметичности стыковых соединений.

Поскольку промерзание часто связано с увлажнением конструкции, то проводить дополнительное утепление стен можно только после их искусственного осушения. Характерными признаками промерзания панельных стен являются пятна сырости и плесени, выступающие на внутренней поверхности наружных стен при понижении температуры наружного воздуха. В некоторых случаях во время сильных морозов может выступать иней и образовываться наледь. Признаками промерзания стыковых соединений являются сырые полосы на внутренних поверхностях панелей вдоль них, пятна плесени в углах. Эксплуатационные мероприятия включают осмотр квартир на предмет выявления пятен сырости, плесени, инея, а также замеры температуры поверхности стены. Особое внимание при осмотре следует обращать на верхние и нижние этажи, а также торцевые панели. Перед утеплением панельных стен в первую очередь необходимо провести ремонт стыковых соединений, восстановить гидроизоляцию. Существует два способа устранения промерзания: утепление изнутри помещения и утепление фасада (рис. 5.13).



**Рис. 5.13.** Пример утепления стен: а) изнутри помещения; б) утепление фасада.

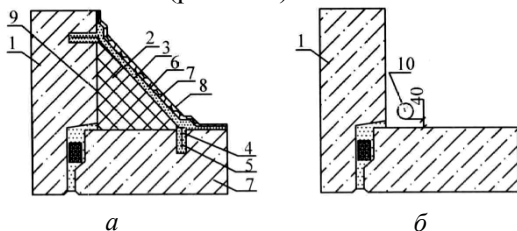
Способ утепления зависит от характера и величины промерзания.

Местные, незначительные промерзания, характеризующиеся нарушением фактурного слоя, незначительной сыростью, можно устранять утеплением изнутри помещения. В качестве утеплителя можно применять минераловатные, древесностружечные плиты, в качестве отделочного слоя – гипсокартон или штукатурку по сетке. При значительном местном промерзании пораженные участки вырубают, поверхность просушивают, устанавливают опалубку и заливают, например, керамзитобетон.

Утепление фасада можно выполнять различными способами: нанесением теплоизолирующих штукатурок, использованием многослойных штукатурных систем, применением вентилируемых фасадов, устройством напыляемых систем. Наиболее распространенными способами являются вентилируемые и штукатурные системы. Нарушение сплошности утеплителя в трехслойных стеновых панелях можно устранить путем инъектирования утеплителя раствором насосом (например, газобетонной смеси) в пробитые со стороны помещения отверстия. Возможным средством уменьшения теплопотерь через радиаторные участки стены является их окраска алюминиевым лаком или прикрепление к поверхности металлических листов с волнистой



поверхностью – алюминиевых, оцинкованных и т.д. Утепление углов выполняют по всей высоте помещения, применяя эффективный утеплитель, либо конструктивно путем проектирования в углу стояка отопления (рис 5.14).



1. наружные стеновые панели; 2. дополнительная теплоизоляция; 3. стеклосетка; 4. дюбель; 5. оцинкованный саморез; 6. затирка цементно-песчаным раствором; 7. пароизоляция; 8. отделочное покрытие; 9. подготовленная поверхность (очистка, осушение); 10. стояк отопления.

**Рис. 5.14.** Утепление углов: а) эффективным утеплителем; б) отопительным стояком.

### 5.3.6. Особенности эксплуатации стыковых соединений

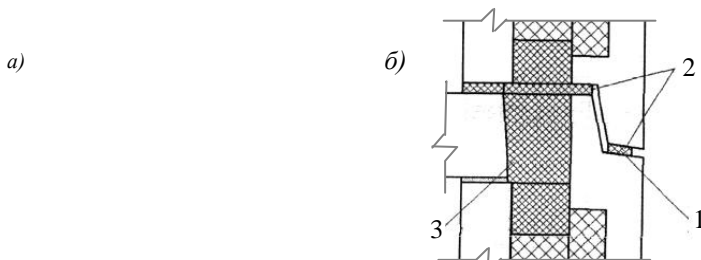
Стыковые соединения между панелями, сопряжения панелей с оконными и дверными коробками, балконными плитами и козырьками являются весьма уязвимыми элементами здания вследствие:

- несовершенства изготовления и монтажа конструкций;
- недостаточного качества строительных работ;
- быстрого старения герметиков;
- неравномерных осадок здания;
- несвоевременного выполнения ремонтных работ.

Как правило, характерными повреждениями стыков являются растрескивание раствора заделки стыка, растрескивание и отслоение герметизирующей мастики, отслоение и разрушение прокладочного герметика, повреждения утеплителя. Как следствие происходит разрушение кромок панелей, протечки и промерзания стыков.

Стыки стеновых панелей различают на горизонтальные и вертикальные, по исполнению – на закрытые (массовые), дренированные и открытые. Восстановление герметичности стыков заключается в заделке упругой прокладки лопаткой и нанесении мастики при помощи пневмошприца под давлением. При ре-

монте стыка лентами (например, лентой герлен) основание и боковые грани стыка покрываются праймером, поставляемом в комплекте с лентой. После высыхания праймера наклеивается лента. Перед началом ремонта стыка разрушенное заполнение удаляется, стык продувается сжатым воздухом и просушивается.



1. герметизирующая мастика; 2. упругая прокладка; 3. вкладыш-утеплитель, обернутый в паро-воздухозащитную пленку (полиэтилен); 4. зачеканка бетоном

**Рис. 5.15.** Стыки смежных панелей: а) вертикальный; б) горизонтальный.

## 5.4. Техническая эксплуатация перекрытий

### 5.4.1. Эксплуатационные требования, предъявляемые к перекрытиям

Перекрытия представляют собой конструктивные элементы, которые служат для разделения здания по высоте на этажи, воспринимают эксплуатационные нагрузки, играют роль горизонтальных диафрагм жесткости, обеспечивающих устойчивость здания в целом, а также обеспечивают тепло- и звукоизоляцию помещений.

По своему назначению перекрытия подразделяют на междуэтажные, цокольные (надподвальные) и чердачные. Все они должны быть прочными и жесткими, чтобы выдерживать расчетные нагрузки и не превышать предельно допустимые прогибы.

Кроме того, перекрытия должны обладать звуконепроницаемостью. Звукоизоляционные требования определяются местоположением перекрытий (чердачное, междуэтажное, цокольное) и функциями разделяемых помещений. Перекрытия должны обеспечивать звукоизоляцию, как от ударного, так и воздушного шума.

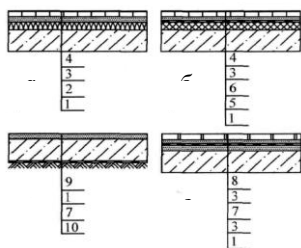
Перекрытия, разделяющие помещения с различной температурой, например, отделяющие холодный подвал от первого этажа или чердак от верхнего этажа (чердачные и цокольные), должны удовлетворять требованиям теплозащиты, т.е. обладать малой теплопроводностью и воздухонепроницаемостью, чтобы исключить образование конденсата.

Пароизоляционный слой служит для предохранения утеплителя в холодный период от возможного увлажнения при конденсации водяных паров, проникающих в толщу перекрытия с теплым воздухом помещения. Поэтому в чердачных перекрытиях пароизоляция устраивается под слоем утеплителя, а в перекрытиях над проездами и неотапливаемыми подвалами – над утеплителем (рис. 5.16).

Гидроизоляционный слой необходимо устраивать в междуэтажных перекрытиях помещений с мокрым режимом, а также в санитарных узлах. Края гидроизоляционного слоя должны быть заведены на примыкающие стены и перегородки до верха плинтуса.

Материал и конструкция перекрытия должны соответствовать необходимой в каждом конкретном случае степени огнестойкости здания.

Долговечность перекрытия определяется сроком службы без потери перечисленных эксплуатационных качеств в зависимости от группы капитальности здания. Так, срок службы железобетонных перекрытий составляет 100-150 лет; деревянных по металлическим балкам – 60-80 лет; деревянных по деревянным балкам – 30-60 лет.



1. железобетонная плита; 2. звукоизоляция; 3. выравнивающая стяжка; 4. конструкция чистого пола (паркет, линолеум и пр.); 5. теплоизоляция; 6. пароизоляция; 7. гидроизоляция; 8. керамическая плитка; 9. цементный пол; 10. уплотненный грунт

**Рис. 5.16.** Примеры конструкции полов: а) на междуэтажных перекрытиях, б) над холодным подвалом; в) на грунте; г) в санузле.

### 5.4.2. Эксплуатация железобетонных перекрытий

По конструктивному решению несущую часть железобетонных перекрытий можно разделить на балочные, состоящие из несущей части (балок) и заполнения (наката) и безбалочные, выполняемые из однородных элементов (плит-настилов или панелей-настилов). По технологии возведения перекрытия подразделяют на сборные, монолитные или сборно-монолитные.

Главными преимуществами железобетонных перекрытий являются их долговечность, прочность и несгораемость. Характерные повреждения железобетонных перекрытий приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Повреждения железобетонных перекрытий и балок и причины их появления

Наименование повреждения	Причины появления повреждения
Прогибы более допустимых значений, трещины в растянутой зоне, у опор, в полках плит	- перегрузка (изгибающий момент, поперечные силы); -снижение прочности бетона; -уменьшение сечения арматуры из-за коррозии
Трещины вдоль арматуры	-коррозия арматуры из-за нарушения защитного слоя
Трещины по контуру полок плит	-недостаточная анкеровка; -усадочные деформации; -температурно-влажностные деформации
Сколы, отслоения, шелушения бетона	-механические повреждения; -огневое воздействие; -коррозия бетона; -температурно-влажностные воздействия

Важным принципом эксплуатации железобетонных перекрытий является соблюдение расчетных эксплуатационных нагрузок и защита арматуры от коррозии устройством защитного слоя достаточной толщины.

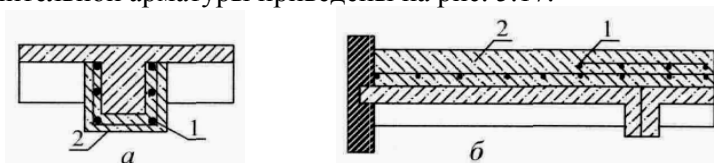
Способы устранения повреждений железобетонных перекрытий:

- заделка трещин;
- бетонирование;
- постановка шпренгелей, затяжек;

- устройство дополнительных прогонов;
- устройство дополнительной арматуры;
- усиление балок хомутами, накладками и т.д.

Если защитный слой разрушен до несущей арматуры или толщина его недостаточна, то восстановление конструкции производят нагнетанием под давлением цементного раствора в 2-3 слоя. Разрушенный слой предварительно удаляется, арматура очищается от ржавчины.

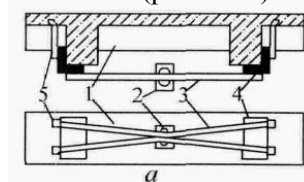
Усиление перекрытия бетонированием и устройством дополнительной арматуры приведены на рис. 5.17.



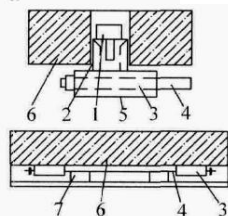
1. дополнительная арматура; 2. дополнительный слой бетона

**Рис. 5.17.** Усиление перекрытий: а) бетонированием балок; б) устройством дополнительной арматуры.

Если в процессе обследования перекрытия установлено, что величина прогиба больше допустимого значения, необходимо принимать конструктивные меры защиты путем создания контрпрогиба с помощью горизонтальных затяжек, шпренгельных систем (рис. 5.18)



1. балка; 2. муфта; 3. шпренгель; 4. уголок; 5. анкерное крепление



1. клиновидная пробка; 2. болт; 3. анкер; 4. тяж; 5. плита перекрытия; 6. крепления для подвесного потолка; 7. конструкция подвесного потолка

**Рис. 5.18.** Устранение недопустимого прогиба железобетонного перекрытия: а) балочного; б) плоского.

Дефектом, возникающим у железобетонных перекрытий в процессе эксплуатации, является также промерзание у примыкания к наружной стене. Оно проявляется на потолках возле наружных стен в виде темных полос. В этом случае в чердачном перекрытии заменяют теплоизоляционный слой, а в пристенном участке на расстоянии 0,7-1 м кладут дополнительный слой теплоизоляции.

### **5.4.3. Эксплуатация деревянных перекрытий**

В зависимости от материала основного несущего элемента деревянные перекрытия бывают по деревянным или металлическим балкам. Перекрытия по деревянным балкам сравнительно дешевы, но мало индустриальны, а также имеют ряд других недостатков: сгораемость, возможность гнивания отдельных элементов и сравнительно невысокая прочность. Металлические балки более долговечны, огнестойки, имеют большую жесткость и прочность. Деревянные балки изготовляют преимущественно из хвойных пород, их влажность не должна превышать 18%. Металлические балки изготавливают из стального проката, в основном двутавров, тавров, швеллеров.

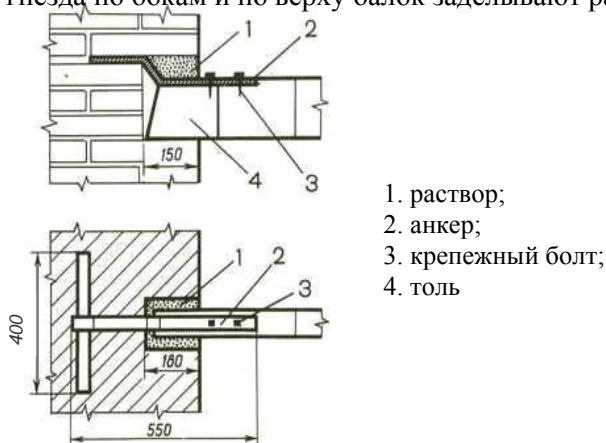
Междубалочное заполнение перекрытий является ограждающим (звуко- или теплоизолирующим) элементом, образует ровную поверхность потолка и воспринимает полезные нагрузки от пола. Заполнение обычно делают многослойным, причем каждый слой имеет свое назначение и выполняется из соответствующих материалов.

К основным дефектам деревянных перекрытий, которые могут возникать в процессе эксплуатации здания, относят гниение деревянных балок и настила, зыбкость, большие прогибы, промерзание. Причинами появления этих повреждений являются: неправильная заделка балок в каменные стены; перегрузка перекрытий; отсутствие или недостаточность звукоизоляционного слоя; увлажнение и уплотнение теплоизоляционного слоя из-за протечек кровли; из-за неудовлетворительного температурно-влажностного режима в подполье и чердачном помещении (плохая вентиляция), что вызывает образование конденсата.

Для нормальной эксплуатации деревянных перекрытий необходимо соблюдать определенный температурно-влажностный режим (влажность до 20%, температура – 18-20°C).

Засыпку под настилом чистого пола необходимо выполнять с воздушным зазором не менее 10 мм для вентилирования перекрытия и устраивать в полу специальные отверстия с решетками или щелевые плинтусы. Деревянные перекрытия над подпольем необходимо защищать от гниения путем вентилирования подполья через отверстия размером не менее 150-350 мм, расположенные с шагом 5 м, высота подполья должна быть не менее 400 мм. Деревянные чердачные перекрытия должны иметь необходимое утепление несущих конструкций, толщина утеплителя определяется по расчету. Обычно утеплитель выполняется в виде засыпки (опилки, шлак, керамзит) или минераловатных или фибролитовых плит.

Чтобы предотвратить загнивание концов деревянных балок от конденсата влаги, между стеной и балкой в гнездах оставляют пространство для вентиляции, зазор между торцом балки и кладкой должен быть не менее 30 мм, а торец балки должен быть срезан под углом 60-75° для естественного высушивания и испарения влаги. Скрытые концы балок должны быть антисептированы. Для избежания увлажнения балок при контакте с материалом стены их обертывают гидроизоляционным материалом, гнезда по бокам и по верху балок заделывают раствором.

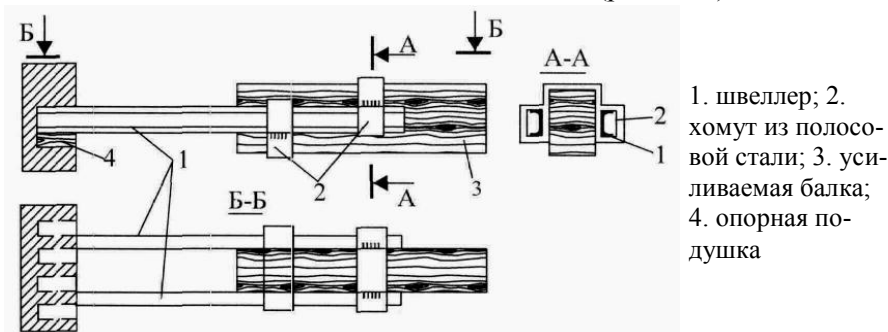


*Рис. 5.19. Опираение деревянной балки на стену.*

Основной вид ремонта деревянных перекрытий – замена отдельных балок, их усиление, устранение сверх нормативных прогибов и замена прогнувшегося дощатого наката.

Состояние деревянных балок определяют по виду и звуку. Не гнилая балка при ударе издает чистый, ясный звук. На процесс разрушения балок указывает также такой признак, как прогиб потолка.

Места опирания деревянных балок можно усиливать боковыми накладками, подведением подбалок (рис. 5.20).



**Рис. 5.20.** Усиление деревянных балок протезами.

Металлические балки обладают повышенной теплопроводностью, поэтому для исключения конденсата в чердачных перекрытиях устраивают дополнительное утепление балок деревянными коробами. Поскольку при нарушении эксплуатационного режима металлические балки подвержены коррозии, необходимо регулярно обследовать их состояние.

Металлические балки усиливают устройством дополнительных балок из прокатной стали, бетонированием с устройством дополнительной арматуры или устройством монолитного перекрытия с сохранением старых балок.

#### **5.4.4. Эксплуатационные требования, предъявляемые полам**

Пол являются верхним слоем перекрытия, к которому предъявляются следующие эксплуатационные требования:

- обеспечение ровной поверхности, отсутствие зыбкости и прогибов;
- прочность, сопротивляемость таким механическим воздействиям, как истирание, удары, продавливания;



- гигиенические требования в зависимости от функционального назначения помещения;
- эстетические требования;
- требования тепло- и звукоизоляции.

Основными элементами пола являются покрытие (верхний слой), основание, тепло-, звуко-, гидроизоляционные слои.

Условием долговечной эксплуатации полов является технологически правильное и качественно устроенное основание.

Современные покрытия полов выполняют из рулонных (линолеум и т.п.), штучных (плитка, паркет и т.д.), а также монолитных материалов (бетонные, асфальтовые, синтетические).

К основным повреждениям полов относятся: истирание, коробление и рассыхание, скрипучесть, местные просадки, зыбкость, загнивание, трещины, щели, выбоины, отслоение, вздутие и пр.

В процессе текущего ремонта выполняется местное восстановление покрытия, при необходимости заменяется основание пола. Если дефекты составляют более 25% поверхности пола, то производят полную его замену (для рулонных материалов).

Для нормальной эксплуатации полов в течение их нормативного срока службы необходимо соблюдать температурно-влажностный режим, характерный для помещений зданий, избегать переувлажнения и рассыхания полов путем устройства вентиляционных систем и увлажнителей.

### **5.5. Техническая эксплуатация крыш и чердачных помещений**

Крыша представляет собой конструктивный элемент здания, предохраняющий его от атмосферных воздействий и воспринимающий нагрузки от ветра, снега, собственного веса. Крыша состоит из двух основных частей: несущих конструкций и покрытия – кровли.

Скатные кровли с деревянными несущими элементами обычно покрывают стальными, асбестоцементными листами, черепицей, металлочерепицей и другими современными материалами. В жилых домах серийной постройки плоские несущие конструкции крыш выполняют обычно из железобетонных панелей, покрытия – из рулонных и мастичных материалов.

По конструкциям крыши подразделяются на чердачные и бесчердачные (совмещенные). Чердачные крыши бывают с теплым чердаком (утепление покрытия) и с холодным чердаком (утепление чердачного перекрытия). Бесчердачные крыши бывают вентилируемые и невентилируемые.

Основные эксплуатационные требования, предъявляемые к крышам:

- прочность, устойчивость, жесткость несущих конструкций;
- герметичность, водонепроницаемость кровли;
- соблюдение температурно-влажностного режима чердачного помещения;
- соблюдение правильного уклона в зависимости от материала покрытия для отвода воды.

К основным повреждениям несущих конструкций крыш относятся:

- гниение деревянных элементов (мауэрлата, стропильных ног, обрешетки и т.д.);
- нарушение гидроизоляции между каменными и деревянными конструкциями;
- прогиб стропильных ног;
- трещины и разрушение защитного слоя бетона;
- коррозия арматуры, закладных деталей в железобетонных элементах крыши.

К основным повреждениям кровельного покрытия крыши относятся:

- для стальных кровель – коррозия, ослабление соединения фальцев, пробоины и свищи, разрушение защитного покрытия;
- для кровель из штучных материалов (асбестоцементных листов, черепицы) – трещины, смещение отдельных элементов, неплотности в местах сопряжения, ослабление крепления к обрешетке;
- для мягких кровель – воздушные и водяные мешки, местные просадки, разрывы, растрескивание материала.

Крыши должны осматриваться 2 раза в год – в весенний и осенний период. В чердачных крышах осмотр проводится, в том числе и со стороны чердака.

При осмотре выявляются дефекты несущих деревянных конструкций, повреждения покрытия (наличие свищей, трещин). Затем осмотр производят с наружной стороны на наличие повреждений, ржавчины, сколов, ослабления креплений. Особое внимание при осмотрах необходимо уделять застойным зонам.

При текущем ремонте несущих деревянных конструкций выполняют мелкий ремонт и замену подгнивших элементов обрешетки, устраняют ее зыбкость, ремонтируют подкладки, мауэрлаты, стропила, стоки, прогоны, подкосы, слуховые окна. Все деревянные элементы покрывают антисептиком.

Железобетонные несущие конструкции крыш осматривают на предмет разрушения поверхности бетона, коррозии арматуры и в случае необходимости производят устранение неисправностей.

Металлические покрытия выполняют из оцинкованной стали, которая имеет анодную защиту и является достаточно долговечным материалом, или из черной стали, которую необходимо покрывать защитным покрытием. При появлении коррозии, свищей небольшой площади, поврежденные металлические элементы очищают от ржавчины, покрывают антикоррозионными составами, как с наружной стороны, так и со стороны чердака.

Отслоившиеся, вздутые участки мягкой кровли вскрывают, очищают от грязи, просушивают, наклеивают новые заплатки. В процессе ремонта особенно тщательно следует заделывать места примыкания кровельного ковра к вертикальным конструкциям (парапету, вентиляционным каналам, водоприемным воронкам и т.д.). Парапетные блоки для избежания протечек также следует оклеивать водоизоляционным слоем.

Текущий ремонт кровли включает ремонт покрытия со сменой до 10% всей кровли, ремонт карнизов, желобов, водосточных труб, парапета, мест прохождения каналов, труб через покрытие. При капитальном ремонте производится смена несущих элементов и кровельного покрытия.

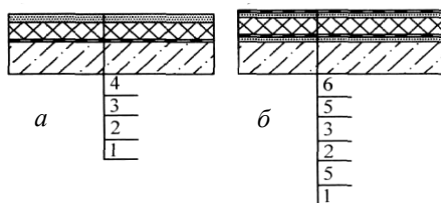
В процессе эксплуатации также необходимо уделять внимание нормальному содержанию водоотводящих устройств, неисправности которых ведут к увлажнению конструкций здания. Число водосточных труб определяют из условия  $1,5 \text{ см}^2$  площади сечения труб на  $1 \text{ м}^2$  площади горизонтальной проекции

крыши. Эксплуатация водосточных труб заключается в их прочистке, проверке надежности крепления наружного водостока, проверке плотности сопряжения гидроизоляционного ковра с воронкой внутреннего водостока. Прочистка осуществляется металлическими щетками-ершами, а промывка – горячей содовой водой. В случае образования наледи недопустимо ее удалять механически, только подогревателями. Также в процессе эксплуатации проводится регулярная очистка кровли (по необходимости, перед осмотрами) летом от грязи, пыли, листьев, зимой – от снега и наледи.

Одной из основных причин разрушения конструкции крыши является неудовлетворительный температурно-влажностный режим чердачных помещений.

### 5.5.1. Температурно-влажностный режим чердачных помещений

Чердачное пространство должно обеспечивать нормативный температурно-влажностный режим здания в целом. Разница между температурой наружного воздуха и температурой помещения холодного чердака не должна превышать  $4^{\circ}\text{C}$ . Это условие обеспечивается вентиляцией, правильным устройством слоев чердачного перекрытия (рис. 5.21а), теплоизоляцией конструкций и инженерных коммуникаций, что исключает конденсацию паров воздуха на внутренней поверхности несущих конструкций и ограждения, а также обледенение крыши, стен верхнего этажа и водоотводящих устройств.



1. плита покрытия (чердачного перекрытия); 2. пароизоляция; 3. теплоизоляция; 4. защитное покрытие; 5. стяжка; 6. гидроизоляционный ковер с защитным покрытием

**Рис. 5.21.** Состав покрытия: а) чердачного перекрытия, б) плоской кровли.

При образовании конденсата на внутренней поверхности покрытия и на несущих стропилах развивается ускоренная коррозия кровельного материала и несущих конструкций.

Пароизоляционный слой защищает утеплитель от насыщения влагой, не пропускает ни воду, ни водяные пары. Толщина теплоизоляционного слоя определяется расчетом. В качестве утеплителя применяются сыпучие материалы (шлак, керамзитовый гравий), плитные (легкобетонные плиты, минераловатные плиты, пенополистирол, цементно-фибrolитовые плиты и пр.), монолитные (теплый бетон). Известково-песчаная стяжка препятствует механическому разрушению покрытия.

Причинами перегрева чердачного помещения могут быть недостаточная толщина теплоизоляционного слоя, нарушение изоляции трубопроводов и инженерного оборудования, размещенного на чердаке, плохая вентиляция. Источники поступления тепла выявляют по результатам замеров температуры воздуха на чердаке, на поверхности трубопроводов, в толще утеплителя.

Каждые 4-5 лет необходимо проводить вскрытия в нескольких местах чердачного перекрытия, проверять состояние утеплителя, проводить ремонтные мероприятия, рыхлить сыпучий утеплитель и восстанавливать плитный, особенно в холодной прикарнизной части.

Надежность теплоизоляции трубопроводов, инженерного оборудования определяется замером температуры на поверхности элемента. Если разница между температурой на поверхности утеплителя и температурой чердака более 4°C, необходимо дополнительное утепление: трубопровод обматывается слоем теплоизоляции (например, минеральной ваты), которая закрепляется металлической сеткой и оштукатуривается. Выходящие на крышу стояки и каналы необходимо заключать в специальные короба с утеплителем.

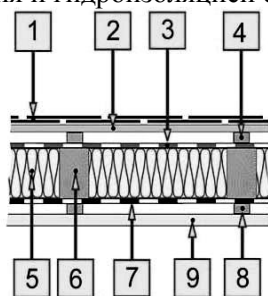
Через лестничную клетку, которая имеет сообщение с чердачным пространством, может происходить утечка тепла. Необходимо контролировать герметичность притвора дверей, идущих на чердак, и по необходимости их утеплять.

Естественная вентиляция решается путем устройства слуховых окон и приконьковых продухов, способствующих отсутствию застойных зон. При этом их расположение должно обеспе-

чивать сквозное проветривание чердака без застойных зон. Отверстия для естественной вентиляции выполняются из расчета  $\frac{1}{300} - \frac{1}{500}$  от площади чердачного перекрытия. При необходимости можно устраивать продухи-щели между карнизом и кровлей шириной 2-2,5 см или отверстия в прикарнизной части размером 20×20 см с обязательной установкой решеток.

Чтобы в зимний период снег не задерживался на наветренной стороне, должен быть выбран правильный уклон крыши в зависимости от климатической зоны, материала покрытия. Для стальных крыш уклон составляет 18-29%, асбестоцементных – 25-35%, черепичных – 25-45%, рулонных – 1-15% (с увеличением уклона количество слоев уменьшается).

Для теплого чердака характерно устройство утеплителя в конструкции крыши с его защитой пароизоляцией со стороны помещения и гидроизоляцией со стороны улицы (рис. 5.22).



1. кровельный материал; 2. сплошная обрешетка; 3. гидроизоляционная пленка; 4. обрешетка реечная; 5. утеплитель; 6. стропила; 7. пароизоляция; 8. обшивка потолка; 9. внутренняя отделка потолка

**Рис. 5.22.** *Покрытие мансардного этажа (теплого чердака).*

В объем теплого чердака выводятся вентканалы жилых квартир, вентиляция чердака осуществляется через специальные шахты, расположенные в каждой секции, что позволяет уменьшить количество пересечений кровли вертикальными элементами, заделка которых наиболее ответственна.

### **5.5.2. Эксплуатация совмещенных крыш**

Совмещенные крыши, особенно неветилируемые, обладают низкими эксплуатационными качествами и весьма сложны в эксплуатации. К основным эксплуатационным недостаткам относятся малый уклон, механические повреждения рулонного ковра, вследствие этого проникновение влаги в утеплитель, отсутствие естественной вентиляции, приводящей к неустраняемому увлажнению утеплителя. Утеплитель при замерзании вспу-

чивается, что приводит к механическому разрушению кровельного ковра изнутри. Кроме того, увлажнение и промерзание утеплителя приводит к нарушению температурно-влажностного режима в нижележащих жилых помещениях, к образованию наледи на карнизной части крыши и повреждению карниза.

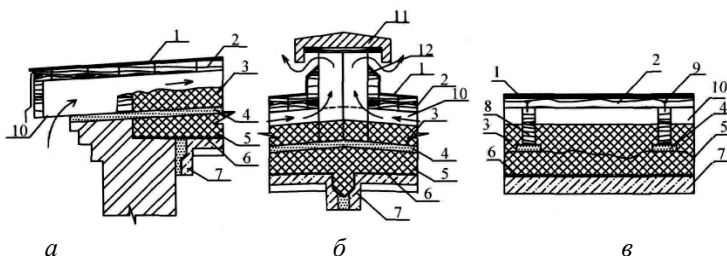
Вентилируемые бесчердачные крыши имеют преимущества по сравнению с невентилируемыми за счет воздухообмена, который обеспечивает удаление влаги из утеплителя, способствует уменьшению теплового потока к наружной поверхности кровли и снижению вследствие этого интенсивности таяния снега, а также уменьшает перегрев помещений в летний период. Однако при эксплуатации вентиляруемых бесчердачных крыш существуют свои проблемы – это засорение вентиляционных каналов, приводящее к скоплению воды, промерзанию и разрушению панелей.

Утеплитель конструкции совмещенной крыши находится в пакете, поэтому отсутствует естественная сушка материала и невозможно проконтролировать его состояние, как в невентилируемых так и в вентиляруемых крышах. Поэтому нормальная эксплуатация данной конструкции без переоборудования и реконструкции невозможна.

Реконструкция совмещенной крыши заключается в устройстве дополнительного покрытия со стропильной системой из дерева или из тонких железобетонных плит поверх существующих покрытий для создания вентиляции.

Возможно устройство скатной крыши, однако такое решение должно быть экономически, эстетически и технологически обосновано.

Переустройство предусматривает сохранение несущих элементов и утеплителя существующего покрытия. После удаления старого изоляционного покрытия и стяжки, утеплитель высушивается или заменяется и усиливается, поверх устраивается обрешетка, укладываются асбестоцементные листы, покрываемые стяжкой и гидроизоляционным слоем, или выполняется покрытие кровельным железом по обрешетке (рис. 5.23). Вдоль конька прокладывается короб с отверстиями в местах пересечения его с каналами. Вытяжки устраиваются через каждые 6 м. Вдоль карнизного свеса устраиваются воздушные каналы.



1. сталь кровельная; 2. обрешетка; 3. дополнительный утеплитель; 4. существующая стяжка; 5. существующий утеплитель; 6. пароизоляция; 7. железобетонная плита; 8. стропильные доски; 9. гвозди; 10. воздушные каналы; 11. зонт; 12. стенки канала.

**Рис. 5.23.** Переоборудование неветилируемых кровель в вентилируемые: а) карнизный узел; б) деталь вытяжки; в) состав кровельного покрытия.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Задачи технической эксплуатации зданий, сооружений и городской территории. Основные понятия.
2. Фактический, нормативный, средний и оптимальный сроки службы объектов.
3. Понятие надежности строительных конструкций. Основные свойства и показатели.
4. Факторы, вызывающие износ и старение конструкций здания.
5. Влияние окружающей среды на износ конструкций.
6. Показатели агрессивности окружающей среды.
7. Электрохимическая коррозия металлических конструкций.
8. Развитие коррозии металлических конструкций в различных средах.
9. Коррозия подземных трубопроводов в условиях города.
10. Коррозия под действием блуждающих токов.
11. Методы защиты металлических конструкций от коррозии.
12. Виды коррозии каменных конструкций.
13. Факторы, влияющие на скорость разрушения каменных конструкций.
14. Методы защиты каменных конструкций от коррозии.
15. Методы осушения каменных конструкций.
16. Коррозия деревянных конструкций.
17. Методы защиты деревянных конструкций от коррозии.
18. Виды деструкции полимерных материалов.
19. Методы защиты полимерных материалов от коррозии.



20. Организация проведения обследований зданий.
21. Оценка физического износа здания и его конструкций.
22. Инструментальный контроль основных эксплуатационных параметров здания.
23. Методы контроля за основными эксплуатационными параметрами основания.
24. Визуальный контроль за деформациями стен.
25. Инструментальный контроль за деформациями стен.
26. Инструментальный контроль при эксплуатации стен крупнопанельных зданий.
27. Методы контроля влажности строительных конструкций.
28. Разрушающие и неразрушающие методы определения прочности каменных конструкций.
29. Методы определения скрытых дефектов в конструкциях (дефектоскопия).
30. Определение герметичности конструкций.
31. Оценка микроклимата помещения (температурно-влажностный режим, анализ химического состава воздуха).
32. Оценка звукового режима помещения. Измерение звукоизоляции ограждающих конструкций.
33. Оценка светового режима помещения.
34. Основные факторы изменения физико-механических свойств оснований.
35. Эксплуатация оснований. Способы усиления оснований.
36. Восстановление гидроизоляции в процессе эксплуатации.
37. Причины увлажнения и промерзания наружных стен.
38. Мероприятия по защите каменных конструкций от увлажнения.
39. Способы устранения промерзания наружных стен.
40. Эксплуатация стен крупнопанельных зданий. Стыки стеновых панелей.
41. Эксплуатация железобетонных перекрытий.
42. Эксплуатация деревянных перекрытий.
43. Эксплуатация перегородок.
44. Эксплуатационные требования, предъявляемые полам.
45. Техническая эксплуатация крыш. Особенности эксплуатации различных типов конструктивных решений крыш.
46. Температурно-влажностный режим эксплуатации чердачных помещений. Эксплуатация в зимний период.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрашитов В.С. Техническая эксплуатация и обследование строительных конструкций. Учебное пособие. – М.: АСВ, 2005.
2. Акимов Г.В. Основы учения о коррозии и защите металлов. – Л.: Metallurgizdat, 1946.
3. Аллаhverдиев Г.А., Негреев Ф.В. Методы определения коррозионных свойств почв. – Баку: Азнефтеиздат, 1963.
4. Андреев И.Н., Межевич Ж.В., Гильманшин Г.Г. Электрохимические технологии защиты от коррозии крупных объектов техники./ мет. указ. к лаб. работам. – Казань: КГТУ, 2004.
5. Аргунов С.В. Организация строительства и реконструкции инженерных коммуникаций для развития населенных пунктов. – М.: автореферат дис. на соискание ученой степени...канд. техн. наук, 1997.
6. Ариевич Э.М., Коломеец А.В., Нотенко С.Н., Ройтман А.Г. Эксплуатация жилых зданий. Справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1991.
7. Бойко М.Д. Техническая эксплуатация зданий и сооружений. – Л.: Стройиздат, 1979.
8. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. Справочное пособие – М.: Стройиздат, 1993.
9. ВСН 53-86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий. – М.: 2001.
10. ВСН 58-88(р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий объектов коммунального и социально-культурного назначения. – М.: 1989.
11. Гитлина А.С. Эксплуатация и ремонт крыш и кровель. – Л.: Стройиздат, 1980.
12. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды г. Москвы в 1992 году. Под ред. Яблокова А.В. и др. – М.: ЭССО, 1993.
13. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. – С-Пб: издательский дом КН+, 2001.

14. Журавлев В.П. и др. Охрана окружающей среды в строительстве: Учебник для ВУЗов. – М.: АСВ, 1995.
15. Защита подземных металлических сооружений от коррозии. Под ред. Кочетковой И.А. – М.: Стройиздат, 1990.
16. Изоляция. Материалы и технологии. Справочник серии «Застройщик». – М.: Стройинформ, 2006.
17. Калинин В.М., Сокова С.Д. Оценка технического состояния зданий: Учебник. – М.: Инфра-М, 2005.
18. Калинин В.М., Сокова С.Д., Топилин А.Н. Обследование и испытание конструкций здания и сооружений. Учебник. – М.: Инфра-М, 2005.
19. Касьянов В.Ф., Калинин В.М., Авдеева Т.А., Сокова С.Д. Оценка технического состояния эксплуатируемых зданий и инженерных систем. Учебное пособие. – М.: МИСИ, 1992.
20. Касьянов В.Ф. Реконструкция жилой застройки городов. Учебное пособие. – М.: АСВ, 2005.
21. Кожин И.В., Добровольский Р.Г. Пути устранения потерь воды на водопроводе. – М.: Стройиздат, 1982.
22. Комисарчик Р.Г. Методы технического обследования ремонтируемых зданий. – М.: Стройиздат, 1975.
23. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий: атлас схем и чертежей. – Томск, 1990.
24. МГСН 2.04-97. Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях. – М.: 1997.
25. МГСН 2.06-99. Естественное, искусственное и смешанное освещение. – М.: 1999.
26. МГСН 2.07-01. Основания, фундаменты и подземные сооружения. – М.: 2001.
27. МГСН 2.08-01. Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций жилых и общественных зданий. – М.: 2001.
28. МГСН 301.01-96. Положение об организации капитального ремонта жилых зданий в г. Москве. – М.: 1996.

29. Мешечек В.В., Матвеев Е.П. Пособие по оценке физического износа жилых и общественных зданий. – М.: ЦМПИКС МГСУ.
30. Петрянина Л.Н., Викторова О.Л., Карпова О.В. Конструкции наружных стен зданий. – М.: АСВ, 2006.
31. Попов К.Н., Каддо М.Б., Кульков О.В. Оценка качества строительных материалов. – М.: АСВ, 1999.
32. Потапов А.Д. Экология. – М.: Высшая школа, 2000.
33. Порывай Г.А. Организация, планирование и управление эксплуатацией зданий. Учебное пособие. – М.: Стройиздат, 1983.
34. Порывай Г.А. Предупреждение преждевременного износа зданий. – М.: Стройиздат, 1979.
35. Порывай Г.А. Техническая эксплуатация зданий. – М.: Стройиздат, изд. 3, 1990.
36. Примеры расчетов по организации и управлению эксплуатацией зданий: Учебное пособие для ВУЗов. /Л.Ф. Шубин, О.В. Датюк, Ю.В. Кононович и др. – М.: Стройиздат, 1991.
37. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции. – М.: Москомархитектура, 1998.
38. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. – М.: ЦНИИПромзданий, 1989.
39. Рибицки Р. повреждения и дефекты строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1982.
40. Ротань В.Я. Ремонт и устройство перекрытий. – Л.: Стройиздат, 1977.
41. Рудой В.М., Останин Н.И., Зайков Ю.П. Проектирование катодной защиты подземных трубопроводов. Уч. пос. - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005.
42. Сергеев Е.М., Кофф Г.Л. Рациональное использование и охрана окружающей среды городов. – М.: Наука, 1989.
43. СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника. – М.: 1998.
44. СНиП II-12-77. Нормы проектирования. Защита от шума. Часть II. – М.: 1977.

45. СНиП 2.02.01-83\*. Основания зданий и сооружений. – М.: 1995.

46. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. – М.: 1986.

47. СП 13-102-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Правила обследования несущих конструкций зданий и сооружений. – М.: 2003.

48. Ушаков С.А., Комарова Н.Г., Ромина Л.Л. Московведение. Природа и экология. – М.: МГУ, 1997.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Периодичность ремонтов жилых зданий периода индустриального строительства в зависимости от группы капитальности

Группа капитальности	Характеристика зданий и их конструктивных элементов	Средний срок службы здания, год	Периодичность капитального ремонта, год	Периодичность текущего ремонта, год, при общем износе здания, в %		
				до 20	20-30	30-40
I	Здания каменные, особо капитальные, стены кирпичные толщиной 2,5÷3,5 кирпича или кирпичные с железобетонным или металлическим каркасом, перекрытия железобетонные или бетонные Здания с крупнопанельными стенами (кроме трехслойных), перекрытия железобетонные (кроме скорлупных), высотой более 5 этажей	150	18-21	5	4	3-4
II	Здания с кирпичными стенами толщиной 1,5÷2,5 кирпича, перекрытия железобетонные, бетонные или деревянные Здания с крупноблочными стенами с железобетонными перекрытиями	125	12-15	4-5	4	3-4
III	Здания со стенами из облегченной кладки из кирпича, монолитного шлакобетона, легких шлакоблоков, крупнопанельных, перекрытия железобетонные, бетонные или деревянные Здания со стенами из трехслойных железобетонных панелей или с перекрытиями из скорлупных панелей высотой до 5 этажей	100	12-15	4-5	4	3-4

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

### **СОСТАВ РАБОТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

#### **Перечень основных работ по техническому обслуживанию зданий и территорий**

*1. Работы, выполняемые при проведении технических осмотров отдельных элементов и помещений зданий.*

1.1. Устранение незначительных неисправностей в системах водопровода и канализации (смена прокладок в водопроводных кранах, уплотнение сгонов, устранение засоров, регулировка смывных бачков, крепление санитарно-технических приборов, расшатавшихся трубопроводов, прочистка сифонов, притирка пробочных кранов в смесителях, набивка сальников, смена поплавка-шара, замена резиновых прокладок у колокола и шарового клапана, установка ограничителей – дроссельных шайб, очистка бачка от известковых отложений и др.).

1.2. Устранение незначительных неисправностей в системах центрального отопления и горячего водоснабжения (регулировка трехходовых кранов, набивка сальников, мелкий ремонт теплоизоляции, устранение течи в трубопроводах, приборах и арматуре, осмотр и очистка грязевиков воздухоотборников, вантозов, компенсаторов, регулирующих кранов, вентилей, задвижек; очистка от накипи запорной арматуры и др.).

1.3. Устранение незначительных неисправностей электротехнических устройств (протирка и смена электролампочек в помещениях общего пользования, смена или ремонт штепсельных розеток и выключателей, мелкий ремонт электропроводки и др.).

1.4. Прочистка канализационного лежака.

1.5. Проверка исправности канализационных вытяжек.

1.6. Проверка наличия тяги в дымовентиляционных каналах.

1.7. Проверка заземления ванн.

1.8. Проверка заземления оболочки электрокабеля, замеры сопротивления изоляции проводов, устранение мелких неисправностей электропроводки.

1.9. Проверка заземления оборудования (насосы, щитовые вентиляторы).

1.10. Промазка свищей, участков гребней стальной кровли и др.

*2. Работы, выполняемые при подготовке зданий к эксплуатации в весенне-летний период.*

2.1. Укрепление водосточных труб, колен и воронок.

2.2. Расконсервирование и ремонт поливочной системы.

2.3. Консервация системы центрального отопления.

2.4. Ремонт оборудования детских и спортивных площадок.

2.5. Ремонт просевших отмосток, тротуаров, дорожек.

2.6. Устройство дополнительной сети поливочных систем.

2.7. Укрепление флагодержателей.

2.8. Консервация передвижных общественных туалетов (очистка, дезинфекция, промывка оборудования, подкраска, разгрузка рессор, регулировка оборудования).

2.9. Работы по раскрытию продухов в цоколях и вентиляции чердаков.

## ***Продолжение прил. 2***

- 2.10. Осмотр кровель, фасадов и полов в подвалах.
3. *Работы, выполняемые при подготовке зданий к эксплуатации осенне-зимний период.*
  - 3.1. Ремонт и утепление оконных и балконных проемов, входных дверей в местах общего пользования.
  - 3.2. Замена разбитых стекол окон, стеклоблоков и балконных дверей в местах общего пользования.
  - 3.3. Остекление и закрытие чердачных слуховых окон.
  - 3.4. Ремонт и утепление чердачных перекрытий.
  - 3.5. Ремонт и утепление трубопроводов в чердачных и подвальных помещениях.
  - 3.6. Укрепление и ремонт парапетных ограждений.
  - 3.7. Изготовление новых или ремонт существующих ходовых досок и переходных мостиков на чердаках, в подвалах.
  - 3.8. Ремонт, регулировка и испытание систем водоснабжения и центрального отопления.
  - 3.9. Ремонт и утепление бойлеров.
  - 3.10. Ремонт, утепление и прочистка дымовентиляционных каналов.
  - 3.11. Консервация поливочных систем.
  - 3.12. Укрепление флагодержателей, номерных знаков.
  - 3.13. Заделка продухов в цоколях зданий.
4. *Прочие работы*
  - 4.1. Регулировка и наладка систем центрального отопления
  - 4.2. То же вентиляции.
  - 4.3. Промывка системы центрального отопления.
  - 4.4. Очистка и промывка водопроводных баков.
  - 4.5. Регулировка и наладка систем автоматического управления инженерным оборудованием.
  - 4.6. Подготовка зданий к праздникам.
  - 4.7. Прочистка колодцев.
  - 4.8. Подготовка систем водостоков к сезонной эксплуатации.
  - 4.9. Удаление с крыш снега и наледей.
  - 4.10. Очистка кровли от мусора, грязи, листьев.
  - 4.11. Озеленение территории, уход за зелеными насаждениями.
  - 4.12. Уборка и очистка придомовой территории.
  - 4.13. Уборка подсобных и вспомогательных помещений.
  - 4.14. Мытье полов, окон, лестничных маршей, площадок, стен в лестничных клетках.
  - 4.15. Очистка и промывка стволов мусоропровода и загрузочных клапанов.
  - 4.16. Удаление мусора из здания и его вывоз.

### **Перечень основных работ по текущему ремонту зданий и территорий**

#### ***1. Фундаменты и стены подвальных помещений***

- 1.1. Заделка и расшивка стыков, швов, трещин, восстановление местами облицовки фундаментных стен со стороны подвальных помещений, цоколей.
- 1.2. Устранение местных деформаций путем перекладки и усиления стен.



## *Продолжение прил. 2*

1.3. Восстановление отдельных гидроизоляционных участков стен подвальных помещений.

1.4. Пробивка (заделка) отверстий, гнезд, борозд.

1.5. Усиление (устройство) фундаментов под оборудование (вентиляционное, насосное).

1.6. Ремонт приямков, входов в подвал.

1.7. Смена отдельных участков ленточных, столбчатых фундаментов или стульев под деревянными зданиями, зданий со стенами из прочих материалов.

1.8. Устройство (заделка) вентиляционных продухов, патрубков.

1.9. Замена отдельных участков отмосток по периметру зданий.

1.10. Герметизация вводов в подвальные помещения и технические подполья.

1.11. Установка маяков на стенах для наблюдения за деформациями.

### *2. Стены*

2.1. Заделка трещин, расшивка швов восстановление облицовки и перекладка отдельных участков кирпичных стен площадью до 2 м<sup>2</sup>.

2.2. Герметизация стыков элементов полносборных зданий и заделка выбоин и трещин на поверхности блоков и панелей.

2.3. Пробивка (заделка) отверстий, гнезд, борозд.

2.4. Смена отдельных венцов, элементов каркаса, укрепление, утепление, конопатка пазов, смена участков обшивки деревянных стен.

2.5. Восстановление отдельных простенков, перемычек, карнизов.

2.6. Постановка на раствор отдельных выпавших камней.

2.7. Утепление промерзающих участков стен в отдельных помещениях.

2.8. Устранение сырости, продуваемости.

2.9. Прочистка и ремонт вентиляционных каналов и вытяжных устройств.

### *3. Перекрытия*

3.1. Временное крепление перекрытий.

3.2. Частичная замена или усиление отдельных элементов деревянных перекрытий (участков междубалочного заполнения, дощатой подшивки отдельных балок). Восстановление засыпки и смазки. Антисептирование и противопожарная защита древесины.

3.3. Заделка швов в стыках сборных железобетонных перекрытий.

3.4. Заделка выбоин и трещин в железобетонных конструкциях.

3.5. Утепление верхних полок стальных балок на чердаке и их окраска.

3.6. Дополнительное утепление чердачных перекрытий с добавлением засыпки.

### *4. Крыши*

4.1. Усиление элементов деревянной стропильной системы, включая смену отдельных стропильных ног, стоек, подкосов, участков прогонов, лежней, мауэрлатов и обрешетки.

4.2. Антисептическая и противопожарная защита деревянных конструкций.

4.3. Все виды работ по устранению неисправностей стальных, асбестоцементных и других кровель из штучных материалов (кроме полной замены покрытия), включая узлы примыкания к конструкциям покрытия парапетов,

## *Продолжение прил. 2*

колпаки и зонты над трубами и прочие места проходов через кровлю, стояков, стоек и т.д.

4.4. Укрепление и замена водосточных труб и мелких покрытий архитектурных элементов по фасаду.

4.5. Частичная замена рулонного ковра.

4.6. Замена (восстановление) отдельных участков безрулонных кровель.

4.7. Укрепление, замена парапетных решеток, пожарных лестниц, стремянок, гильз, ограждений крыш, устройств заземления, анкеров, радио- и телеантенн и др.

4.8. Устройство или восстановление защитно-отделочного слоя рулонных и безрулонных кровель.

4.9. Замена или ремонт выходов на крышу, слуховых окон и специальных люков.

4.10. Очистка кровли от мусора, грязи, листьев, снега, наледи.

*5. Оконные и дверные заполнения, светопрозрачные конструкции*

5.1. Постановка доводчиков, пружин, упоров и пр.

5.2. Смена оконных и дверных элементов.

5.3. Замена разбитых стекол, стеклоблоков.

5.5. Смена, восстановление отдельных элементов, частичная замена оконных, дверных, витражных или витринных заполнений (деревянных, металлических и др.).

5.5. Врезка форточек.

*6. Перегородки*

6.1. Укрепление, усиление, смена отдельных участков деревянных перегородок.

6.2. Заделка трещин в плитных перегородках, перекладка отдельных участков.

6.3. Улучшение звукоизоляционных свойств перегородок (заделка сопряжений со смежными конструкциями и др.).

*7. Лестницы, балконы, крыльца, зонты, козырьки над входами в подъезды, балконами верхних этажей*

7.1. Заделка выбоин, трещин ступеней и площадок.

7.2. Замена отдельных ступеней, проступей, подступенков.

7.3. Частичная замена и укрепление металлических перил, балконных решеток, экранов балконов и лоджий.

7.4. Частичная замена элементов деревянных лестниц.

7.5. Заделка выбоин и трещин бетонных и железобетонных балконных плит.

7.6. Восстановление гидроизоляции полов и оцинкованных свесов балконных плит, заделка покрытий крылец, зонтов, замена дощатого настила с обшивкой кровельной сталью.

7.7. Восстановление или замена отдельных элементов крылец; восстановление или устройство зонтов над входами в подъезды, подвалы и на балконы верхних этажей.

7.8. Частичная или полная замена поручней лестничных и балконных ограждений.

7.9. Ежегодный ремонт входной группы (входной блок, тамбур).

*8. Полы*

- 8.1. Замена отдельных участков покрытия полов.
- 8.2. Сплачивание дощатых полов.
- 8.3. Замена (устройство) гидроизоляции полов в отдельных санитарных узлах с полной сменой покрытия.
- 8.4. Заделка выбоин, трещин в цементных, бетонных, асфальтовых полах и основаниях под полы.

*9. Внутренняя отделка*

- 9.1. Восстановление штукатурки стен и потолков отдельными местами.
- 9.2. Восстановление облицовки стен керамической и другой плиткой отдельными местами.
- 9.3. Восстановление и укрепление лепных порезок и розеток, карнизов.
- 9.4. Все виды стекольных, штукатурно-малярных работ во всех помещениях общего пользования, кроме жилых, в которых они производятся нанимателями.

*10. Наружная отделка*

- 10.1. Пескоструйная очистка, промывка, окраска фасадов.
- 10.2. Восстановление участков штукатурки и плиточной облицовки.
- 10.3. Укрепление или снятие с фасада угрожающих падением архитектурных деталей, облицовочных плиток, отдельных кирпичей, восстановление лепных деталей.
- 10.4. Масляная окраска окон, дверей, ограждений балконов, парапетных решеток, водосточных труб, цоколя.
- 10.5. Восстановление домовых знаков и наименований улиц.

*11. Центральное отопление*

- 11.1. Смена отдельных участков трубопроводов, секций отопительных приборов, запорной и регулирующей арматуры.
- 11.2. Установка (при необходимости) воздушных кранов.
- 11.3. Утепление труб, приборов, расширительных баков.
- 11.4. Смена отдельных секций у чугунных котлов, арматуры, контрольно-измерительных приборов.
- 11.5. Замена отдельных электромоторов или насосов малой мощности.
- 11.6. Восстановление разрушенной тепловой изоляции.
- 11.7. Гидравлическое испытание и промывка системы.
- 11.8. Промывка отопительных приборов (по стояку) и в целом систем отопления.
- 11.10. Регулировка и наладка систем отопления.

*12. Вентиляция*

- 12.1. Смена отдельных участков и устранение неплотностей вентиляционных коробов, шахт, камер, воздухопроводов.
- 12.2. Замена вентиляторов, воздушных клапанов и другого оборудования.
- 12.3. Ремонт и замена дефлекторов, оголовков труб.
- 12.4. Ремонт и наладка систем автоматического пожаротушения, дымоудаления.

## ***Продолжение прил. 2***

### ***13. Водопровод и канализация, горячее водоснабжение (внутридомовые системы)***

- 13.1. Утепление и замена арматуры водонапорных баков на чердаках.
- 13.2. Замена отдельных участков и удлинение водопроводных наружных выпусков для поливки дворов и улиц.
- 13.3. Уплотнение соединений, устранение течи, утепление, укрепление трубопроводов, смена отдельных участков трубопроводов, фасонных частей, сифонов, трапов, ревизий, восстановление разрушенной теплоизоляции трубопроводов, гидравлическое испытание системы, ликвидация засоров, прочистка дворовой канализации, дренажа.
- 13.4. Смена отдельных водоразборных кранов, смесителей, душей, запорной арматуры.
- 13.5. Замена внутренних пожарных кранов.
- 13.6. Ремонт и замена отдельных насосов и электромоторов малой мощности.
- 13.7. Замена отдельных узлов или водонагревательных приборов для ванн, укрепление и замена дымоотводящих патрубков, очистка водонагревателей и змеевиков от накипи и отложений.
- 13.8. Прочистка дворовой канализации, дренажа.
- 13.9. Антикоррозийное покрытие, маркировка.
- 13.10. Ремонт или замена регулирующей арматуры.
- 13.11. Промывка систем водопровода, канализации.
- 13.12. Замена контрольно-измерительных приборов.

### ***14. Электротехнические и слаботочные устройства***

- 14.1. Замена неисправных участков электрической сети здания, а также устройство новых.
- 14.2. Замена поврежденных участков внутриквартирной групповой линии питания стационарных электроплит.
- 14.3. Замена вышедших из строя выключателей, штепселей, розеток и др. (кроме жилых квартир).
- 14.4. Замена вышедших из строя светильников, а также оградительных огней и праздничной иллюминации.
- 14.5. Замена предохранителей, автоматических выключателей, пакетных переключателей вводно-распределительных устройств, щитов.
- 14.6. Замена и установка фотовыключателей, реле времени и других устройств автоматического или дистанционного управления освещением зданий.
- 14.7. Замена электродвигателей и отдельных узлов электроустановок технических устройств.
- 14.8. Замена приборов учета.
- 14.9. Замена или установка автоматических систем контроля за работой центрального отопления внутридомовых сетей связи и сигнализации, КИП и др.
- 14.10. Подключение технических устройств зданий к ОДС, РДС.
- 14.11. Ремонт устройств электрической защиты металлических труб внутренних систем центрального отопления и водоснабжения от коррозии.
- 14.12. Ремонт или устройство сетей радио, телефонизация и установка телеантенн коллективного пользования жилых зданий.

14.13. Восстановление цепей заземления.

14.14. Замена вышедших из строя датчиков, проводки и оборудования пожарной и охранной сигнализации.

*15. Внешнее благоустройство*

15.1. Восстановление разрушенных участков тротуаров, прездов, дорожек и площадок.

15.2. Ремонт, укрепление, замена отдельных участков ограждений и оборудования детских игровых, спортивных и хозяйственных площадок, дворовых уборных, мусорных ящиков, площадок и навесов для контейнеров-мусоросборников и т.д.

15.3. Оборудование площадок для выгула животных.

*16. Прочие работы*

16.1. Укрепление и устройство металлических решеток, ограждающих окна подвальных помещений, козырьков над входами в подвал.

16.2. Восстановление и устройство новых переходов на чердаке через трубы центрального отопления, вентиляционные короба и др.

16.3. Укрепление и установка домовых знаков, флагодержателей..

16.4. Устройство и ремонт замочно-переговорных устройств.

16.5. Замена или укрепление затворов мусоропроводов, установка приспособлений для прочистки стволов.

16.6. Наладка всех видов внутридомового оборудования.

16.7. Устройство и ремонт газовых плит.

16.8. Устройство и ремонт скамеек на территории микрорайонов.

**Перечень работ, производимых при капитальном ремонте зданий и территорий**

1. Обследование зданий (включая сплошное обследование жилищного фонда) и изготовление проектно-сметной документации (независимо от периода проведения ремонтных работ).

2. Ремонтно-строительные работы по смене, восстановлению или замене элементов зданий (кроме полной замены каменных и бетонных фундаментов, несущих стен и каркасов).

3. Модернизация жилых зданий при капитальном ремонте, перепланировка квартир, не вызывающая изменение основных технико-экономических показателей здания:

- оборудование в квартирах кухонь и санитарных узлов;
- расширение жилой площади за счет подсобных помещений, разукрупнения многокомнатных квартир;
- улучшение инсоляции жилых помещений;
- ликвидация темных кухонь и входов в квартиры через кухни с устройством при необходимости встроенных или пристроенных помещений для лестничных клеток, санитарных узлов или кухонь, а также балконов, лоджий и эркеров;
- замена печного отопления центральным с устройством котельных, теплопроводов и тепловых пунктов, крышных или иных автономных источников теплоснабжения;

## *Продолжение прил. 2*

- оборудование системами холодного и горячего водоснабжения, канализации, газоснабжения с присоединением к существующим магистральным сетям при расстоянии от ввода до точки подключения к магистралям до 150 м;
  - устройство газопроводов, водоподкачек, бойлерных;
  - установка бытовых электроплит взамен газовых плит или кухонных очагов;
  - полная замена существующих систем центрального отопления, горячего и холодного водоснабжения (в том числе с обязательным применением модернизированных отопительных приборов и трубопроводов из пластика, металлопластика и т.д.);
  - устройство лифтов, мусоропроводов, систем пневматического мусороудаления в домах с отметкой лестничной площадки верхнего этажа 15 м и выше;
  - перевод существующей сети электроснабжения на повышенное напряжение;
  - устройство теле- и радиоантенн коллективного пользования, подключение к телефонной и радиотрансляционной сетям;
  - установка домофонов, электрических замков;
  - устройство систем противопожарной автоматики и дымоудаления;
  - автоматизация и диспетчеризация лифтов, отопительных котельных, тепловых сетей, тепловых пунктов и инженерного оборудования жилых домов;
  - благоустройство дворовых территорий (замошение, асфальтирование, озеленение, устройство ограждений), оборудование детских, спортивных (кроме стадионов) и хозяйственно-бытовых площадок;
  - разборка аварийных домов;
  - изменение конструкции крыш;
  - оборудование чердачных помещений жилых и нежилых зданий под эксплуатируемые.
4. Ремонт крыш, фасадов, стыков полносборных зданий до 50%.
  5. Замена существующего и установка нового технологического оборудования в зданиях коммунального и социально-культурного назначения.
  6. Утепление и шумозащита зданий.
  7. Замена изношенных элементов внутриквартальных инженерных сетей.
  8. Установка приборов учета расхода тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение, расхода холодной и горячей воды на здание, а также установка поквартирных счетчиков горячей и холодной воды (при замене сетей).
  9. Ремонт встроенных помещений в зданиях.
  10. Экспертиза проектно-сметной документации.
  11. Авторский надзор проектных организаций за проведением капитального ремонта здания.
  12. Технический надзор.
  13. Проведение ремонтно-реставрационных работ памятников, находящихся под охраной государства.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### Сроки устранения неисправностей элементов зданий при выполнении внепланового текущего ремонта

Неисправности элементов здания	Предельный срок устранения неисправностей с момента их выявления, сут
1	2
<b>Кровля</b>	
Протечки в отдельных местах	1
Неисправности в системе организованного водоотвода (водосточных труб, воронок, колен, отметов и пр., расстройство креплений) для наружного водостока	5
То же, для внутреннего водостока	2
<b>Стены</b>	
Утрата связи отдельных кирпичей с кладкой наружных стен, угрожающая безопасности людей	1 (с немедленным ограждением опасной зоны)
Протечки стыков панелей	7
Неплотности в дымоходах и газоходах	1
<b>Оконные и дверные заполнения</b>	
Разбитые стекла и сорванные створки оконных переплетов, форточек, балконных дверных полотен, витражей, витрин, стеклоблоков и т.п. в зимнее время	1
То же, в летнее время	3
<b>Внутренняя и наружная отделка</b>	
Отслоение штукатурки потолка или верхней части стены, угрожающее ее обрушению	5 (с немедленным принятием мер безопасности)
Нарушение связи наружной облицовки, а также лепных изделий, установленных на фасадах, со стенами на высоте св. 1,5 м	Немедленно, с принятием мер безопасности
То же, на цокольной части	5
<b>Полы</b>	
Протечки в перекрытиях, вызванные нарушением водонепроницаемости гидроизоляции полов в санузлах	3

**Продолжение прил. 3**

1	2
<b>Санитарно-техническое оборудование</b>	
Течи водопроводных кранов и смывных бачков	1
Неисправности аварийного характера в трубопроводах и их сопряжениях (фитинги, арматура и приборы водопровода, канализации, горячего водоснабжения, центрального отопления, газооборудование)	Немедленно
Неисправности мусоропровода	1
Неисправности фекальных и дренажных насосов	1
<b>Электротехнические устройства</b>	
Повреждение одного из питающих кабелей. Отключение системы питания здания или силового электрооборудования	Не более 2 часов
Неисправности во вводно-распределительном устройстве, связанные с заменой предохранителей, автоматических выключателей, рубильников	3 часа
Неисправности автоматов защиты стояков и питающих линий	3 часа
Неисправности электросетей и оборудования аварийного характера (короткое замыкание и т.п.)	Немедленно
То же, неаварийного характера	1
Неисправности объединенных диспетчерских систем	Немедленно
Неисправности автоматики противопожарной защиты	Немедленно
Неисправности переговорно-замочного устройства	1
Неисправности электроплит	1
Неисправности в системе освещения общедомовых помещений, с заменой ламп, выключателей и конструктивных элементов светильников	7
<b>Лифты</b>	
Неисправности лифта	1 (с немедленным прекращением эксплуатации)



## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Периодичность проведения осмотров элементов и помещений зданий

Конструктивные элементы и помещения здания	Периодичность осмотров, мес
1	2
Крыши	3—6*
Деревянные конструкции и столярные изделия	6—12*
Каменные конструкции	12
Железобетонные конструкции	12
Панели полносборных зданий и межпанельные стыки	12
Стальные закладные детали без антикоррозийной защиты в полносборных зданиях (осмотры проводятся путем вскрытия 5-6 узлов)	Через 10 лет после начала эксплуатации, затем через каждые 3 года
Стальные закладные детали с антикоррозийной защитой	Через 15 лет, затем через каждые 3 года
Газоходы	3
Вентиляционные каналы	12
То же в помещениях, где установлены газовые приборы	3
Внутренняя и наружная отделка	6—12*
Полы	12
Перила и ограждающие решетки на окнах лестничных клеток	6
Системы водопровода, канализации, горячего водоснабжения	3—6*
Системы центрального отопления: -в квартирах и основных функциональных помещениях объектов коммунального и социально-культурного назначения (осмотр проводится в отопительный период)	3—6*
-на чердаках, в подвалах (подпольях), на лестницах	3—6*
Тепловые вводы, котлы и котельное оборудование	2
Мусоропроводы	2

**Продолжение прил. 4**

1	2
Электрооборудование: -открытая электропроводка	Ежемесячно
-скрытая электропроводка	3
-электропроводка в стальных трубах	6
-кухонные электроплиты	6
-светильники во вспомогательных помещениях (на лестницах, в вестибюлях и пр.)	3
Системы дымоудаления и пожаротушения	Ежемесячно
Домофоны	Ежемесячно
Внутридомовые сети, оборудование и пульта управления ОДС	3
Электрооборудование домовых отопительных котельных и бойлерных, мастерских, водопод- качки фекальных и дренажных насосов	2
Жилые и подсобные помещения квартир: лест- ницы, тамбуры, вестибюли, подвалы, чердаки и прочие вспомогательные помещения объектов коммунального и социально-культурного назна- чения	12

Примечание: знаком «\*» обозначены элементы, для которых кон-  
кретная периодичность осмотров в пределах заданного интервала ус-  
танавливается эксплуатирующими организациями исходя из техниче-  
ского состояния зданий и местных условий.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### Сроки службы конструктивных элементов и инженерного оборудования зданий до капитального ремонта

Элементы жилых зданий	Продолжительность до капитального ремонта, [лет]
1	2
<b>Фундаменты:</b>	
Ленточные бутовые на сложном или цементном растворе*	50
То же, на известковом растворе и кирпичные *	50
Ленточные бетонные и железобетонные *	60
Бутовые и бетонные столбы	40
Свайные *	60
Деревянные стулья	15
<b>Стены:</b>	
Крупнопанельные с утепляющим слоем из минераловатных плит, цементного фибролита *	50
Крупнопанельные однослойные из легкого бетона *	30
Особо капитальные, каменные (кирпичные при толщине 2,5—3,5 кирпича) и крупноблочные на сложном или цементном растворе *	50
Каменные обыкновенные (кирпичные при толщине 2—2,5 кирпича) *	40
Каменные облегченной кладки из кирпича, шлакоблоков и ракушечника *	30
Деревянные рубленые и брусчатые *	30
Деревянные сборно-щитовые, каркасно-засыпные *	30
Глинобитные, саманные, каркасно-камышитовые *	15
<b>Герметизирование стыков панелей наружных стен мастиками:</b>	
нетвердеющими	8
отверждающимися	15
тиоколовый герметик	8
силиконовый герметик	10
Пороизол, гернит	

*Продолжение прил. 5*

1	2
Герметизирование мест примыкания оконных (дверных) блоков к граням проемов	25
<b>Перекрытия:</b>	
Железобетонные сборные и монолитные *	80
С кирпичными сводами или бетонным заполнением по стальным балкам *	80
Деревянные по деревянным балкам, оштукатуренные междуэтажные	60
То же, чердачные	30
По деревянным балкам, облегченные, неоштукатуренные	20
Деревянные по стальным балкам	80
<b>Утепляющие слои из:</b>	
пенобетона	25
пеностекла	40
цементного фибролита	15
керамзита или шлака	40
минераловатных плит	15
пенополистирола	20
<b>Полы:</b>	
Из керамической плитки по бетонному основанию	60
Из метлахской плитки	25
Цементные железобетонные	30
Цементные с мраморной крошкой	40
Дощатые шпунтованные по:	
перекрытиям	30
грунту	20
Паркетные:	
дубовые	60
буковые	40
березовые, осиновые	30
из паркетной доски	20
из твердой древесно-волокнистой плиты	15
Мастичные на поливинилцементной мастике	30
Асфальтовые	8
Из линолеума безосновного	10

**Продолжение прил. 5**

1	2
Из линолеума с тканевой или теплозвукоизолирующей основой	20
Из поливинилхлоридных плиток	10
Из каменных плит:	
мраморных	50
брекчия	30
гранитных	80
<b>Лестницы:</b>	
Площадки железобетонные, ступени плитные по стальным железобетонным косоурам или железобетонной плите *	60
Накладные бетонные ступени с мраморной крошкой	40
Деревянные	20
<b>Балконы, лоджии, крыльца:</b>	
Балконы по стальным консольным балкам (рамам) с заполнением монолитным железобетонным или сборными плитами	60
То же, с дощатым заполнением	30
По железобетонным балкам-консолям и плитам перекрытия	80
Стальное ограждение балконов	40
Крыльца бетонные с каменными или бетонными ступенями	20
<b>Полы на балконах:</b>	
Цементные или плиточные полы балконов лоджий с гидроизоляцией	20
Асфальтовый пол	10
Деревянный пол, покрытый оцинкованной кровельной сталью	20
То же, черной кровельной сталью	15
<b>Крыши и кровля:</b>	
Стропила и обрешетка из сборных железобетонных элементов	80
Из сборных железобетонных настилов	80
Деревянные стропила и обрешетка	50
Утепляющие слои совмещенных бесчердачных крыш, вентилируемых (невентилируемых) из:	

**Продолжение прил. 5**

1	2
пенобетона или пеностекла	40(30)
керамзита или шлака	40(30)
минеральной ваты	15(10)
минераловатных плит	20(15)
<b>Покрытия крыш (кровли):</b>	
Из оцинкованной стали	30
Из черной стали	10
Из металлокерамической черепицы	40
Из керамической черепицы	60
Из асбестоцементных листов и волнистого шифера	30
Из рулонных материалов (в 3—4 слоя)	10
Гидроизол, рубемаст, стеклобит	10
Гидростеклоизол, техноэласт, филизол, ондулин, фидиа	15
Битумная черепица, изопласт, эластобит, супра, изолен, кромэл, поликров	20
кровлелон	25
Безрулонные мастичные по стеклоткани	10
Кровлелит, вента	15
Защитные слои рулонных кровель	4
<b>Система водоотвода:</b>	
Водосточные трубы и мелкие покрытия по фасаду из оцинкованной стали	10
То же, из черной стали	6
То же, из обмедненной стали	20
<b>Внутренние водостоки из:</b>	
чугунных труб	40
стальных »	20
полимерных »	10
<b>Перегородки:</b>	
Шлакобетонные, бетонные, кирпичные оштукатуренные	75
Гипсовые, гипсоволокнистые, гипсокартонные по металлическому каркасу, деревянные оштукатуренные межкомнатные	60
Из сухой штукатурки по деревянному каркасу, в санузлах	30
<b>Двери и окна:</b>	

*Продолжение прил. 5*

1	2
Оконные и балконные заполнения (деревянные переплеты)	40
То же (металлические переплеты)	50
<b>Дверные заполнения:</b>	
внутриквартирные	50
входные в квартиру	40
входные на лестничную клетку	10
<b>Внутренняя отделка:</b>	
Штукатурка по каменным стенам	60
То же, по деревянным стенам и перегородкам	40
Облицовка керамическими плитками	40
То же, сухой штукатуркой	30
Окраска водными составами в помещениях	4
То же, эмульсионными составами	5
Окраска водными составами лестничных клеток	3
То же, полуводными (эмульсионными)	4
Окраска безводными составами (масляными, ал- кидными красками, эмалями, лаками и др.):	
стен, потолков, столярных изделий	8
полов	5
радиаторов, трубопроводов, лестничных решеток	4
Оклейка стен обоями обыкновенными	4
То же, улучшенного качества	5
<b>Наружная отделка:</b>	
Облицовка:	
цементными офактуренными плитками	60
ковровой плиткой	30
естественным камнем	80
Терразитовая штукатурка	50
Штукатурка по кирпичу:	
сложным раствором	30
известковым раствором	20
Штукатурка по дереву	15
Лепные детали цементные	30
Окраска по штукатурке (бетону):	
известковыми составами	3
силикатными       »	6

**Продолжение прил. 5**

1	2
полимерными »	6
кремнийорганическими красками	8
Масляная окраска по дереву	4
Окраска кровель масляными составами	4
Покрытие поясков, сандриков и подоконников из оцинкованной стали	8
То же, из черной кровельной стали	6
<b>Инженерное оборудование:</b>	
<b>Вентиляция:</b>	
Шахты и короба на чердаке из шлакобетонных плит	60
То же, из деревянных щитов, обитых кровельным железом по войлоку	40
Приставные вентиляционные вытяжные каналы из гипсовых и шлакобетонных плит	30
То же, из деревянных щитов, оштукатуренных по тканой металлической сетке	20
<b>Водопровод и канализация:</b>	
Трубопроводы холодной воды из:	
оцинкованных труб	30
газовых черных труб	15
Трубопроводы канализации:	
чугунные	40
керамические	60
пластмассовые	60
Водоразборные краны	10
Туалетные краны	10
Умывальники керамические	20
пластмассовые	30
Унитазы керамические	20
пластмассовые	30
Смывные бачки керамические	20
чугунные высокорасположенные	20
пластмассовые	30
Ванны эмалированные чугунные	40
Стальные	25
Кухонные мойки и раковины стальные	15
чугунные эмалированные	30



**Продолжение прил. 5**

1	2
из нержавеющей стали	20
Задвижки и вентили из чугуна	15
Вентили латунные	20
Душевые поддоны	30
Водомерные узлы	10
<b>Горячее водоснабжение:</b>	
Трубопровод горячей воды из газовых оцинкованных (черных) труб:	
при закрытых схемах теплоснабжения	20(10)
то же, при открытых	30(15)
Смесители	12(15)
Полотенцесушители из черных труб	15
То же из никелированных труб	20
Задвижки и вентили из чугуна	10
Вентили и пробковые краны из латуни	15
Изоляция трубопроводов	10
Скоростные водонагреватели	10
<b>Центральное отопление:</b>	
Радиаторы чугунные (стальные):	
при закрытых схемах	40(30)
то же, при открытых	30(15)
Калориферы стальные	15
Конвекторы	30
Трубопроводы	
Стояки:	
при закрытых схемах	30
то же, при открытых	15
Стояки (домовые магистрали):	
при закрытых схемах	20
то же, при открытых	15
Задвижки	10
Вентили	10
Трехходовые краны	10
Элеваторы	30
Изоляция трубопроводов	10
Котлы отопительные:	
чугунные	25

*Продолжение прил. 5*

1	2
стальные	20
Обмуровка котлов	6
Короба	15
<b>Мусоропроводы:</b>	
Загрузочные устройства, клапаны	10
Мусоросборная камера, вентиляция	30
Ствол	60
<b>Газооборудование:</b>	
Внутридомовые трубопроводы	20
Газовые плиты	20
Водогрейные колонки	10
<b>Электрооборудование:</b>	
Вводно-распределительные устройства	20
Внутридомовые магистрали (сеть питания квартир) с распределительными щитками	20
Внутриквартирные сети при скрытой проводке	40
То же, при открытой проводке	25
Сеть дежурного освещения мест общего пользования	10
Сети освещения помещений производственно-технического назначения	10
Сеть питания лифтовых установок	15
То же, системы дымоудаления	15
Линия питания ЦТП и бойлерных, встроенных в здание	15
Бытовые электроплиты	15
Электроприборы (штепсельные розетки, выключатели и т.п.)	10
<b>Оборудование объединенных диспетчерских систем (ОДС):</b>	
Внутридомовые сети связи и сигнализации:	
проводка	15
щитки, датчики, замки, КИП и др	10
телемеханические блоки, пульт	5
переговорно-замочные устройства	5
автоматическая противопожарная защита	4
телеантенны	10
<b>Наружные инженерные сети:</b>	

*Продолжение прил. 5*

1	2
Водопроводный ввод из:	
чугунных труб	40
стальных труб	15(20)
Дворовая канализация и канализационные выпуски из:	
чугунных труб	40
керамических или асбестоцементных труб	30
Теплопровод	20
Дворовый газопровод	20
Прифундаментный дренаж	30
<b>Внешнее благоустройство:</b>	
Асфальтобетонное (асфальтовое) покрытие проездов, тротуаров, отмосток	10
Щебеночные площадки и садовые дорожки, оборудование детских площадок	5

Примечание:

\* Элементы, не подлежащие замене на протяжении всего периода использования зданий по назначению.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение.....	1
1. Основные понятия технической эксплуатации зданий.....	2
1.1. Задачи технической эксплуатации зданий, особенности эксплуатационного процесса.....	2
1.2. Параметры надежности элементов зданий.....	4
1.2.1. Основные определения .....	4
1.2.2. Безотказность элементов.....	8
1.2.3. Долговечность. Сроки службы элементов.....	11
1.2.4. Показатели ремонтпригодности.....	14
1.2.5. Методы повышения надежности элементов.....	17
1.3. Основные эксплуатационные мероприятия.....	19
1.3.1. Капитальный и текущий ремонт зданий.....	20
1.3.2. Техническое обслуживание.....	24
2. Воздействие окружающей среды на эксплуатационные свойства конструкций зданий.....	29
2.1. Теоретические основы старения и разрушения элементов зданий и сооружений .....	29
2.2. Зависимость износа конструкций от микроструктуры их материала .....	32
2.3. Факторы окружающей среды, вызывающие износ и старение конструкций здания.....	35
2.4. Влияние окружающей среды на износ конструкций. Показатели агрессивности окружающей среды.....	38
2.4.1. Солнечная радиация.....	38
2.4.2. Атмосферная среда.....	39
2.4.3. Водная среда.....	40
2.4.4. Грунтовая среда.....	44
2.4.5. Биологическая среда.....	47
3. Коррозия строительных материалов.....	49
3.1. Коррозия металлических конструкций.....	52
3.1.1. Классификация коррозионных процессов.....	52
3.1.2. Механизмы протекания коррозии металлов.....	54
Химическая коррозия.....	54
Электрохимическая коррозия.....	55
Факторы, влияющие на скорость коррозионного процесса.....	57
3.1.3. Развитие коррозии в различных средах.....	59
Атмосферная коррозия.....	59
Коррозия под действием блуждающих токов.....	61
Коррозия подземных конструкций.....	62
Внутренняя коррозия трубопроводов.....	65

Коррозия арматуры в бетоне.....	66
<b>3.1.4. Методы защиты металлических конструкций от коррозии.....</b>	<b>68</b>
Защитные покрытия.....	69
Воздействие на среду эксплуатации.....	72
Электрохимическая защита.....	73
<b>3.2. Коррозия каменных и бетонных конструкций.....</b>	<b>78</b>
<b>3.2.1. Факторы, влияющие на скорость</b>	
разрушения каменных конструкций.....	79
Увлажнение каменных конструкций.....	81
<b>3.2.2. Механизм протекания коррозионного</b>	
процесса в каменных конструкциях.....	82
Физическая коррозия.....	82
Химическая коррозия.....	84
Разрушение каменных материалов при кристаллизации солей.....	86
<b>3.2.3. Методы защиты каменных конструкций от коррозии.....</b>	<b>87</b>
Гидроизоляционные покрытия.....	88
Устройство дренажных систем.....	89
Обработка поверхности каменной конструкции.....	92
Инъектирование.....	94
<b>3.3. Коррозия деревянных конструкций.....</b>	<b>94</b>
<b>3.3.1. Условия, способствующие</b>	
разрушению деревянных конструкций.....	95
<b>3.3.2. Виды разрушения древесины.....</b>	<b>96</b>
Химическая коррозия деревянных конструкций.....	96
Гниение древесины.....	96
Плесневая коррозия.....	98
Разрушение деревянных конструкций насекомыми.....	98
<b>3.3.3. Методы защиты деревянных конструкций от коррозии.....</b>	<b>99</b>
<b>3.4. Коррозия конструкций из полимерных материалов.....</b>	<b>103</b>
<b>3.4.1. Виды деструкции полимерных материалов.....</b>	<b>104</b>
<b>3.4.2. Эксплуатационные характеристики некоторых</b>	
полимерных и битумных материалов.....	105
<b>3.4.3. Методы защиты полимерных конструкций от коррозии.....</b>	<b>106</b>
<b>4. Оценка эксплуатационных свойств конструкций зданий.....</b>	<b>107</b>
<b>4.1. Организация проведения осмотров и</b>	
обследований зданий и сооружений.....	107
<b>4.1.1. Оценка физического и морального</b>	
износа отдельных элементов и здания в целом.....	114
<b>4.1.2. Пример оценки физического износа элементов здания.....</b>	<b>118</b>
<b>4.1.3. Обработка результатов обследования.....</b>	<b>119</b>
<b>4.2. Инструментальная диагностика технического</b>	

состояния конструкций зданий.....	121
<b>4.2.1. Методы определения прочности конструкций.</b>	
Дефектоскопия.....	122
<b>4.2.3. Оценка деформативности и устойчивости</b>	
конструктивных элементов здания.....	131
Визуальная оценка деформации зданий.....	132
Инструментальная оценка деформации зданий.....	136
<b>4.2.4. Инструментальный контроль основных эксплуатационных</b>	
параметров оснований и фундаментов.....	139
<b>4.2.5. Методы оценки воздухозащитных</b>	
свойств ограждающих конструкций.....	140
<b>4.2.6. Оценка адгезии герметика.....</b>	143
<b>4.2.7. Оценка параметров микроклимата</b>	
помещений жилых зданий.....	143
Измерение температуры воздуха.....	144
Измерение температуры поверхности ограждающих конструкций.....	145
Измерение влажности воздуха.....	145
Измерение влажности ограждающих конструкций.....	146
Оценка скорости движения воздуха.....	147
Анализ химического состава воздуха в помещениях.....	147
Измерение звукоизоляции ограждающих конструкций.....	149
Измерение освещенности.....	152
<b>4.3. Техника безопасности и охрана труда при проведении</b>	
обследования конструкций и помещений здания.....	154
<b>5. Обеспечение эксплуатационных свойств конструкций зданий.....</b>	155
<b>5.1. Классификация повреждений конструктивных</b>	
элементов здания.....	155
<b>5.2. Техническая эксплуатация подземной части зданий.....</b>	158
<b>5.2.1. Основные факторы изменения физико-</b>	
механических свойств оснований и фундаментов.....	159
<b>5.2.2. Основные мероприятия по технической</b>	
эксплуатации оснований и фундаментов.....	162
Водопонижение.....	162
Усиление оснований.....	163
Усиление фундаментов.....	164
Восстановление гидроизоляции.....	167
Примеры восстановления гидроизоляции.....	169
<b>5.3. Техническая эксплуатация стен, внутренних</b>	
опор и перегородок здания.....	171
<b>5.3.1. Причины повреждения наружных и</b>	
внутренних стен, опор и способы их устранения.....	171

5.3.2. Особенности эксплуатации деревянных стен.....	174
5.3.3. Особенности эксплуатации перегородок.....	176
5.3.4. Мероприятия по защите стен от увлажнения. Осушение конструкций.....	178
5.3.5. Причины, вызывающие промерзание стен. Способы утепления наружных стен.....	181
5.3.6. Особенности эксплуатации стыковых соединений.....	183
5.4. Техническая эксплуатация перекрытий.....	184
5.4.1. Эксплуатационные требования, предъявляемые к перекрытиям.....	184
5.4.2. Эксплуатация железобетонных перекрытий.....	186
5.4.3. Эксплуатация деревянных перекрытий.....	188
5.4.4. Эксплуатационные требования, предъявляемые полам.....	190
5.5. Техническая эксплуатация крыш и чердачных помещений.....	191
5.5.1. Температурно-влажностный режим чердачных помещений.....	194
5.5.2. Эксплуатация совмещенных крыш.....	196
<i>Контрольные вопросы.....</i>	198
Библиографический список.....	200
<b>Приложение 1.</b> Периодичность ремонтов жилых зданий периода индустриального строительства в зависимости от группы капитальности.....	204
<b>Приложение 2.</b> Состав работ технического обслуживания и ремонтов зданий и сооружений.....	205
<b>Приложение 3.</b> Сроки устранения неисправностей элементов зданий при выполнении внепланового текущего ремонта.....	213
<b>Приложение 4.</b> Периодичность проведения осмотров элементов и помещений зданий.....	215
<b>Приложение 5.</b> Сроки службы конструктивных элементов и инженерного оборудования зданий до капитального ремонта.....	217

Лицензия ЛР № 020675 от 09.12.1997 г.

---

Подписано в печать	25.06.07 г.	Формат 60×84 1/16	Печать офсет-
И- 147	Объем 14,5 п.л.	Т. 200 экз.	Заказ 486

---

Московский государственный строительный университет  
Типография МГСУ. 129337, Москва, Ярославское ш., 26