

**АШРАБОВ А. А., РАУПОВ Ч. С.**

**МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ, ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
И УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ  
И СООРУЖЕНИЙ**

Ташкент – 2005

**ГАЖК «УЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙУЛЛАРИ»**  
**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО**  
**ТРАНСПОРТА им. А. ИКРАМОВА**

**Кафедра «Мосты и тоннели»**

**АШРАБОВ А. А., РАУПОВ Ч. С.**

**МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ, ВОССТАНОВЛЕНИЯ**  
**И УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**  
**И СООРУЖЕНИЙ**

**Учебное пособие**

УДК 69.059.32

В учебном пособии изложены основы организация работ по обеспечению эксплуатационной надежности зданий и сооружений и основные принципы диагностики, ремонта и усиления строительных конструкций. Рассмотрены методы и средства контроля качества и диагностики эксплуатируемых мостов и сооружений, дана методика испытания мостов. Приведены основные данные о методах ремонта и усиления конструкций и элементов зданий и сооружений.

Учебное пособие предназначено для бакалавров направлений 5А580200-Строительство зданий и сооружений (Транспортное строительство), 5А580400 – Строительство инженерных сетей, 5580600 – Эксплуатация искусственных сооружений, 5140900 – Педагогическое образование и магистрантов специальностей 5А580212 – Мосты и транспортные тоннели, 5А580603 – Эксплуатация мостов и транспортных тоннелей, 5А580204 – Проектирование, строительство зданий и сооружений и аспирантов строительных факультетов и ВУЗов, и может быть использовано инженерно-техническими работниками научных и проектных организаций.

Рисунки – 47; таблицы – 12; библиографии – 23 наим.

Составители: **А.А.Ашрабов**, д.т.к, проф., **Ч.С.Раупов**, к.т.н, доц.,

Рецензенты: **А.А.Ишанходжаев** – д.т.н., проф. Каф. «Мосты и транспортные тоннели» ТАДИ, **Н.А.Красин** – к.т.н., доц. каф. «Мосты и тоннели» ТашИИТ.

Учебное пособие одобрено на заседании кафедры «Мосты и тоннели» и утверждено учебно-методическим советом Строительного факультета.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта , 2005 г.

## 1. Организация работ по обеспечению эксплуатационной надежности зданий и сооружений

Проблема надежности – комплексная проблема и решение ее зависит не только от того, насколько глубоко разработаны инженерные методы теории надежности сооружений, но также и от того, насколько удачно решены вопросы организации работ по обеспечению их надежности.

Чтобы объект был надежным в работе, необходимо провести в определенной последовательности комплекс мероприятий на всех стадиях его проектирования, строительства и эксплуатации. Содержание таких мероприятий и их последовательность различны для разных видов сооружений, так как при разработке мер по обеспечению надежности должны учитываться особенности объекта и условия его эксплуатации.

Мероприятия, способствующие повышению надежности, условно можно разделить на две группы: мероприятия, направленные на повышение безотказности (увеличение средних сроков службы конструкций  $T_0$ ), и мероприятия, направленные на повышение ремонтпригодности (сокращение сроков ремонта, его трудоемкости и стоимости). И те и другие могут проводиться на этапе проектирования, строительства и эксплуатации сооружений. Рассмотрим основные факторы, влияющие на их эксплуатационную надежность, табл. 1.

Важнейшей особенностью надежности конструктивных элементов является учет фактора времени эксплуатации. Сроки службы сооружений измеряются десятками лет. За это время физико–химические свойства материалов претерпевают значительные изменения. Современные методы расчета конструкций с учетом надежности позволяют прогнозировать основные характеристики надежности сооружений с учетом изменчивости свойств материалов конструкций. Для повышения надежности необходимо уже при проектировании найти такое объемно–планировочное и конструктивное решение, которое отвечало бы условиям длительной эксплуатации: выбрать прочные и стойкие материалы, стандартные конструкции; обеспечить их защиту от атмосферных, тепловлажностных, технологических воздействий, обеспечить несущую способность сооружения при различных неблагоприятных воздействиях нагрузок. Повышение уровня надежности сооружений может быть достигнуто за счет оптимизации его конструктивной схемы, укрупнения монтажных элементов и сокращения узлов и сопряжений.

Таблица 1

Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность сооружений

Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность	Факторы, снижающие надежность	Климатические условия
		Внутренняя производственная среда
		Старение, износ
		Недостатки конструктивной схемы
		Низкое качество конструкций
		Низкое качество стыковых соединений
		Нарушение технологии ремонтных работ
		нарушение правил эксплуатации
	Факторы, повышающие надежность	Совершенствование конструктивных схем
		Укрупнение и сокращение число конструктивных элементов
		Использование долговечных материалов и изделий
		Контроль качества ремонтных работ
		Прогрессивная технология ремонта
		Использование для ремонта стандартных способов

		Повышение ремонтпригодности
		Снижение воздействия производственных факторов
		Защита конструкций от производственных воздействий
		Проведение профилактики
		Подготовка кадров ремонтников
		Четкое проведение системы планово-предупредительных ремонтов

В свою очередь повышение надежности деталей и узлов конструкций, использование при проектировании стандартных элементов является важным фактором увеличения долговечности сооружений. Благодаря тому, что при капитальном ремонте или реконструкции используются стандартные и унифицированные конструкции, прошедшие испытания и изготовленные на основе четко отработанной технологии, их надежность гораздо выше аналогичных конструкций, используемых в ремонтных работах. Именно поэтому стандартная продукция строительной индустрии в наибольшей степени отвечает требованиям экономичности и надежности ремонтируемого сооружения.

Другим важным фактором повышения эксплуатационной надежности сооружений является улучшение технологии производства ремонтных работ, использование передовых методов организации строительного процесса, внедрение типовых ремонтных программ, что позволяет не только ускорить процесс капитального ремонта или реконструкции зданий и сооружений, но в значительной степени повышает качество работ за счет унификации элементов конструкций, применяемых в ремонтно–строительных работах. Эти программы обеспечивают также рациональное планирование сроков и очередность проведения капитального ремонта или реконструкции сооружений.

Эксплуатация сооружения ведется при определенных климатических, температурно–влажностных, производственных и других условиях. Недоучет этих факторов приводит к повышению интенсивности отказов конструкций. Затраты на эксплуатацию многих производственных зданий уже через 15–25 лет превышают стоимость строительства этих объектов. Поэтому повышение эксплуатационной надежности этих зданий имеет первостепенное значение. Эта задача может быть выполнена путем изучения технического состояния зданий, принятия своевременных мер к ликвидации повреждений, повышения ремонтпригодности основных конструкций зданий.

Необходимо отметить, что низкая надежность существующих элементов сооружений заставляет прибегать при их переустройстве к уменьшению габаритов несущих конструкций или их усилению, что на 15–20 % удорожает общую стоимость капитального ремонта или реконструкции здания. Поэтому для повышения надежности реконструируемых сооружений необходимо своевременно вести подготовку к смене и ремонтам конструкций, а также прогнозировать отказы основных несущих элементов.

Важным фактором повышения эксплуатационной надежности зданий и сооружений является четкое соблюдение правил эксплуатации и выполнение в полном объеме мероприятий, связанных с системой профилактики и планово–предупредительных ремонтов. К ним относятся: квалификация обслуживающего персонала, соблюдение правил технической эксплуатации, организация технического обслуживания и системы сбора и обработки статистических данных о надежности эксплуатируемых строительных конструкций. Несоблюдение правил технического обслуживания и ремонтов зданий из–за низкой квалификации или небрежности обслуживающего персонала всегда приводит к различным отказам, а в ряде случаев и к тяжелым по своим последствиям авариям.

Система технического обслуживания, основанная на нормативных указаниях, включает в себя мероприятия, направленные на повышение безопасности и ремонтпригодности конструкций сооружений в процессе их эксплуатации. Сюда входит организация и

проведение профилактических работ, организация и снабжение ремонтных работ материалами и конструкциями. Оптимизация процессов технического обслуживания является важным фактором повышения надежности здания при эксплуатации. Данные об износах конструкций в процессе эксплуатации здания являются наиболее ценным материалом как для проектирования конструкций здания, так и для организации оптимальной системы обслуживания и эксплуатации зданий и сооружений. Основным источником информации по эксплуатации здания является его паспорт. Однако использование паспорта для этих целей осложняется рядом причин:

1) отсутствие единой терминологии и стандартных формулировок при описании неисправностей конструкций, при производстве профилактических и восстановительных работ;

2) отсутствие количественной оценки надежности элементов зданий и времени эксплуатации того или иного конструктивного элемента до появления дефектов;

3) недостаточное количество данных о времени и трудоемкости профилактических и ремонтных работ;

4) отсутствие непрерывной информации о постепенных износах конструктивных элементов здания.

Научные методы эксплуатации здания, включающие весь комплекс работ, связанных с функционированием его, отражением в нормативных документах закономерностей износов конструкций, проведением профилактических и ремонтно–восстановительных работ на основе их оптимизации, позволят повысить эксплуатационную надежность зданий и сооружений.

## **2. Принципы диагностики строительных конструкций зданий**

Основой обеспечения надежности эксплуатируемых зданий и сооружений, предупреждения повреждений и аварий являются научно обоснованная система профилактики отказов и планово–предупредительных ремонтов. Для внедрения такой системы необходима информация о техническом состоянии конструкций, элементов, узлов и стыков, которая связывается с проведением технической диагностики. Техническая диагностика является частью общей теории надежности. Конкретные ее задачи связаны с ранним распознаванием дефектов и неисправностей конструкций, использованием их ресурсов, оптимизацией процессов технической эксплуатации.

***Диагностика эксплуатируемых зданий.*** Оценка состояния конструкций на разных этапах существования зданий позволяет выявить дефектные и разрушающиеся элементы, определить степень и границы повреждений с тем, чтобы прогнозировать дальнейшее поведение конструкций, наметить методы и организацию ремонта. В связи с этим необходимо осуществлять контроль за состоянием сооружения, начиная с приемки его в эксплуатацию (приемочный контроль), а также при выявлении дефектов, перед постановкой его на капитальный ремонт. Система контроля предусматривает создание методов оценки приборов и средств, позволяющих определить параметры технического состояния и их соответствие нормативным характеристикам. Данные, полученные в результате оценки состояния конструкций эксплуатируемых зданий, могут служить основой для разработки мероприятий, способствующих улучшению качества строительства, совершенствованию методов возведения новых зданий, правильной эксплуатации и ремонта.

Нарушения нормального состояния зданий можно представить себе, с одной стороны, как нарушения, не затрагивающие основной конструктивной схемы зданий (повышенная влажность, нарушение свойств материалов, повреждение отделки и др.), а с другой, – как нарушения основной конструктивной схемы (ослабление сечений элементов, деформации несущих конструкций и т. д.). В практике диагностики жилых зданий преследуют две цели:

1) выявление технического состояния конструкций и элементов для определения объемов ремонтных работ;

2) накопление статистической информации о состоянии жилищного фонда для прогноза ремонтных работ по району, городу, региону.

В строительной практике проведение натурных или модельных испытаний целых конструкций или их элементов в естественных условиях работы весьма ограничено. Статистические данные не могут быть накоплены и систематизированы без применения современных математических вычислительных устройств. В прошлом, может быть, не было необходимости в накоплении таких данных, так как кирпичные здания строились с очень большими запасами прочности и в меньшей степени испытывали на себе влияния случайных нагрузок. В настоящее время необходимость накопления данных о среднем уровне и периодичности внешних воздействий на здание в целом и его элементы очевидна. В результате исследований разработаны методические основы системы контроля состояния жилых зданий. Предложенная система заключается в проведении инструментальных обследований зданий в различные периоды эксплуатации. Важным вопросом технической эксплуатации зданий является определение начала контроля и его периодичности. В общем виде эта задача может относиться не только к зданию, но и к совокупности зданий и конструкций. В этом случае в совокупности элементов, имеющих на обслуживании  $N$ , имеется  $n$  дефектных элементов. Тогда отношение  $n/N$  есть оценка вероятности появления дефектного элемента:

$$\frac{n}{N} = P(\tau_0 < t < \tau_k) = \int_{\tau_0}^{\tau_k} f(t) dt. \quad (1)$$

Если предположить, что существует некоторый прогнозирующий параметр, критические значения которого предвещают отказ и который имеет распределение плотности вероятности, описываемое функцией  $f_1(t)$ , то:

$$\frac{n_1}{N} = p_1(\tau_0 < t < \tau_k) = \int_{\tau_0}^{\tau_1} f_1(t) dt. \quad (2)$$

где  $n_1$  – число элементов с критическим значением этого параметра к моменту  $t$  равным  $Np_1$ .

На рис. 1 показаны в общем виде кривые распределения значений прогнозируемого параметра  $f_1(t)$  и отказа элемента  $f_2(t)$ . При проведении обследования до момента  $\tau_{10}$  отказы нельзя выявить. Целесообразно начать контроль со времени  $\tau_{11}$ . Значение отрезка времени  $t_{p1}$  зависит от трудоемкости контроля и ремонта, а также количества ремонтируемых элементов. Второй осмотр после устранения дефектов следует начинать не с момента времени  $\tau_{21}$ , а несколько раньше на время  $t_{p2}$  необходимое для ремонта элементов. Место диагностики в технологическом процессе технического обслуживания и ремонта определяется делением ее на специализированную и совмещенную (рис. 1). Такое деление, возможное и необходимое благодаря применению специфических методов и средств, обуславливает качественный переход от общеизвестных контрольных работ к диагностическим. Специализированная диагностика включает в себя комплекс операций перед ремонтом. Сюда в первую очередь относятся приемочный контроль (см. Методические рекомендации по оценке состояния конструкций эксплуатируемых полносборных зданий. – М.: Стройиздат, 1975.) и сплошное обследование жилищного фонда (см. Попов Г.Т., Бурак Л.Я. Техническая экспертиза жилых зданий старой застройки. – Л.: Стройиздат, 1986). Специализированная диагностика дает возможность оценить состояние фонда, его исходное техническое состояние для разработки стратегии и плана ремонта.

Совмещенная диагностика отличается от общепринятых контрольных работ лишь более высоким уровнем применяемых технических средств. Эффективность методов и средств диагностики повышается при формализации операций контроля и дальнейшей их автоматизации. Такая формализация основана на детальном изучении параметров, характеризующих техническое состояние конструкций и узлов; она учитывает специфику

конструкций и схем зданий. Оба вида диагностики по объему исследуемых конструкций могут быть как общими, так и выборочными (охватывающими одну или несколько конструкций здания). Обработка полученной информации должна быть решена на основе единого подхода к отдельным конструкциям и элементам (системам) здания как объекта в целом на основании выбранной модели технического состояния здания. В качестве методической основы натурных обследований прочностных и деформативных показателей конструкций принята модель логического прогноза поведения здания, состоящая из следующих этапов:

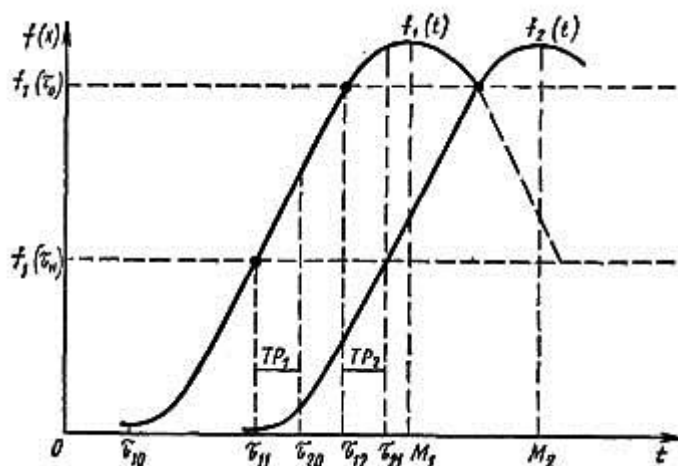


Рис. 1. Определение начала и периодичности контроля состояния конструкций:  $\tau_{11}$ ,  $\tau_{12}$  — моменты проведения соответственно первого и второго контроля

1) определения для здания номенклатуры конструкций  $\tau = 1, 2, 3, 4, \dots, m$  (например:  $\tau = 1$  — плиты перекрытия 1-го этажа,  $\tau = 2$  — плиты перекрытия подвала;  $\tau = 3$  — колонны подвала и т. д.) и номенклатуры воздействий  $t = 1, 2, 3, \dots, q$  (например:  $t = 1$  — силовые воздействия;  $t = 2$  — ветровые воздействия,  $t = 3$  — температурные воздействия и т.д.);

2) анализа четырех несовместимых возможных состояний  $S_i$  ( $S_0, S_1, S_2, S_3$ ) и  $4mq$  возможных состояний типа  $S_i^{2t}$  (например,  $S_1^{12}$  — состояние, соответствующее нормальной эксплуатации плит перекрытия подвала под действием силовых воздействий).  $S_1^{12}$  — состояние, соответствующее перегрузке плит перекрытия 1-го этажа при воздействии ветровых нагрузок;  $S_2^{23}$  — состояние, соответствующее потере эксплуатационных свойств плитами перекрытия подвала под температурным воздействием;  $S_3^{31}$  — аварийное состояние колонн подвала под воздействием силовых нагрузок;

3) определения возможных рисков  $R_{iq}$  и переходных состояний (например,  $R_n^{12}$  — риск перегрузки плит перекрытия 1-го этажа при воздействии ветровых нагрузок;  $R_n^{12}$  — риск потери эксплуатационного состояния плитами перекрытия подвала под температурным воздействием;  $R_n^{12}$  — вероятность потери эксплуатационных свойств плитами перекрытия 1-го этажа в течение времени  $T$  при воздействии ветровых нагрузок, когда все другие риски исключены и т. д.);



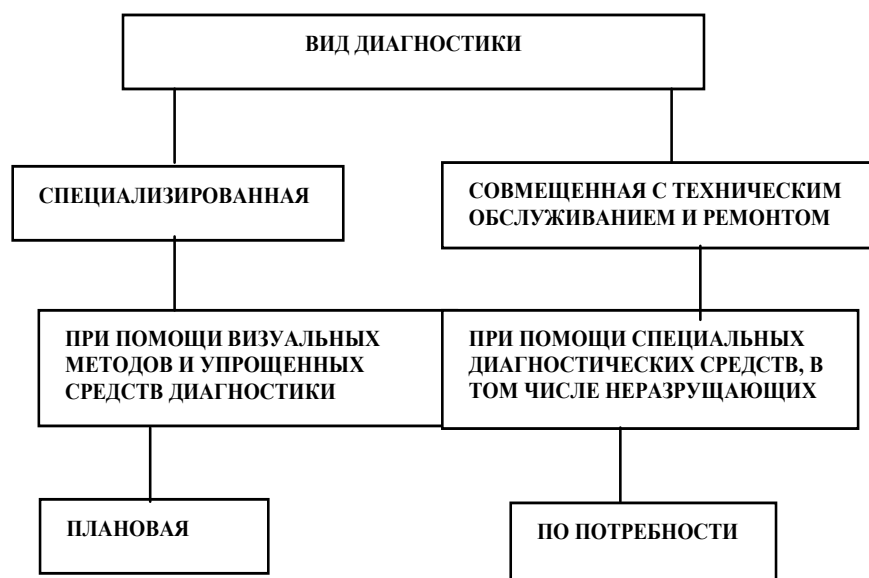


Рис. 2. Классификация видов диагностики

4) отыскания функций плотности вероятности основных параметров здания  $f(R)$  по результатам обработки случайных выборок параметра  $R$ , полученных в результате натурных обследований конструкций здания;

5) построения гистограмм фактического распределения и на основе их сопоставления, определения предельных и оптимальных областей сочетания параметров конструкций и воздействий на них.

Экспертная оценка с использованием стандартных описаний методов проектирования, строительства и эксплуатации позволяет оценить дефекты и повреждения конструкций зданий (особенно аварии) через непараметрические характеристики (рис. 2). Методика позволяет определить значимость каждого фактора отдельно и совокупно по зданию. Минимальная сумма баллов по верхней строке показывает большую уверенность в правдивости принятого утверждения. С учетом весомости каждого показателя может быть получена формализованная оценка показателей.

Основными параметрами, подлежащими контролю для поддержания нормального состояния зданий, являются: общая и местная прочность конструкций; пространственная жесткость здания, общие и местные деформации; влагонасыщение элементов конструкций; теплотехнические свойства ограждающих конструкций; коррозия металлических связей между элементами сборных конструкций и инженерного оборудования, а также несущих металлических конструкций; воздухо- и влагопроницаемость стыков между элементами ограждающих конструкций (для крупнопанельных и крупноблочных зданий), между оконными проемами и стеновыми панелями; состояние опорных частей и их заделка; состояние и работа деформационных швов; состояние кровельных покрытий, карнизов, балконов, желобов и водосточных труб; состояние отделки фасадов зданий; состояние фундаментов и гидроизоляции стен; состояние деревянных конструкций; состояние и правильность монтажа санитарно-технических, электротехнических и других систем инженерного оборудования; тепловой режим, загазованность помещений, вентиляция.

Перечисленные параметры имеют определенные нормативные показатели, обусловленные нормами и правилами технической эксплуатации зданий. Но в нормативных документах оценка основана только на внешнем осмотре без применения аппаратуры, позволяющей определить значения перечисленных выше параметров.

Разработанные в АКХ им. К. Д. Памфилова методические основы контроля состояния жилых зданий предлагают проведение инструментальных обследований зданий в различные периоды эксплуатации, что обеспечивает ее объективность и достоверность полученных результатов. Инструментальные обследования включают: приемочный контроль,

профилактический контроль, обследование при постановке здания на капитальный ремонт.

*Приемочный контроль* проводят перед приемкой дома в эксплуатацию. Его результаты дают возможность объективно оценить качество проведенных работ и своевременно устранить строительные дефекты. Приемочный контроль предусматривает: определение неравномерных осадок зданий – разность осадок для каркасных зданий или прогиб (перегиб) несущих стен бескаркасных зданий; измерение уклонов отмостки и оценку качества выполненных работ; выявление характера и измерение ширины раскрытия трещин в стенах (наружных и внутренних); оценку качества монтажа стен – ширину шва между наружными стеновыми панелями, относительное смещение вертикальных и горизонтальных граней торцов панелей в крестообразном шве и лицевых граней панелей, сопрягаемых в одной плоскости, отклонение верхних углов стен от вертикальных; определение герметичности стыков наружных стеновых панелей (измерение коэффициента воздухопроницаемости стыков, оценку качества и адгезии герметиков); измерение прогибов перекрытий; оценку качества монтажа перекрытий; измерение температуры и влажности воздуха в помещениях; выявление уклонов, гидроизоляции кровли и работы внутренних водостоков.

Таблица 2

Макет для экспертной оценки повреждений зданий методом стандартных описаний

Оценка		Оценка значимости	Степень уверенности в справедливости
Расчетная нагрузка	Нагрузки, принятые в проекте, хорошо соответствуют реальным нагрузкам		
	Любые изменения в проектных параметрах хорошо учтены		
Расчетные схемы и модели	Расчетная модель хорошо представляет поведение реальных моделей при условии соблюдения ТУ на строительство		
	Количество и качество информации об аналогичных конструкциях и зданиях у проектировщиков достаточно имеется		
Влияние на конструкции случайных опасностей	Информация относительно вероятности возникновения случайных опасностей является достаточной		
	Конструкции к этим явлениям чувствительны		
Материалы и формы конструкций	Используемые материалы хорошо опробованы в аналогичных зданиях		
	В расчетах учтены все возможные изменения, которые могут возникнуть в конструкциях		

	и материалах		
	Форма конструкций хорошо опробована и испытана в		
	Отсутствует опасность такого поведения конструкций, которое ранее никогда не было критическим д		
	Нет информации о неиспользованных материалах и конструкциях		
Опыт и навыка проектирования, строительства, надзора	В расчетной схеме, придаваемой проектировщиком, вероятность		
	Проектировщик опытен для данной работы		
	Персонал технадзора и строителей достаточно опытен		
	Строительные спецификации отвечают требованиям		
Строительство	Методы строительства, включая изготовление изделий, хорошо		
	Конструкции позволяют любые методы монтажа		
	Вероятность строительных ошибок незначительна		
	Подрядчик является опытным для такого вида строительства		

Степень уверенности в справедливости и точности утверждения	1	Очень большая уверенность
	2	Большая уверенность
	3	Средняя уверенность
	4	Слабая уверенность
	5	Очень слабая уверенность

Оценка значимости фактора	А	Очень небольшое значение
	Б	небольшая значение
	В	Среднее значение
	Г	Большое значение
	Д	Очень большое значение

Приемочный контроль выполняют выборочно. Размеры выборки определены на основе статистического анализа данных о дефектах в зданиях, принимаемых в эксплуатацию.

Таблица 3

### Дефекты зданий

Дефекты	Перечень измерений, необходимые для оценки дефекта и выявления причин его возникновения
Неравномерная осадка фундаментов	Нивелирование фундаментов (определение разности осадок фундаментов) Грунтовые исследования Осмотр отмостки

	<p>Выявление и изменение трещин в стенах и перекрытиях</p> <p>Длительные наблюдения за раскрытием трещин в конструкциях</p>
Трещины в наружных и внутренних стенах	<p>Визуальный осмотр поверхностей</p> <p>Измерение ширины раскрытия трещин</p> <p>Вскрытие участков стен с трещинами для определения состояния бетона и арматуры</p> <p>Длительное наблюдение за раскрытием трещин в стенах</p>
Протечки в наружных стенах	<p>Отбор проб для определения влажности</p> <p>Вскрытие конструкций для оценки состояния арматуры и закладных деталей</p>
Промерзание наружных стен и стыков	<p>Зондирование дефектной конструкции</p> <p>Вскрытие промерзающих участков и оценка состояния узлов сопряжения панелей</p>
Прогибы перекрытий, превышающие допустимые	<p>Измерения прогибов плит</p> <p>Измерение ширины раскрытия трещин</p> <p>Определение расположения рабочей арматуры плит</p> <p>Определение прочности бетона плит с целью выявления дополнительных нагрузок на перекрытия</p> <p>Повторные измерения прогибов (через 6 месяцев)</p>
Сырость в повешениях	<p>Визуальный осмотр конструкций водоотводящих устройств</p> <p>Измерение температуры и влажности помещения</p> <p>Отбор проб материала для определения влажности</p> <p>Фиксация измерения влажности во времени</p>
Пониженная (повышенная) температура воздуха в повешениях	<p>Измерение температуры воздуха и поверхности отопительных приборов и внутренних поверхностей ограждений</p> <p>Фиксация измерения температуры воздуха во времени</p>
Пониженная температура поверхностей стен, полов, чердачного перекрытия	<p>Определение фактического перепада температур поверхностей ограждений и внутреннего воздуха</p> <p>Зондирование предположительной дефектной конструкции с целью выявления состояния материала и фактической толщины слоев</p> <p>Определение влажности материала</p> <p>Теплотехнический расчет</p>
Понижение звукоизоляции	<p>Определение показателей звукоизоляции от воздушного и ударного звука</p>

перегородок и перекрытий	предположительной дефектной конструкции Выявление трещин, неплотностей в местах сопряжения конструкции Вскрытие полов и осмотр состояния звукоизоляционных прокладок (при пониженной звукоизоляции от ударного звука)
Протечки через кровлю	Визуальный осмотр кровли и выявление мест повреждений Измерение уклонов и сравнение их с нормативными Осмотр и оценка состояния стропил Отбор проб утеплителя для определения его влажности Вскрытие чердачных перекрытий в местах увлажнения для оценки состояния бетона и арматуры

*Профилактический контроль* включает обследование элементов здания, состояние которых существенно изменяется под воздействием эксплуатационных факторов. Результаты контроля позволяют определить объем текущего ремонта, а также своевременно устранить некоторые скрытые дефекты. Профилактическому контролю подлежат: отмстка, наружные стеновые панели, связи и закладные детали, стыки наружных стеновых панелей, деревянные элементы здания, балконы и другие выступающие части зданий, крыши. В табл. 3 приведены наиболее распространенные дефекты зданий с указанием необходимых замеров для их оценки. Состав работ при обследовании здания перед постановкой его на капитальный ремонт приведен в табл. 4.

*Техническое обследование зданий перед реконструкцией*, связанное с перепланировкой помещений, надстройкой и увеличением постоянных и временных нагрузок, предполагает получение наиболее полных данных о фактическом состоянии и несущей способности элементов здания с учетом изменений их во времени, а также уточнение конструкции отдельных узлов. Результаты обследования служат исходным материалом для проектирования реконструкции здания.

Обследование стен полносборных зданий включает следующие работы: визуальный осмотр стен, выявление трещин, определение их характера и измерение ширины раскрытия; определение состояния утеплителя в трехслойных панелях путем вскрытия панелей и отбора проб; оценку состояния арматуры, закладных деталей в панелях и металлических соединений в стыках путем вскрытия; определение фактической прочности бетона стен полносборных зданий; выявление деформаций стен (выпучивание, отклонения от вертикали). В результате обследования стен дают исходные данные для расчета несущей способности с учетом выявленных дефектов.

Обследование перекрытий включает: осмотр перекрытий, выявление трещин, измерение ширины их раскрытия; определение прогибов плит; определение прочности бетона плит; зондирование перекрытий; определение расположения арматуры и толщины защитного слоя; расчет несущей способности перекрытий с учетом фактических характеристик конструкций. При обследовании балконных плит необходимо: выявить дефекты сопряжения балконной плиты со стеной (заделка в стену консольных плит); определить прочность бетона балконных плит; оценить состояние арматуры и закладных деталей путем вскрытия; рассчитать несущую способность балконных плит. При реконструкции здания без замены крыши обследуют стропила, кровли и определяют состояние утеплителя.

При обследовании лестниц выявляют: конструкцию лестниц; наличие трещин на поверхностях маршей и площадок; состояние сопряжения элементов, участков опирания

маршей, площадок и закладных деталей; прочность бетона маршей и площадок. При необходимости измеряют прогиб маршей. Предложенная система контроля основана на инструментальных измерениях параметров, характеризующих состояние конструкций эксплуатируемых зданий. С точки зрения долговечности конструкций наиболее важной является механическая прочность. При этом необходимо измерить фактическую прочность конструкций и сравнить ее с нормативной, а также определить параметры, которые могут повлиять на эти величины.

### 3. Диагностика эксплуатируемых мостов и сооружений

Целью обследования эксплуатируемых мостов и искусственных сооружений является установление их физического состояния, с тем чтобы полученные данные в последующем использовать при решении вопросов их содержания. При обследованиях ведут детальный осмотр всех частей сооружения. В тех случаях, когда в этом есть необходимость, осмотр сопровождается инструментальными измерениями с применением различных приборов и аппаратуры. Работы по обследованию обычно выполняют в два этапа. На первом этапе, которому предшествует детальное изучение технической документации, производят общий осмотр. На основании данных общего осмотра выявляют детали и элементы, которые затем подвергают более тщательному осмотру с измерениями приборами и инструментом.

Такие элементы и детали выбирают из числа имеющих повреждения или дефекты. По мере необходимости определяют качество материалов и их прочностные и деформативные характеристики. Для проверки положения различных частей сооружения в горизонтальной и вертикальной плоскостях производят съемку плана и профиля. Обследование производят по заранее разработанному плану, а его результаты регистрируют в специальных журналах с зарисовками и эскизами. Характерные дефекты рекомендуется фотографировать.

По материалам обследований мостов и труб решают вопросы оценки качества сооружений и пригодности их к дальнейшей эксплуатации, определяют грузоподъемность, разрабатывают рекомендации по ремонту и усилению отдельных частей и т. п.

При этом устанавливают и условия эксплуатации. В особо ответственных случаях материалы обследований дополняют испытаниями искусственного сооружения под нагрузкой. Особое внимание при обследовании мостов надлежит уделять оценке состояния мостового полотна.

Таблица 4

Состав работ при обследовании зданий

Элемент здания	Состав работ при обследовании элементов здания
Основания и фундаменты	Контрольные шурфы Лабораторные анализы грунтов Проверочные расчеты оснований и фундаментов
Стены	Осмотр наружных и внутренних поверхностей стен, выявление трещин и измерение ширины их раскрытия Зондирование стен с целью определения их конструкции Определение прочности материала стен в наиболее нагруженных участках Определение влажности материала Вскрытие панелей для оценки состояния арматуры и закладных деталей Определение воздухопроницаемости стен и

	состояния герметика
Перекрытия	Зондирование с целью определения состава конструкции перекрытия Осмотр поверхностей, выявление трещин и измерение ширины их раскрытия Измерение прогибов дефектных плит, организация длительных наблюдений за ростом прогибов
Балконы	Выявление протечек в местах примыкания балконных плит к стенам Измерение уклона верха балконной пл» Определение прочности балкона и состояния металлических элементов в пределах увлажненных участков Измерение ширины раскрытия трещин Измерение прогиба плиты (при необходимости)
Крыши	Осмотр стропил, выявление гнилое повреждений (для деревянных стропил) Измерение уклонов кровли и установление его соответствия материалу кровли Выявление мест протечек кровли Измерение толщины слоя утеплителя, определение его влажности Вскрытие кровли и оценка состояния металлических деталей крепления карнизных блоков (для чердачных крыш)

**Обследование дефектов пролетных строений мостов.** В процессе эксплуатации в стальных пролетных строениях мостов возникают и развиваются дефекты, которые можно разделить на следующие группы: расстройство заклепочных и болтовых соединений; усталостные повреждения; коррозия металла; хрупкие разрушения; механические повреждения.

#### **а) Металлические пролетные строения.**






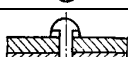
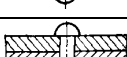



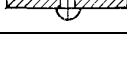
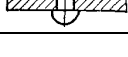


**Расстройство заклепочных и болтовых соединений.** Одним из наиболее распространенных дефектов клепаных пролетных строений является расстройство заклепочных и болтовых соединений; оно связано с их износом, который главным образом зависит от

величины суммарных перемещений (сдвигов) по плоскостям контакта соединения. Эти сдвиги в свою очередь находятся в прямой зависимости от интенсивности движения поездов, напряженного состояния соединения, характера динамического воздействия. Большое влияние на скорость износа оказывают конструктивные особенности соединения и среда, в которой они работают. Исследования показывают, что коэффициент концентрации напряжений для таких отверстий в зависимости от степени износа соединения может изменяться в несколько раз. Соответственно возрастает накопление усталостных повреждений и вероятность их усталостного разрушения, особенно в элементах, работающих на многократно повторяющиеся знакопеременные или растягивающие усилия. Расстройство соединений в сквозных фермах наиболее часто наблюдается: в прикреплениях раскосов (особенно средних) к верхним узлам; в прикреплениях подвесок к верхним узлам; в прикреплениях продольных и поперечных связей между фермами; в пересечениях элементов решетки ферм.

В элементах проезжей части расстройства заклепочных соединений наблюдаются: в прикреплениях продольных балок к поперечным, особенно при отсутствии фасонки (рыбок); в соединениях верхних поясных уголков продольных балок, непосредственно

поддерживающих мостовое полотно. Аналогичные повреждения имеют место в элементах одностенчатых верхних поясов главных ферм при непосредственном опирании на них мостовых брусьев. Часто расстраиваются прикрепления продольных и поперечных связей между продольными балками. На развитие дефектов в этих местах оказывают влияние вибрация элементов при проходе поездов, а во многих случаях неправильная прирубка мостовых брусьев, в результате чего они опираются на элементы связей и вызывают в них дополнительные многократно повторные напряжения.

Таблица 5

Наименование дефекта	Эскиз дефекта	Наименование дефекта	Эскиз дефекта
Неплотное заполнение		Чернота	
Косая дыра		Подчеканенная головка	
Овальная дыра		Грибовидная головка	
Зарубленная дыра		Маломерная головка	
Головка, сбита с оси		Трещиноватая головка	
Неплотно прижатая головка по всему контуру		Неплотно прижатая головка на части контура	
Венчик вокруг головки		Зарубленный металл	

Наиболее эффективным и сравнительно простым способом замедления развития расстройств заклепочных соединений в узлах ферм является частичная замена заклепок крайних рядов высокопрочными болтами. В результате превращения заклепочного соединения в смешанное значительно уменьшается его износ, особенно в зоне расположения оставшихся заклепок. Кроме того, такая замена приводит к резкому снижению концентрации напряжений около отверстий, в которых вместо заклепок поставлены высокопрочные болты. Важно подчеркнуть, что чем раньше это мероприятие будет выполнено, тем больше его эффект.

Слабые заклепки обнаруживают, как правило, остукиванием заклепок молотком массой около 0,2 кг. Эту операцию выполняют следующим образом. Ударив сбоку по головке заклепки молотком, приставляют палец к месту удара и вновь ударяют по головке заклепки с противоположной стороны. Если заклепка слабая, то палец почувствует при этом легкое дрожание головки. Ржавые потеки из-под головок заклепок или из зазоров между соединяемыми элементами, а также трещины в окраске около заклепочных головок обычно являются внешними признаками неудовлетворительного состояния соединения.

Наиболее часто встречающиеся дефекты заклепок представлены в табл. 6. В ответственных местах все слабые и дефектные заклепки в зависимости от характера их дефектности следует немедленно заменять высокопрочными болтами или новыми заклепками, а в отдельных случаях точеными болтами.

**Усталостные разрушения.** В практике эксплуатации металлических пролетных строений железнодорожных мостов в последние годы участились случаи появления усталостных трещин. Как известно, усталость материала – это процесс постепенного накопления повреждений при действии многократно повторных нагрузок, приводящий в



определенных условиях к разрушению. Усталостные разрушения в виде трещин могут появляться при сравнительно низких напряжениях. В пролетных строениях сварных и усиленных с применением сварки наиболее опасными концентраторами напряжений являются резкие изменения сечений элементов, концы фланговых швов, дефекты швов (шлаковые включения, трещины, непровары и др.). Большое влияние на усталость сварных элементов оказывают остаточные напряжения в зонах концентрации напряжений. Растягивающие остаточные напряжения могут значительно снижать, а сжимающие, наоборот, повышать усталостную прочность элементов. Усталостные повреждения могут усугубляться наличием коррозии.

Наиболее серьезные и весьма опасные усталостные разрушения наблюдались в раскосах главных ферм. При обнаружении усталостные разрушения в раскосах представляли собой трещины, начинающиеся от кромки заклепочного отверстия первого, второго и очень редко третьего рядов заклепок, длиной от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Нередко обнаруживались разрывы отдельных элементов сечений, а иногда и полные разрывы всего раскоса. На рис. 3 показаны раскосы главных ферм, в которых наиболее часто обнаруживались усталостные разрушения. Следует отметить, что появлению усталостных трещин в раскосах всегда предшествовало расстройство заклепок, что свидетельствует о связи этих расстройств с накоплением усталостных повреждений.

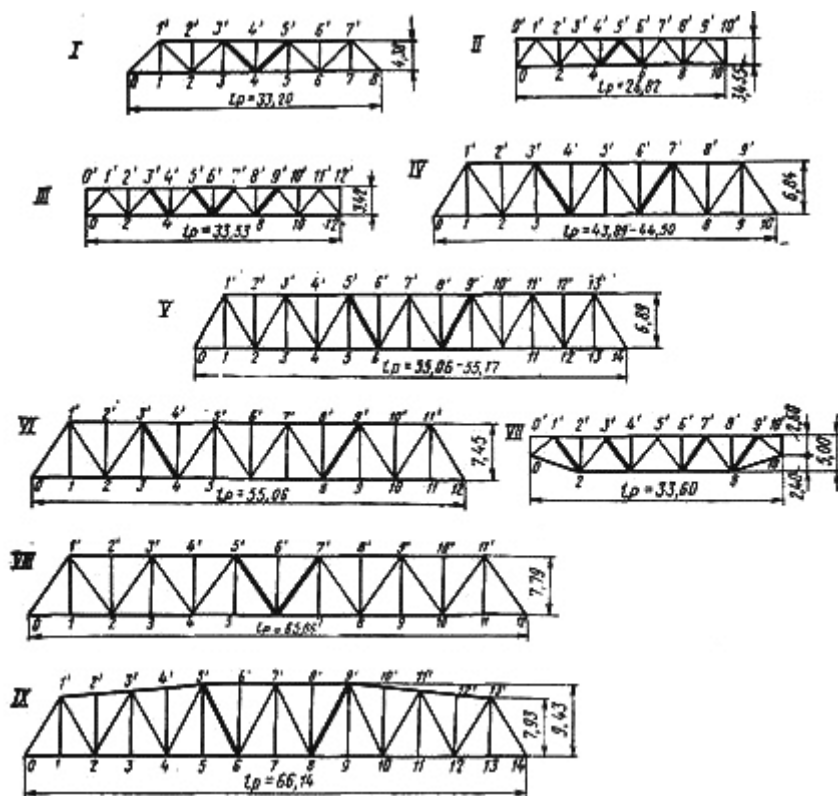
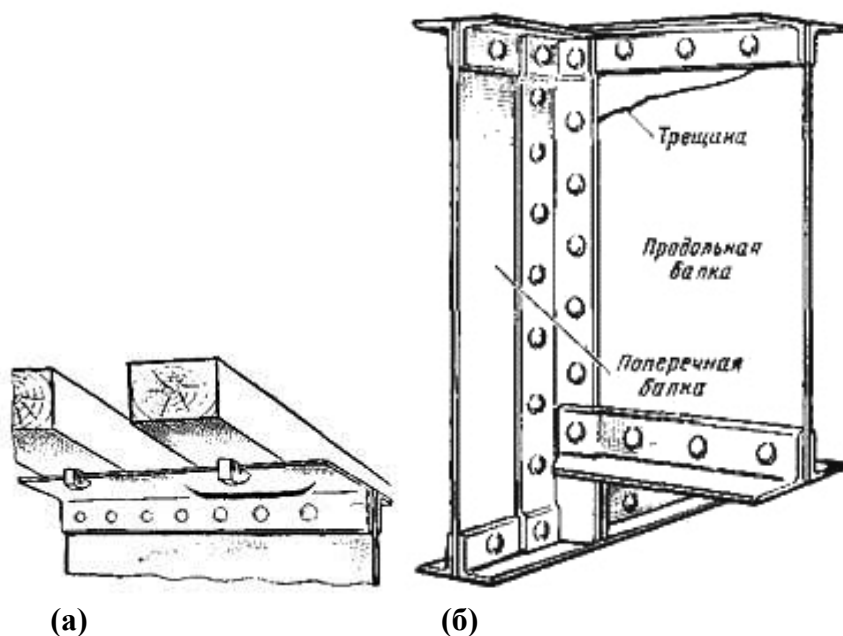


Рис. 3. Схемы главных ферм пролетных строений, в раскосах которых наиболее часто возникают усталостные трещины (эти раскосы выделены жирными линиями)

Усталостные разрушения элементов балок проезжей части и их прикреплений являются довольно распространенными дефектами металлических пролетных строений. Наиболее распространены трещины в верхних поясных уголках продольных балок, не имеющих горизонтальных листов (рис. 4,а). Они возникают в горизонтальных полках уголков около обушков под мостовыми брусками и имеют вначале продольное направление, а затем и поперечное, в результате чего получается своеобразный выкол. Повреждения такого рода имеют место как во внутренних, так и в наружных поясных уголках. Основной причиной появления этих трещин являются значительные местные напряжения в поясных уголках от

непосредственного давления мостовых брусьев. В последние годы отмечены усталостные разрушения в стенках продольных балок в виде трещин, идущих от одной из верхних заклепок прикрепления стенки продольной балки к поперечной (рис. 4,б). Эти трещины развиваются наклонно. Причиной их возникновения является высокая концентрация растягивающих напряжений в стенке около верхних заклепочных отверстий, связанная с расстройством заклепок и неравномерностью распределения перерезывающей силы между заклепками. Встречаются также трещины балок верхних «рыбках» – фасонках, непосредственно принимающих давление от мостовых брусьев, а также интенсивно работающих на осевые усилия от моментов в прикреплениях продольных балок к поперечным. Трещины (рис. 4,в) возникают у кромок заклепочных отверстий первого или второго ряда, считая от поперечной балки. В пролетных строениях длиной более 80 м иногда наблюдаются усталостные трещины в нижних поясных уголках поперечных балок. Одной из причин появления этих трещин является совместная работа балок проезжей части с главными фермами с изгибом опорных поперечных балок из их плоскости. Нередко встречаются трещины в уголках прикрепления продольных балок к поперечным (рис. 5,а), особенно в прикреплениях без рыбок или со слабыми рыбками. Появление таких трещин связано с передачей через уголки продольных усилий, возникающих от совместной работы балок проезжей части с главными фермами, а также момента в сопряжении продольных и поперечных балок. Отмечаются также усталостные разрушения заклепок и высокопрочных болтов в прикреплениях продольных балок к поперечным. Наиболее часто эти дефекты встречаются в прикреплениях без рыбок. Нередки случаи усталостных разрушений продольных связей между главными фермами, что связано с чрезмерными их колебаниями при движении поездов. В пролетных строениях сварных и усиленных с применением сварки усталостные трещины могут возникать как в сварных швах, так и в основном металле. Трещины, как правило, возникают в зонах концентрации растягивающих напряжений от внешней нагрузки и остаточных напряжений, вызванных сваркой. К таким зонам относятся участки с резким изменением сечения, вызванным обрывом листов, приваркой планок, накладок, ребер жесткости, диафрагм; концы фланговых швов; различного рода заплавки отверстий и т. п. Характерные места появления трещин в сварном узле представлены на рис. 5,б.



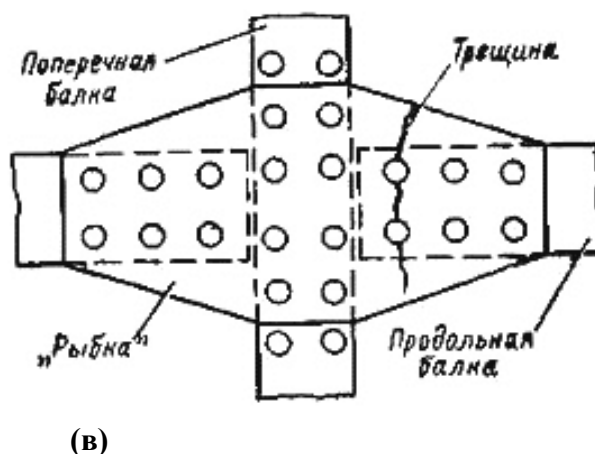


Рис. 4. Типы трещин в узлах пролетных строений

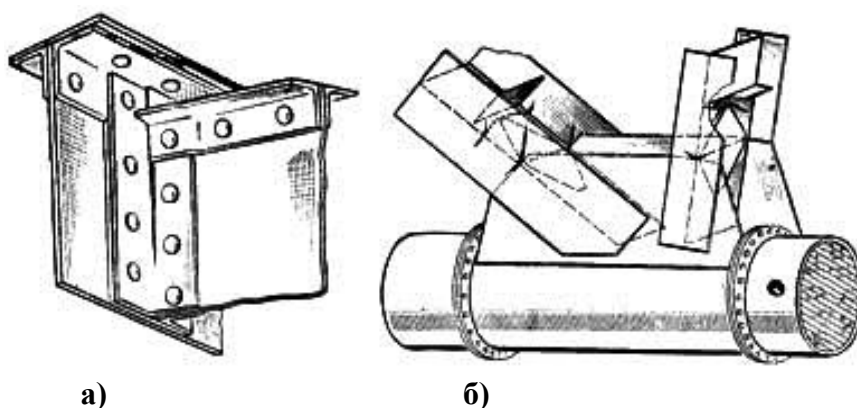


Рис. 5. Трещины в уголках прикрепления балок к поперечным (а); характерные места появления продольных трещин в сварном узле (б)

При обследовании металлических пролетных строений на указанные места возможного возникновения трещин необходимо обращать особое внимание. Внешним признаком наличия трещин могут служить потеки ржавчины и шелушение краски. Крупные трещины можно обнаружить при тщательном осмотре невооруженным глазом или через лупу. Для обнаружения мелких трещин используют различные приборы (например, индукционный дефектоскоп типа ППД-1). Скрытые трещины и другие дефекты (непровары, шлаковые включения) обнаруживают рентгенографированием или гаммаграфированием, а также при помощи ультразвуковых и электромагнитных приборов. В полевых условиях для обнаружения трещин обычно пользуются простыми способами. Участок, где подозревается трещина, очищают от краски и ржавчины, шлифуют наждачной бумагой с последующим протравливанием поверхности 10–15% раствором азотной кислоты. После протравливания поверхность промывают водой, вытирают насухо и просматривают через лупу или микроскоп. В некоторых случаях вдоль предполагаемой трещины хорошо заточенным небольшим зубилом снимают тонкую стружку. Разделение стружки подтверждает наличие трещины.

С целью предупреждения опасного развития мелких трещин участки конструкции, где они обнаружены (например, концы сварных швов, кромки элементов и т. п.), следует обрабатывать до полного их удаления наждачным кругом, зубилом, напильником, создавая выточку с плавным переходом во избежание концентрации в этих местах больших внутренних напряжений. У концов более крупных трещин, ослабляющих сечение в пределах, допустимых для безопасного пропуска поездов (что надлежит проверить расчетом), рекомендуется просверлить сквозные отверстия диаметром 15–20 мм. Опасные трещины

после предварительного просверливания отверстий у их концов надлежит перекрыть накладками предпочтительно на высокопрочных болтах или в крайнем случае на заклепках или точеных болтах. За элементами, в которых обнаружены трещины, должно быть установлено постоянное наблюдение.

**Коррозия.** Эксплуатируемые металлические мосты, как правило, имеют коррозионные повреждения, степень которых зависит главным образом от способов защиты и качества текущего содержания сооружений. Коррозионные повреждения, уменьшая площадь сечения элементов, снижают их грузоподъемность и могут явиться причиной замены пролетных строений. Скорость развития коррозии зависит от целого ряда факторов: химического состава металла, его обработки и защиты, разновидности агрессивной среды, влажности, температуры, напряженного состояния и др. Главным фактором возникновения и развития коррозии является увлажнение поверхности металла. Экспериментально установлено, что в среде, имеющей относительную влажность меньше 40%, даже при наличии загрязнений, коррозия не возникает. Но эти условия не характерны для мостов, находящихся, как правило, в среде с более высокой влажностью. При относительной влажности воздуха менее 60% атмосферная коррозия металлов протекает очень медленно. При относительной влажности более 70% поверхность металла заметно адсорбирует влагу из воздуха в количествах, достаточных для развития коррозии. Загрязнение воздуха частицами угля, золы, хлоридов, сульфидов или газами (сернистый), а также наличие на поверхности элементов пролетных строений всякого рода солей способствуют появлению и развитию коррозии. Колебания температуры также влияют на развитие коррозии: повышение температуры ускоряет коррозию, понижение замедляет. При отрицательных температурах развитие коррозии практически прекращается.

Образование и развитие коррозии металла особенно свойственно для пролетных строений с ездой поверху, элементы и узлы которых в большей степени подвергнуты засорению. В пролетных строениях с ездой понизу корродируют главным образом элементы, расположенные ниже уровня мостового полотна.

Различают два вида коррозии: поверхностную – распределенную по поверхности элемента и местную – в виде очагов. Поверхностной коррозии подвержены главным образом элементы нижних поясов ферм, пояса балок проезжей части, связи между фермами, а также связи между продольными балками. В нижних поясах главных ферм вследствие отсутствия или недостаточности дренажных отверстий, а также в результате плохой очистки образуется застой воды и скопление грязи, вызывающие коррозию всех внутренних элементов сечения коробки. Развитие местной коррозии часто отмечается в элементах проезжей части.

В продольных балках проезжей части чаще всего подвергаются коррозии верхние горизонтальные листы, а при их отсутствии – горизонтальные полки верхних поясных уголков в местах контакта с мостовыми брусками. Ускоренный процесс коррозии здесь объясняется быстрым разрушением слоя краски, а также контактом металла с увлажненной древесиной. В узлах прикрепления продольных связей к поясам главных ферм и продольных балок развивается коррозия от скопления в этих местах грязи. У поперечных балок местной коррозии подвергаются верхние горизонтальные листы и фасонки в нижних узлах прикрепления к главным фермам. Анализ показывает, что скорость развития коррозии при неблагоприятных условиях достигает в среднем 0,1 – 0,2 мм в год. Окраска является основным профилактическим средством защиты металла от коррозии. Легче предотвратить появление коррозии, чем бороться с ней. Ослабление элементов сечений коррозией учитывается в расчетах их грузоподъемности.

**Хрупкие разрушения.** Хрупким называют разрушение от силового воздействия без заметной пластической деформации. Склонность к хрупким разрушениям зависит от структуры металла, ориентации кристаллитов, химического состава, наличия примесей, формы элемента, вида напряженного состояния, скорости деформирования, температуры окружающей среды и т.д. Увеличение скорости деформирования способствует хрупкому разрушению. Разрушение происходит от развития трещин, зарождающихся в наиболее

слабых, перенапряженных местах. Трещины развиваются очень быстро, характеризуются почти полным отсутствием пластических деформаций и представляют большую опасность.

Опыт эксплуатации металлических пролетных строений показывает, что повреждения элементов от хрупкого разрушения встречаются редко. Они наблюдались главным образом в сварных конструкциях. Однако по мере увеличения интенсивности и скоростей движения поездов при низких температурах, наличии сильных концентраторов напряжений, а также ряда механических повреждений вероятность возникновения хрупких разрушений повышается.

**Механические повреждения.** Механические повреждения возникают, как правило, в процессе эксплуатации в результате ударов негабаритных грузов по элементам пролетных строений, а также при их изготовлении и монтаже. Повреждения, вызванные ударами перевозимых грузов, могут быть самыми разнообразными: разрывы отдельных элементов или их частей; местные и общие искривления элементов. Наиболее распространенными дефектами, допущенными при изготовлении и монтаже, являются местные искривления (вмятины) элементов или отдельных его участков и общие искривления. Искривление элементов приводит к возникновению в них дополнительных напряжений, а в сжатых элементах уменьшается сопротивляемость их продольному изгибу. Если стрела искривления сжатых элементов превышает  $1/7$  радиуса инерции сечения в плоскости искривления, а в растянутых  $1/10$  высоты сечения, то необходимо проверить допустимость такого искривления и в противном случае принять меры по усилению или выправке элемента. За погнутыми элементами устанавливают наблюдения, результаты которых записывают в книгу искусственного сооружения. Для уменьшения колебаний необходимо повысить жесткость элемента за счет увеличения его сечения или уменьшения свободной длины.

**б) Железобетонные и каменные пролетные строения мостов.** Наиболее распространенным дефектом железобетонных мостов являются трещины в бетоне. В конструкциях из обычного железобетона в зонах, работающих на растяжение, появление трещины неизбежно, так как действительные деформации бетона превышают его так называемую растяжимость. При правильном конструировании эти трещины не должны иметь раскрытий, превышающих 0,2 мм. Считают, что при таком раскрытии трещин в мостовых конструкциях не возникнет ржавления арматуры и, следовательно, не произойдет существенного снижения долговечности. Трещины в предварительно напряженных железобетонных конструкциях с напряженной арматурой в виде проволочных пучков, отдельных проволок или канатов наиболее опасны. При доступе влаги к арматуре через трещины площадь ее сечения вследствие коррозии быстро уменьшается.

В некоторых случаях сами трещины, снижая несущую способность поперечного сечения элемента, являются причиной уменьшения грузоподъемности пролетных строений. Это прежде всего относится к предварительно напряженным конструкциям, например при наклонных трещинах в стенках балок. При оценке опасности различных типов трещин необходимо тщательно анализировать их влияние на эксплуатационные характеристики конструкций, учитывая при этом и тенденции к развитию трещин. На рис. 6 представлены наиболее характерные типы трещин, наблюдаемых в эксплуатируемых балочных пролетных строениях.

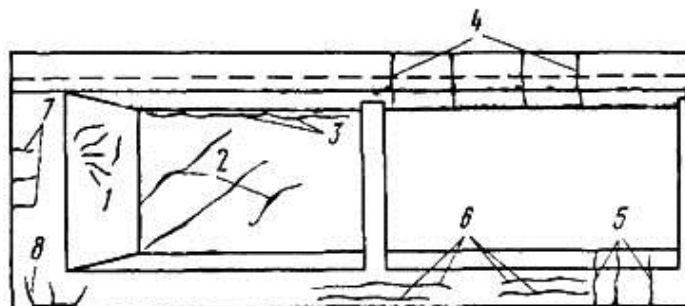


Рис. 6. Характерные типы трещин в балочных пролетных строениях

Усадочные трещины 1 возникают, как правило, в поверхностных слоях бетона вследствие неравномерностей процесса усадки. Характерным признаком усадочных трещин является их хаотическое расположение, небольшая длина и раскрытие. Наклонные трещины 2 в стенках балок образуются в основном вследствие силового воздействия главных растягивающих напряжений, а также в результате температурно–усадочных деформаций. Эти трещины особенно опасны в предварительно напряженных пролетных строениях. Продольные трещины в местах примыкания плиты к стенкам балок 3 также относятся к категории опасных, вносящих изменения в работу конструкции под нагрузкой. Одной из главных причин образования этих трещин являются нарушения в технологии изготовления пролетных строений. Поперечные трещины в плите 4 вызываются главным образом перетяжкой нижней продольной арматуры и изгибающими моментами, создаваемыми при установке балок кранами. В процессе эксплуатации постоянные и временные нагрузки способствуют закрытию этих трещин. Поперечные трещины в нижних поясах предварительно напряженных пролетных строений 5 свидетельствуют о недостаточном натяжении напрягаемой арматуры, значительных потерях натяжения в результате усадки, ползучести бетона и нарушении нормальной работы анкерных устройств. Эти трещины не снижают несущей способности пролетного строения, но могут способствовать развитию коррозии арматуры. Продольные трещины в предварительно обжатых поясах 6 появляются вдоль напряженной арматуры главным образом в течение первых лет эксплуатации. Образование их связано с поперечными деформациями, вызванными обжатием бетона и влиянием стесненной усадки. Опасность таких трещин – возможность коррозии арматуры. Горизонтальные трещины на торцовых участках пролетных строений 7 возникают вследствие действия местных напряжений, вызванных сосредоточенными силами предварительного напряжения арматуры. Развитие трещин этого типа наблюдается в начальный период эксплуатации. Трещины в зонах опорных частей 8 являются, как правило, следствием конструктивных недостатков опорных узлов пролетных строений в сопряжении с опорными частями (сосредоточение анкеров, короткий опорный лист и др.). При нарушении работы подвижных опорных частей возникают дополнительные усилия, способствующие росту этих трещин.

В арочных железобетонных пролетных строениях трещины наиболее часто возникают в подвесках и затяжках, но возможно их появление также в арках и стойках. В каменных и бетонных арочных местах трещины главным образом возникают в зонах замка и пят, а также в щековых стенках. Появление трещин во внешне статически неопределимых системах железобетонных, бетонных и каменных мостов может быть связано с деформациями оснований опор. В сборных железобетонных конструкциях мостов нередко трещины наблюдаются в зонах монтажных узлов.

За трещинами в железобетонных и каменных мостах необходимо вести наблюдения для уточнения причин их образования и интенсивности роста, а в случае опасного развития принять соответствующие меры. В общем случае наблюдения за появлением и развитием трещин заключаются в фотографировании, фиксировании границ развития и измерениях величины раскрытия. Данные наблюдений записывают в специальный журнал или книгу искусственного сооружения, кроме того, трещины обводят масляной краской на самом сооружении, делая отметки об их развитии. В записи результатов наблюдений за трещинами необходимо включать данные о нагрузке, температуре и погоде.

Величину раскрытия трещин удобно измерять при помощи микроскопа Бриннеля с увеличением в несколько десятков раз, снабженного измерительной шкалой. Места установки микроскопа необходимо фиксировать. Наблюдение за раскрытием трещин в течение длительного времени можно производить при помощи деформометра. Простейшим приспособлением для наблюдения за ростом трещин являются гипсовые или цементные

маяки, представляющие собой крупные мазки гипсовым или цементным раствором поперек трещины.

При оценке опасности трещин следует учитывать не только величину их раскрытия и сдвига, но и характер расположения, интенсивность развития, а также общее состояние конструкции. Внешними признаками, характеризующими опасное развитие трещин, служат потеки ржавчины на поверхности бетона, свидетельствующие о коррозии арматуры; белые потеки, являющиеся следствием выщелачивания цементного камня; скалывание бетона и т. п. При обследовании железобетонных, бетонных и каменных мостов необходимо обращать внимание на качество изготовления конструкций. Наличие поверхностных раковин, пор, выколов выявляют наружным осмотром. Большое значение для железобетонных, бетонных и каменных мостов имеет отвод воды и состояние гидроизоляции. При плохом отводе воды и неисправной гидроизоляции вода проникает в кладку, выщелачивает цементный камень и вызывает ржавление арматуры. Участки с поврежденной гидроизоляцией и неисправным водоотводом можно обнаружить по мокрым пятнам, потекам выщелачивающегося раствора и другим признакам просачивания. В местах, где просачивается вода, необходимо удалить балластный слой и проверить состояние гидроизоляции и водоотводных устройств. Обнаруженные при этом повреждения пролетных строений должны быть устранены.

**Обследование опор.** Наиболее распространенными дефектами массивных опор являются выветривание, расстройство кладки, трещины, разрушение водосливных поверхностей, а также перемещения самих опор: осадки, сдвиги, крены. В процессе длительной эксплуатации поверхности опор подвергаются выветриванию. Этот процесс наиболее интенсивно протекает на участке изменения уровня воды. Основным признаком выветривания служит шелушение поверхности, отделение мелких плиток–лещадок. При наличии каменной облицовки сначала разрушаются швы. В уровне ледоходов наблюдаются повреждения в виде выбоин, расстройств и вывалов облицовочных камней, глубоких борозд.

Расстройства в кладке мостовых опор, особенно старых, выполненных из бутовой кладки, иногда вызываются динамическим воздействием нагрузки. Наличие расстройств кладки опор можно установить по вибрации и взаимным смещениям отдельных камней (блоков) при проходе поезда, появлению пересекающихся трещин, а также белых потеков на поверхностях.

Состояние кладки может быть проверено отстукиванием. В подводной части старых опор из бутовой кладки иногда наблюдаются серьезные разрушения (рис. 7). Значительное влияние здесь оказывает химическая агрессия воды от сбрасываемых в реку промышленных отходов и др. Наиболее интенсивно кладка опор разрушается в зонах ледостава при первых подвижках льда и в уровне ледохода. Наблюдения за дефектами в подводной части мостовых опор обычно затруднены и требуют привлечения водолазов. В последнее время при подводном обследовании опоры сооружений успешно используют передвижную подводную телевизионную установку ППТУ–ЦНИИС. Трещины в мостовых опорах по расположению и характеру развития весьма разнообразны. Они могут быть поверхностными, глубокими и даже сквозными. По внешнему виду трещин иногда можно определить причину их возникновения и развития. Например, значительные вертикальные трещины, имеющие большое раскрытие внизу и затухающие кверху (рис. 8,а), свидетельствует о возможной неравномерной осадке опор, недостаточной несущей способности основания. При недостаточной подвижности опорных частей на мостовые опоры передаются большие горизонтальные силы и возможно возникновение трещин, показанных на рис. 8, б и в. В устоях с обратными стенками, при неудовлетворительной засыпке грунта и плохом водоотводе, вследствие значительных боковых давлений может произойти отрыв обратных стенок (см. рис. 8, а верхние трещины).

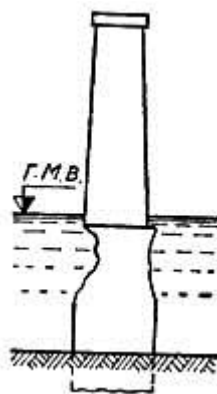


Рис. 7. Разрушение подводной кладки опоры

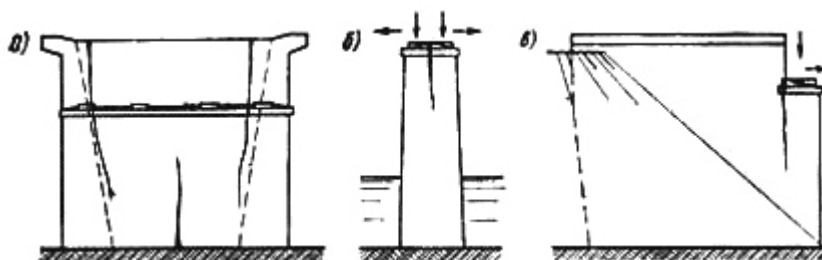


Рис. 8. Трещины в кладке опор

В старых опорах в подферменниках, изготовленных из гранита или песчаника, нередко появляются сквозные трещины, наблюдается их расшатывание. Все перечисленные дефекты появляются главным образом во время эксплуатации, однако трещины могут образоваться и во время сооружения опор. Это особенно часто наблюдается в бетонных массивных опорах, где возникновение трещин связано с экзотермическими процессами при твердении бетона, в особенности вызывающими высокие внутренние напряжения, в особенности при одновременном охлаждении наружных слоев. Возможно образование трещин и по швам бетонирования. Трещины, возникающие при постройке опор могут получить дальнейшее развитие в процессе эксплуатации моста. Для выяснения причин возникновения трещин, особенностей их развития и степени опасности необходимо наблюдать за ними. Для определения глубины распространения трещин применяют специальные щупы, ультразвуковые приборы, нагнетание подкрашенной жидкости, а в необходимых случаях производят вскрытие облицовки и кладки. Перемещения опор происходят вследствие различных причин: подмыва опор, недостаточной несущей способности основания, увеличения горизонтального давления грунта насыпи, оползневых явлений и т. п. Значительные перемещения опор довольно легко определить по внешним признакам. Так, при смещении устоя в пролет смещается и подвижная опорная часть, а конец пролетного строения может упереться в шкафную стенку. Наклон или смещение промежуточной опоры легко обнаружить по изменению расстояния между концами смежных пролетных строений. О перемещении опор можно судить по положению рельсового пути в плане и профиле. Перемещение устоя иногда сопровождается сползанием насыпи за устоем. Точные данные о перемещениях опор можно получить при помощи геодезических съемок их положения.

В случаях обнаружения перемещений опор за ними устанавливают наблюдения: осадку определяют нивелированием, а крен и сдвиги – теодолитной съемкой. Данные нивелировки опоры увязывают с отметкой репера. При наблюдении за наклоном опоры при помощи теодолита в местах установки реек желательно заделать в тело опоры специальные марки. За наклоном опоры можно также наблюдать при помощи уровня, отвеса.



При обследованиях устоев необходимо обращать внимание на состояние сопряжения моста с насыпью. При крутом уклоне конусов часто наблюдается их сползание, вызывающее оголение торцов шпал, что может быть причиной больших и опасных дополнительных напряжений в рельсах. Обнаруженные дефекты в опорах подлежат устранению. Способ ремонта в каждом конкретном случае устанавливают на основании комплексной оценки характера повреждения и причин, его вызвавших. Обследованию подлежат также регуляционные сооружения (струенаправляющие дамбы, траверсы и др.) и земляное полотно на подходах к мосту в пределах подтопления высокой водой. При этом проверяют соответствие сооружений в плане и профиле проекту и состояние укреплений.

**Обследование опорных частей и их основные дефекты.** Обследование опорных частей начинают с общего их осмотра. При этом обращают внимание на исправность отдельных деталей, правильность их взаимного расположения, плотность опирания на подферменники. Правильность положения опорных частей проверяют измерением расстояний от двух взаимно перпендикулярных осей до углов опорной плиты  $x_1, x_3, x_4, y_1, y_2, y_4$  (рис. 9,а). За оси можно принять ось быка или шкафной части устоя и перпендикулярную ей ось моста. По этим данным определяют положение опорной плиты по отношению к опоре. Измеряя расстояние от стороны плиты до осей крайних катков, выявляют положение их относительно плит, а следовательно, и относительно исходных осей. Таким же путем выясняют положение балансиров. Зная взаимное положение отдельных элементов опорных частей, можно установить смещение их центров, перекося и другие характеристики. Запись температуры воздуха при этих измерениях обязательна. Желательно положение опорных частей проверять в пасмурную погоду, когда температура всех элементов пролетного строения одинакова.

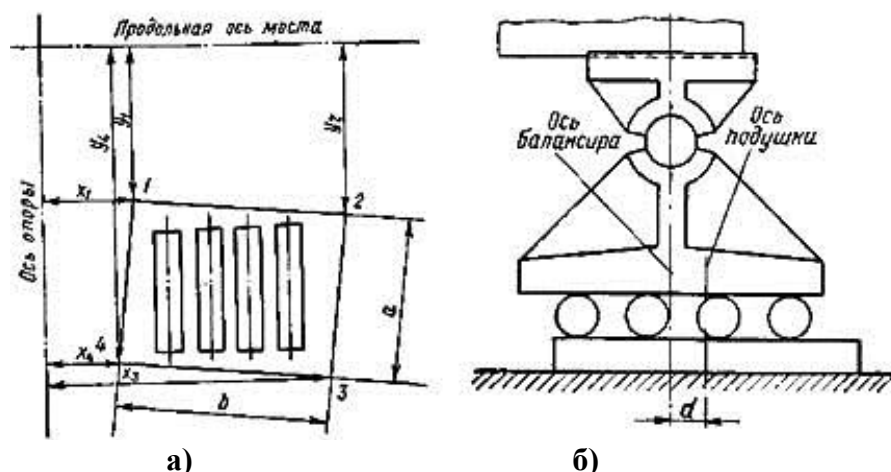


Рис. 9. Определение положения подвижной опорной части в плане (а); смещение балансира относительно опорной плиты (б)

Расчетное смещение оси балансира относительно оси опорной плиты (рис. 9,б) при температуре  $t$  составит:

$$\Delta_{\text{п}} = (t - t_0)al, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения, равный для стали 0,0000118 и для бетона 0,000010;  $l$  – расчетный температурный пролет фермы;  $t_0$  – температура, при которой оси балансира и опорной плиты должны совпадать.

При этом принимают, что:  $t_0 = t_{\text{ср}} \pm \Delta_{\text{к}} / 2al$ , где  $t_{\text{ср}}$  – среднее алгебраическое между наивысшей и наименьшей годовой температурой;  $\Delta_{\text{к}}$  – продольное перемещение от временной нагрузки (для стальных пролетных строений  $\Delta_{\text{к}} / 2al \approx 10$ ). Знак у второго члена зависит от направления смещения балансира от подвижной нагрузки (плюс – при смещении наружу, минус – внутрь пролета). При вычислении  $t_{\text{ср}}$  годовые температуры подставляют со своими

знаками. Нормальное отклонение центра катков от оси опорной плиты определяется величиной  $\Delta_{\text{п}} / 2$ . Разность между измеренным  $\alpha$  и расчетным  $\Delta_{\text{п}}$  смещением оси балансира относительно оси опорной плиты составляет величину дополнительного смещения, которое может быть следствием неправильной установки при сборке, динамических воздействий, неисправного состояния опорных частей, их загрязненности, перемещения опор (например, наклона устоя или быка) и т. п. В пролетных строениях, ориентированных с востока на запад, сказывается влияние неравномерного нагрева правой или левой ферм: одна ферма нагревается солнцем сильнее другой, что приводит к изгибу пролетного строения в горизонтальной плоскости. В результате этого в опорных частях, препятствующих повороту концов ферм в плане, могут появиться перекосы и сдвиги в опорах, а также трещины в кладке опор и другие дефекты.

Перекосы и угоны катков устраняют их перестановкой, приподнимая домкратами конец пролетного строения. Необходимо проверять состояние поверхностей катков, балансиров и опорных плит и в случае обнаружения на них дефектов поверхности следует прострогать. Значительное смещение балансиров подвижных опорных частей относительно плит может потребовать передвигки опорных плит или балансиров и даже пролетного строения вместе с неподвижными опорными частями. Сравнительно часто встречаются дефекты, связанные с неплотным опиранием опорных частей на подферменники. Неплотность опирания приводит к увеличению динамического воздействия на конструкцию, в результате чего появляются дефекты и в первую очередь такие, как трещины в подферменниках, опорах, опорных плитах, расстройство кладки опор и др. Неплотное опирание опорных частей на подферменники может быть устранено установкой свинцовых или резиновых прокладок, подливкой цементного раствора под давлением, подсыпкой цемента и тому подобными мерами.

#### **4. Методы и средства контроля качества**

Для выявления и устранения возможных ошибок проектирования и строительства должны постоянно действовать следующие лицензированные службы контроля:

- контроль проектной продукции (экспертные службы ведомств, научные институты, научные лаборатории ВУЗов,);
- контроль качества сборных строительных элементов мостовых конструкций (заводская инспекция);
- контроль качества строительных и монтажных работ (строительная инспекция, авторский надзор). Цель контроля – обнаружить ошибки и предупредить повреждения и отказы. Статус служб контроля, предмет контроля должны быть известны всем участникам проектирования, строительства и эксплуатации. Должна быть создана и законодательно утверждена система документирования результатов контроля. Статус контрольных служб должен быть тщательно отработан и утвержден как обязательный государственный стандарт.

Экспертизой проектной продукции следует контролировать:

- предусматривает ли проект защиту от возможных отказов и от снижения нормируемой несущей способности, что зависит от выбора конструктивных систем, расчетных моделей, учета сил и воздействий, их комбинаций, оптимального выбора строительных материалов, их параметров, способов строительства, условий надежности;
- учтены ли в проекте все требования эксплуатации, в т.ч. возможность регулярного надзора за сооружением, его ремонтпригодность;
- обеспечены ли проектом реальные условия строительства, возможности промышленных баз изготовления монтажных элементов, стройплощадки;
- будет ли достаточен уровень работоспособности несущей конструкции при локальном отказе какого-либо элемента или связи (например, образование наклонных или поперечных трещин);

– соблюдены ли в проекте все расчетные параметры конструкций, материалов, используемых машин, механизмов и оборудования.

При контроле качества изготовления сборных конструкций, блоков, элементов заводская инспекция призвана проверить и установить:

– прочностные характеристики строительных материалов по результатам стандартных испытаний бетонных образцов и по сертификатам арматурной стали;

– соответствие основных параметров конструкции и элементов, изготавливаемых из этих материалов, проекту и действующим нормам и стандартам;

– оценить выявленные отклонения от проекта и норм и, в случае необходимости, потребовать исправления допущенных ошибок;

– при недостаточной уверенности в оценке допущенных при изготовлении ошибок и последствий возможных отказов следует привлекать к экспертизе научные лаборатории институтов.

При контроле за ходом и качеством строительства строительная инспекция обязана проверить и установить:

– согласованность строительных работ с проектом;

– условия работы опорных частей, шарниров и других связей;

– возможные деформации и искривления, сдвиги, допущенные при монтаже конструкций, сооружения;

– характер передачи нагрузки на конструктивные элементы;

– физические свойства материалов (бетон и арматура), достигнутые при изготовлении и перед сдачей конструкции в эксплуатацию;

– наличие паспортов на конструкции сооружений и другой установленной эксплуатационными службами технической документации.

Приборы для определения прочностных характеристик можно разделить на две группы: приборы, определяющие прочность материалов и конструкций, и приборы, позволяющие косвенно судить о несущей способности конструкций. Почти все конструктивные элементы должны подвергаться испытаниям на прочность. Методы испытания на прочность условно делятся на три вида.

Первый, основной метод экспериментальных исследований, изучение работы строительных конструкций по их напряженному состоянию в процессе нагружения. Оценку напряженного состояния в этих случаях осуществляют косвенно путем измерения деформаций материала. Для определения деформаций при нагружении применяют тензометры механического, оптико-механического, электрического действия и т. д. Эти приборы имеют большие габариты и поэтому неудобны при установке на конструкцию. Универсальным тензометром является тензодатчик сопротивления, или тензорезистор. Кроме того, для определения деформаций при нагружении применяют мессуры часового типа и прогибометры Максимова. Испытания элементов конструкций при нагружении дают возможность оценить прочностные характеристики, однако не всегда удается в эксперименте воспроизвести реальные условия работы конструкции.

Вторым методом испытания является установка тензодатчиков на реальную конструкцию с проведением экспериментальных работ путем нагружения испытуемой конструкции (перекрытия, колонны, балконной плиты и т.д.). Это требует больших затрат при выполнении работ по нагружению конструкции, обеспечению безопасности работы при испытании и страховки в случае разрушения конструкции.

Третий метод – натурные испытания. На строящемся здании или сооружении намечают элементы, на которых устанавливают приборы для измерения деформаций и перемещений в горизонтальных и вертикальных стыках, которые определяют суммарные перемещения и деформации, возникающие при воздействии нагрузок. Эти испытания регистрируют деформации от нагрузок, ползучести, усадки, деформации, вызванные изменением температуры в процессе монтажа конструкций.

После окончания строительно–монтажных работ возможно проведение длительных наблюдений для оценки влияния температурных деформаций, процессов усадки и ползучести на работу элементов здания.

Для оценки эксплуатационных качеств здания в целом и его элементов необходима комплексная оценка свойств и конструкций без их разрушения. К таким методам оценки относятся неразрушающие методы контроля. Развитие неразрушающих методов контроля связано с новыми достижениями в области физики и развитием фундаментальных исследований в области электроники, физики твердого тела, физики элементарных частиц, механики, акустики и др. Неразрушающие методы контроля качества изделий на современном этапе можно представить в виде следующей классификации:

1. Механические методы (использующие силовую пробу поверхности): пластического отпечатка; упругого восстановления (склерометрический).
2. Акустические методы: ультразвуковые; акустической эмиссии; ударные волновые.
3. Вибрационные методы: вынужденных колебаний (резонансный); свободных колебаний.
4. Радиометрические методы: гамма–радиоизотопные; рентгеновского излучения; нейтронные.
5. Электрические методы: магнитные; электроиндукционные; емкостные.
6. Радиотехнические неразрушающие методы: проходящих радиоволн; отраженных радиоволн.
7. Прочие методы: тепловые; люминесцентные; проникающих сред (газов, жидкостей).

Неравномерные осадки, прогибы перекрытий, точность монтажа перекрытий определяют с помощью нивелира. Отклонения конструкций от вертикали (изгиб, выпучивание стен) измеряют теодолитом. Поскольку измерения проводят в небольших помещениях, приборы снабжены специальной оптической насадкой, позволяющей производить отсчеты с расстояния до 0,5 м. При работе с оптической насадкой светосила объектива снижается, поэтому при замерах в помещении применяют рейку со светящейся шкалой.

Ширину раскрытия трещин в конструкциях измеряют толщиномерами, лупой с нанесенными на ней делениями и переносным микроскопом МИР–2, имеющим фотонасадку для фотографирования трещин. Смещение граней панелей, ширину шва между панелями фиксируют с помощью штангенциркуля, линейки и специального шаблона. Уклоны поверхностей отмостки, балконов, кровли определяют специально изготовленными простыми приспособлениями – уклономерами.

Температурно–влажностный режим помещений оценивают с помощью психрометра Ассмана, термографов и гигрографов. Работу вытяжек проверяют с помощью крыльчатого анемометра и секундомера. Для определения перепада температур на внутренних поверхностях ограждений и теплоотдачи отопительных приборов применяют термощупы различных конструкций. Влажность древесины стоярных изделий, досок полов без взятия проб измеряют электронным влагомером ЭВ–2М.

Качество покрытия пола оценивают не только по ровности поверхности, но и по размерам просадки под сосредоточенным грузом. С этой целью на покрытие устанавливают металлические штампы в виде роликов диаметром 15, длиной 30 мм, которые нагружают чугунными грузами до создания нагрузки 5 МПа ( $50 \text{ кгс/м}^2$ ) на каждый ролик.

При обследовании и профилактическом контроле конструкций возникает необходимость в проведении их зондирования и вскрытия. Для выявления коррозии арматуры и закладных деталей, исследования структуры и состояния материалов в теле конструкции в настоящее время не существует практически применимых неразрушающих методов. Однако и в этих случаях приборы облегчают проведение трудоемких работ. Применение металлоискателей различных типов помогает перед вскрытием установить расположение арматуры или закладных деталей, подлежащих осмотру. При зондировании конструкций оптические приборы типа РВП дают возможность осмотреть материал конструкции изнутри.

Периодичность проведения профилактического контроля обоснована статистическими данными о времени появления дефектов в различных конструктивных элементах.

Прочность материала конструкции определяют молотком Физделя, Кашкарова, пистолетом ЦНИИСКА, прибором ЛИСИ. Эти приборы ударного действия основаны на оценке прочности по отпечатку величины лунки, отколу, углу отклонений маятника. Приборы портативны и просты в обращении. Однако определение прочности этими методами является приближенным, в значительной мере поверхностным. Оно не учитывает наличия структурных изменений материала конструкции, могущих повлиять на ее прочность. Более точными приборами, оценивающими прочность материала конструкции по эталонным кривым, являются электронно-акустические приборы. Эти приборы основаны на использовании законов распространения упругих колебаний в материалах для выявления их физико-механических свойств без разрушения, а также для определения скрытых дефектов. В этих приборах в качестве показателей для определения свойств материала используются скорость распространения ультразвука, изменение амплитуды затухания, частота собственных колебаний. Наиболее часто применяют ультразвуковые приборы УКБ-2, ДУК-20, «Бетон-транзистор». Этими приборами оценивают прочность материала конструкции, фиксируют неоднородность материала, нарушение структуры, наличие дефектов, т. е. приборы дают показатели, позволяющие косвенно оценить элемент конструкции.

Серьезным дефектом, влияющим на несущую способность конструкций, являются силовые трещины. Эти трещины возникают в сжатых простенках, перегородках при неблагоприятных условиях передачи нагрузок и из-за недостаточной прочности и однородности бетона. Проведенные экспериментальные исследования процесса трещинообразования бетона в сжатых элементах эксплуатируемых зданий позволили найти новые характеристики, которые можно использовать для инструментальных измерений с целью прогноза трещинообразования. Было установлено, что для технической диагностики трещинообразования и оценки состояния структуры бетона в элементах эксплуатируемых зданий целесообразно использовать ультразвуковой метод акустической эмиссии, основанный на регистрации естественных упругих импульсов, пропускаемых через исследуемую среду. Этот метод позволил выявить в качестве критерия оценки состояния бетона в конструкциях зданий новую структурно-механическую характеристику – энергию микроразрушений.

Поскольку в процессе эксплуатации участвуют длительно действующие нагрузки, надо измерять акустические параметры во времени. Обследуют конструкции, в которых наиболее вероятно появление силовых трещин отрыва. В полносборных зданиях ими являются несущие внутренние и наружные стены. Количественная оценка состояния конструкций предлагается введением понятия энергетического потенциала, который характеризуется запасенной энергией в процессе деформирования (если энергетический потенциал снижается за счет выделения энергии преобразования микро- и макротрещин до 0, конструкция теряет свою несущую способность). Установлено, что в процессе длительной эксплуатации в конструкциях, находящихся под нагрузкой, под влиянием различных факторов возникают микротрещины, которые снижают энергетический потенциал. Оценив экспериментально с помощью шумометрического метода разность между общими энергетическими потенциалами материала конструкции и потери энергии от трещинообразования, можно найти оставшийся потенциал, на основании которого оценивают реальный запас несущей способности конструкции. Для оценки потерь энергии применяют акустическую шумометрическую аппаратуру.

Таким образом, основной целью обследования являются выявление и использование запасов прочности, имеющихся в конструкциях. До сих пор отсутствуют нормы и методика расчетов конструкций существующих зданий, поэтому проектировщики пользуются нормами и схемами, принятыми для новых зданий. В связи с этим основными видами обследования для постановки на капитальный ремонт является определение конструктивных схем здания и самой конструкции стен, перекрытий, перегородок. В результате этих

обследований на основании технического заключения проводят расчет несущих конструкций.

## **5. Методика испытания мостов**

Основная задача испытания мостов состоит в выявлении характера действительной работы как сооружения в целом, так и отдельных его элементов. Известно, что в расчетах мостовых конструкций допускаются определенные упрощения расчетных схем с известной идеализацией свойств материалов. Следовательно, действительная работа мостовых конструкций и их элементов, как правило, отличается от расчетных предположений. Результаты испытания мостов могут быть использованы в совершенствовании методов расчета и в оценке грузоподъемности сооружений. В процессе эксплуатации мостов происходят изменения условий их работы. Могут изменяться и свойства материалов. Испытания мостов позволяют выявлять влияние этих изменений на фактическую работу мостовых конструкций. Испытания мостов производят:

- при приемке новых сооружений в эксплуатацию с целью установления начальных, общих и местных деформаций – прогибов, перемещений опорных частей, периодов и амплитуд вертикальных и горизонтальных колебаний, напряженного состояния в наиболее характерных зонах и т. п. Эти данные сопоставляют с расчетными, а в дальнейшем – с результатами последующих испытаний для выявления изменений в процессе эксплуатации сооружения;
- при уточнении расчетов грузоподъемности особо ответственных мостов;
- по окончании усиления, для оценки его эффективности;
- периодически, при эксплуатации, для выяснения изменений в работе конструкции;
- в специальных случаях при накоплении данных для расчетов мостовых конструкций.

Испытанию моста должно предшествовать его обследование. Испытания мостов производят статическими и динамическими нагрузками. Динамические испытания ведут, как правило, под проходящими и иногда под специальными поездами. В необходимых случаях испытания мостов сочетают с лабораторными исследованиями. Для проведения испытаний предварительно разрабатывают программу и методику. Должна быть четко сформулирована цель и подробно описаны порядок и способы испытаний. При этом выбирают тип нагрузки, характер и порядок загрузки испытываемой конструкции.

При испытаниях мостовых конструкций в основном измеряют или регистрируют общие деформации, характеризующие работу конструкций в целом (угловые и линейные перемещения пролетных строений или отдельных их элементов, опор и т. п.) и местные деформации, по которым определяют напряженное состояние элементов конструкций. При динамических испытаниях для получения динамических характеристик сооружения в целом или отдельных его элементов регистрацию процессов изменений деформаций производят обычно приборами и аппаратурой с записывающими устройствами. Для правильного выбора приборов и аппаратуры при проведении испытаний конкретного сооружения необходимо установить заранее приблизительные величины и характер изменения ожидаемых деформаций. Для этой цели используют расчетные материалы или результаты испытаний аналогичных конструкций. На выбор аппаратуры и приборов значительное влияние оказывают сроки и объем работ в процессе испытаний. Нередко для проведения испытаний специально разрабатывают различного рода приспособления и приборы, удовлетворяющие требованиям испытаний данной конструкции.

В методике испытаний в хронологическом порядке планируют проведение самого испытания: подготовительные работы по установке приборов и аппаратуры, последовательность нагружения и разгружения, расположение испытательной нагрузки на конструкции, время выдержки конструкции под нагрузкой, порядок снятия и записи отсчетов по приборам и т. п.

Таблица 6

Приборы для определения прочности бетона в конструкциях эксплуатирующихся зданий и сооружений

Характеристика методов	Приборы	Разработчик метода	Нормативные документы, предприятие-изготовитель
<i>Механические методы</i>			ГОСТ 22690,0-77... ГОСТ 22690,4-77
Методы пластической деформации: основанные на вдавливании штампа в поверхность раствора, бетона и эталонов       основанные на стрельбе или взрыве (метод стрельбы, забивки стержней, взрыва)	Дисковые приборы ДПГ -4 и ДПГ-5	ВНИИГИМ, Братскгасстрой	ГОСТ 22690-1-77; Руководства по контролю прочности бетона в конструкциях приборами механического действия (М.,1972)
	Прибор ПМ Универсальный маятниковый прибор УМП Приборы типа «Штамп НИИЖБ»	- Минпромстрой СССР  НИИЖБ	Завод «Коммунальник» То же Руководство по контролю прочности бетона в конструкциях приборами механического действия (М.,1972)
	ОПР-9-300,ОПР-4-300 ОМП-2-250,РМП-5 Прибор КМ (комплексный метод) Прибор ДорНИИ	НИИЖБ и ЦНИИСК Госстроя СССР НИИЖБ ЦНИИСК СоюздорНИИ НИИ Мосстрой	То же То же То же  ГОСТ 22690,2-77; опытный завод
	Эталонный молоток Н.П. Кашкарова Прибор Польди Вайцмана	ЧСФР	НИИМОССТРОЯ По типу ГОСТ 22690,2-77
	Подпружиненный молоток типа ХПС	Германия	Стандарт ДИН 4240; завод испытательных машин (г.Лейпциг)
	Пружинный молоток «Кремиковец»	Болгария	Стандарт БДС-3816-65 (Болгария) «Механические неразрушающие методы определения прочности бетона»
	Строительно-монтажные пистолеты СМП и ПЦ Прибор «Винздор	-  США	-  -

	Проуб»		
2. Методы испытания на отрыв и скалывание: основанные на отделении бетона от бетона путем отрыва со скалыванием	Гидравлические пресс-насосы ГПНВ-5 и ГПНС-4 Пневматическая сверлильная машина ИП-1023	Донецкий Промстрой-НИИпроект -	ГОСТ 21243-75 Московский завод «Пневмостроймашина»
путем отрыва	Гидравлический пресс-насос ГПНВ-5	ЦНИЛ Глав Киевгорстроя	ГОСТ 22690,3-77
путем скалывания ребра конструкции	Гидравлический пресс-насос ГПНВ-5 и дополнительное устройства УРС	Донецкий Промстрой-НИИпроект	ГОСТ 22690,4-77
3. Методы упругого отскока	Склерометры: прибор КМ (комплексный метод)	ЦНИИСК	ГОСТ 22690,1-77; «Указания по испытанию прочности бетона в конструкциях и сооружениях неразрушающим методами. Руководства по контролю прочности бетона в конструкциях приборами механического действия» (М., 1972)
	Склерометр Шмидта	Германия	Стандарт ДИН 4240 (Германия)
<i>Физические методы</i> 1. Ультразвуковые методы: основанные на измерении скорости распространения упругих волн (продольных и поперечных ультразвуковых) вызванные импульсным ударом (волны	Бетон 5 Бетон 8-УРЦ УКБ-1М, УФ-90пц, УК-12п Приборы типа АМ, ПИК- , МК-1, «Удар -1» «Удар-2»	ВНИИжелезобетон  Союздор НИИ, ЛКВВИА им. А.Ф.Можайского и ВНИИНК	ГОСТ 17624-87; Опытный завод ВНИИ железобетон Опытные партии



удара)			
2. Радиоизотопные методы, основанные на определении плотности по изменению интенсивности гамма излучения	Бетон 8-УРЦ  РПП-1 РПП-2  ИПР-Ц,РПБС	ВНИИ железобетон ВНИИГИМ ВНИИ железобетон Оргэнергострой	ГОСТ 17623-87; Опытный завод ВНИИ железобетон То же То же Экспериментальные мастерские Оргэнергострой

Таблица 7

Некоторые приборы для определения деформативно-прочностных характеристик материалов и конструкций

Название прибора	Эскиз	Название прибора	Эскиз
Эталонный молоток К.П.Кашкарова с угловым масштабом		Ультразвуковой прибор УК-10ПМ	
Прибор типа КМ		Индикатор часового типа	
Склеметр Шмидта		Виброграф ВР-1	
Молоток Физделя		Микроскоп типа МПБ-2	
Прибор типа ПМ		Прибор типа ИЗС-2	
Гидравлический пресс-насос ГПНВ-5		Прогибомер типа ПМ-3 конструкции Н.Н.Максимова	
Тензометры Гугенбергера		Измеритель деформаций типа АИД	
Тензорезисторы для измерений деформаций		То же, типа ЦТМ-5	

При динамических испытаниях необходимо указывать скорости прохода испытательных нагрузок на мосту, режимы торможения, моменты включения регистрирующей аппаратуры и приборов и т. д. Перед испытаниями разрабатывают схему установки измерительных приборов и обосновывают их выбор. Для записи показаний приборов во время испытаний заранее составляют специальные журналы. Такие журналы готовят на определенную группу приборов, отсчеты по которым снимает один человек. Желательно обеспечить по возможности одновременное завершение снятия отсчетов.

Сроки подачи испытательных нагрузок на мост заранее согласовывают. При испытаниях эксплуатируемых мостов также заблаговременно должны быть согласованы «окна» в движении поездов на время испытаний. Испытания выполняют под руководством ответственного лица, которое заранее распределяет обязанности между другими участниками работы. Следует помнить, что испытание моста весьма ответственная и дорогостоящая операция, для успешного выполнения которой требуются тщательная подготовка и высокая организованность. При испытаниях мостов необходимо соблюдать правила техники безопасности.

## **6. Основные принципы ремонта и усиления конструкций**

Предупреждение аварий и повреждений конструкций зданий в техническом аспекте состоит в заблаговременном их усилении при увеличении нагрузок, износе, появлении неисправностей. В состав основных ремонтно–восстановительных работ включается: восстановление (ремонт) – придание конструктивным элементам первоначальных качеств и характеристик; усиление – придание конструкциям качеств и характеристик повышенных (улучшенных) по сравнению с первоначальными; замена конструкций новыми. Необходимо отметить, что усиление может производиться как при восстановлении, так и при модернизации и реконструкции зданий. При замене конструкций может проводиться и усиление вместе с изменением расчетной схемы. К основным элементам зданий – несменяемым конструкциям – относятся только восстановление и усиление. Усиление и замена могут производиться как с сохранением существующей конструктивной системы, так и с ее заменой. Основные принципы ремонта и усиления конструкций могут быть сформулированы в виде нижеследующих пунктов.

1. Виды и методы ремонта и усиления элементов зданий и сооружений зависят от обеспечения требуемого уровня эксплуатационной надежности, которое включает возможные изменения объемно–планировочных решений, нагрузок и условий эксплуатации. При этом необходимо стремиться к максимальному сохранению существующих конструктивных решений сооружений и конструкций, что обеспечивает минимальные затраты на восстановительные работы.

2. При выборе оптимального способа ремонта и усиления конструкций важно установить действительный характер их работы, фактически действующие нагрузки. При этом необходимо учитывать влияние фактических узлов сопряжения на усилия в конструкциях и соответствие выбранных расчетных схем реальным условиям их работы. В частности, расчет существующих колонн по деформированной схеме позволяет существенно повысить их расчетную несущую способность.

3. Определенным резервом снижения материалоемкости и трудозатрат при реконструкции является учет прочностных характеристик бетона и стали при выполнении проверочных расчетов. Однако использование реальных прочностных характеристик материалов должно осуществляться без ущерба для эксплуатационной надежности отдельных конструкций и сооружения в целом.

4. При усилении следует отдавать предпочтение индустриальным способам, которые не требуют разгрузки конструкций, методам, связанным с изменением статической схемы конструкций, использованию предварительного напряжения, высокопрочным сталям, полимеры фибробетону, напрягающим цементам и другим эффективным материалам.

5. Усиление конструкций предварительным напряжением следует производить, применяя такие конструктивные решения и методы производства работ, при которых соблюдается плавное включение элементов усиления в работу с существующими конструкциями. Для этой цели следует выполнить временную разгрузку усиливаемых конструкций или использовать искусственное регулирование усилий.

6. Усиление и восстановление строительных и, в частности, железобетонных конструкций является, как правило, трудоемким и дорогостоящим процессом, поэтому принятию решения по усилению и восстановлению должен предшествовать тщательный анализ возможности использования существующих конструкций в новых условиях эксплуатации. Этого можно добиться за счет более рационального размещения технологических нагрузок, применения временных приспособлений для демонтажа и монтажа тяжелого оборудования, принятия обоснованных ограничений на сочетание различных временных нагрузок, путем снижения эффектов динамических воздействий за счет эффективной виброизоляции и т. п.

7. При выборе вариантов усиления следует отдавать предпочтение решениям с четкой расчетной схемой, обеспечивающей совместную работу усиливаемой конструкции с элементами усиления и позволяющей достоверно определить дополнительно воспринимаемую нагрузку. При этом рекомендации по усилению должны учитывать не только перспективу увеличения нагрузок, но и ликвидировать обнаруженные на стадии обследования дефекты изготовления, монтажа и эксплуатации. К последним относятся: отклонения от проекта в величине защитного слоя, ошибки в армировании по диаметрам, классам и количеству арматуры, снижение проектного класса бетона, сверх допустимое отклонение колонн по вертикали, наличие трещин, отколов и каверн в бетоне и т. п.

8. Проект ремонта, усиления или реконструкции разрабатывается с учетом многих исходных данных: рабочих чертежей строительных конструкций и исполнительных схем, отклонений фактических размеров сечений и узлов от проектных решений, инженерно– и гидрогеологических условий площадки, геодезической съемки здания для определения осадок, прогибов, кренов, смещений и т. п., сроков эксплуатации конструкций, а также величины и характера технологических нагрузок, физико–механических характеристик бетона и арматуры каждого конструктивного элемента, характера технологических процессов в помещениях реконструируемого объекта, интенсивности и распределения нагрузок, прогнозов изменений гидрогеологического режима в процессе ремонта, реконструкции и последующей эксплуатации, информации об имевших место дефектах строительных конструкций и мероприятиях по их устранению. К последним относятся повышенные прогибы и перемещения, недопустимое раскрытие трещин, раздробление в сжатой зоне, отслоение защитного слоя бетона, коррозия арматуры и бетона, обрыв рабочей арматуры, нарушение сцепления бетона и арматуры, отклонения в геометрии и армировании и т. п.

9. Усиление конструкций может осуществляться по двум схемам: возведение новых разгружающих или заменяющих конструкций, которые полностью или частично воспринимают дополнительные нагрузки; увеличение несущей способности существующих конструкций. В свою очередь увеличение несущей способности конструкций может осуществляться: без изменения и с изменением расчетной схемы и напряженного состояния; с применением специальных методов усиления.

10. Для элементов усиления без предварительного напряжения рекомендуется применять рабочую арматуру классов А–I, А–II, А–III; для предварительно напряженных конструкций усиления (шпренгелей, затяжек) – А–IIIв, А–IV, А–V, А–VI, арматурные канаты классов К–7 и К–19 и др. В конструкциях, эксплуатируемых в агрессивных условиях, рекомендуются стали Ат–IVК, Ат–VСК, Ат–VIК. При длине усиливаемой конструкции до 12м рекомендуются все виды арматуры; свыше 12м – канаты из проволоки диаметром не менее 2,5 мм. Стержневая свариваемая арматура может применяться со стыковкой по длине при усилении конструкций любых пролетов. Конструкции усиления из канатов и пучков

высокопрочной проволоки, расположенных открыто или в пазах, следует применять только в неагрессивных и слабоагрессивных средах.

11. Расчет железобетонных конструкций усиления выполняется с учетом фактических характеристик прочности и армирования материалов. Бетон усиления должен приниматься на один класс выше, чем условный класс прочности бетона усиливаемого элемента, но не ниже В15 – для надземных конструкций и В12.5 – для фундаментов. Кроме того, при агрессивных условиях эксплуатации класс бетона должен отвечать требуемой плотности и стойкости, соответствующим требованиям эксплуатационной среды. Раствор для заделки отверстий, защитной штукатурки и т.п. принимается не ниже марки 150. При усилении бетонных и железобетонных конструкций наращиванием, «рубашками» и обоймами следует использовать портландцемент марки не ниже 400.

12. Расчет конструкций усиления производится по первой и второй группам предельных состояний. Для конструкций, находящихся в обычных условиях эксплуатации, усиление которых вызвано дефектами и снижением несущей способности, расчет производится только по первой группе предельных состояний. Расчет усиленных конструкций должен учитывать изменение их статической схемы и напряженного состояния. При этом в усиленных статически неопределимых конструкциях необходимо учитывать возможность перераспределения усилий.

13. При повреждении площади сечений элементов или арматуры более чем на 50 % несущая способность существующей конструкции в расчетах не учитывается и вся нагрузка передается на элементы усиления. При приварке к существующей арматуре стержней усиления ее расчетное сечение следует снижать на 25 % в связи с возможным пережогом при сварке. Расчетное сечение существующей арматуры следует принимать с учетом возможных повреждений вследствие коррозии и других причин. Особенно опасны коррозионные повреждения для высокопрочной проволоки. При их обнаружении арматуру усиления следует рассчитывать на полную нагрузку, не учитывая существующее армирование из высокопрочной проволоки.

14. Как и в обычных конструкциях, расчет прочности усиленных элементов производится для сечений нормальных и наклонных к продольной оси элемента, а также на местное действие нагрузки, вызывающее смятие, продавливание, отрыв. При наличии крутящих моментов следует проверить прочность пространственных сечений.

15. При применении комплексного усиления (бетон – металл) следует учитывать в расчетах податливость узлов сопряжения, которая при металлических упорах на бетон через слой раствора принимается в пределах 1... 5 мм/узел, а при сопряжении металла с помощью болтов – 1 мм/узел.

## **7. Методы ремонта и усиления конструкций гражданских зданий**

В практике ремонта, модернизации и реконструкции зданий накоплен достаточный арсенал конструктивных решений по восстановлению, усилению и замене конструкций. Среди них имеются решения, доведенные до уровня типовых, в которых многократно использовались и такие проекты как напряженные обоймы, надстройка, передвижка и выравнивание домов, напряженные пояса, разные типы перекрытий с использованием существующих балок, усиление фундаментов и замена перекрытий участками, крупноразмерные конструкции перекрытий, напряжение перекрытий и др. Разработка, анализ и систематизация конструктивных решений по усилению, восстановлению и замене конструкций проводятся в значительных объемах рядом проектных институтов СНГ, где разработаны альбомы типовых решений.

Обобщение типовых решений позволяет разделить их на следующие группы (рис. 10): выполнение инъекций, включая штукатурку и торкретирование; увеличение сечений конструктивных элементов; дополнительные конструкции усиления – обоймы, шпонки, пояса, затяжки и т. д.; изменение схемы передачи нагрузок; замена конструкций.

Выбор рационального решения обычно затрудняется разнотипностью старых конструктивных решений объектов, подлежащих ремонту. Однако эти трудности можно преодолеть путем систематизации основных принципов восстановления однородных конструкций и разработки, эффективных по их усилению и модернизации в условиях продолжающейся эксплуатации зданий на базе использования достижений современной строительной науки и техники. Применительно к отдельным конструкциям зданий каждое из этих типовых решений имеет определенную рациональную область применения. В табл. 8–12 приведены примеры систематизации типовых решений для основных конструкций жилых зданий.

Практическая работа отдельных несущих конструкций или их комплексов в общей системе зданий и сооружений в ряде случаев может отличаться от работы, предусмотренной проектом. Это происходит под влиянием неучтенных факторов или их сочетаний; которые определяют работу конструкций в условиях эксплуатации объектов промышленного или гражданского назначения. Так, например, наиболее часто встречаются случаи неточного учета характера длительных деформаций грунтов оснований сооружений, приводящие к появлению в конструкциях трещин и других повреждений.

Практическая работа отдельных несущих конструкций или их комплексов в общей системе зданий и сооружений в ряде случаев может отличаться от работы, предусмотренной проектом. Это происходит под влиянием неучтенных факторов или их сочетаний, которые определяют работу конструкций в условиях эксплуатации объектов промышленного или гражданского назначения. Наиболее часто встречаются случаи неточного учета характера длительных деформаций грунтов оснований сооружений, приводящие к появлению в конструкциях трещин и других повреждений.

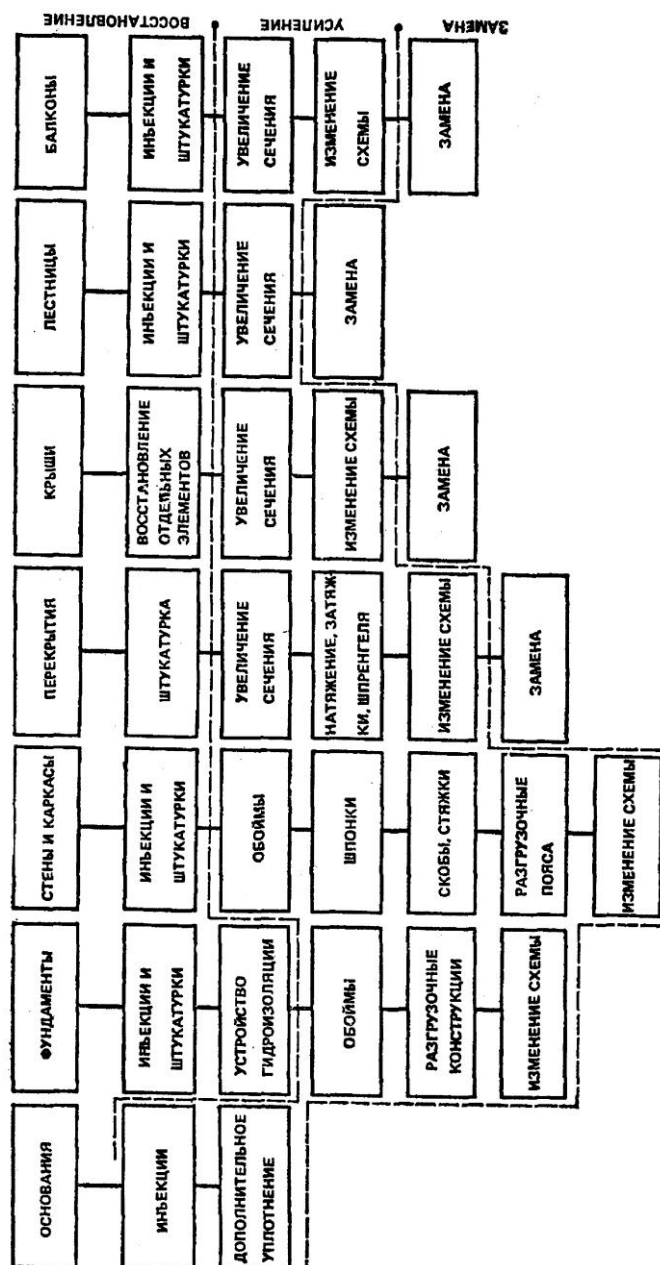


Рис. 10. Классификация методов ремонта конструкций зданий

Методы ремонта и восстановления деформированных фундаментов и стен можно условно разделить на три группы: 1) ремонт отдельных деформированных участков; 2) углубление подвала, частная перебивка или расширение проемов при локальных ремонтах и реконструкциях; 3) усиление стен и фундаментов при увеличении нагрузок (при настройках, реконструкциях с заменой перекрытий или полезных нагрузок и т. д.). Для каждого из этих случаев практикой накоплены экономичные и эффективные способы ремонта и усиления. Сочетание технически простого и экономически целесообразного решения сегодня становится главной проблемой проектирования ремонта. Установлено, например, что при износе стен и фундаментов более 35 – 40 % их ремонт экономически нецелесообразен. При проектировании ремонта стен и фундаментов необходимо учитывать большую трудоемкость этих работ.

Таблица 8

Классификация основных методов усиления оснований фундаментов эксплуатируемых зданий

Метод	Конструктивно	Область	Технико-
-------	---------------	---------	----------

усиления	- технологическое решение	применения		экономическая характеристика	
		грунты оснований	Коэффициент фильтрации, м/сут	Примерная прочность усиления, Па	примерная стоимость усиления 1м <sup>3</sup> грунта руб.
Цементация	Нагнетание цементного раствора	Крупнозернистые пески	2,8	100-400	10
Одно-растворная силикатизация	Нагнетание раствора силиката натрия	лессы	0,1-2	60-80	10
	То же отвердителем	Мелкие и пылеватые пески 0,5-5	0,5-5	40-50	25
Двух-растворная силикатизация	Последовательное нагнетание растворов силиката натрия и хлористого кальция	Пески средней крупности и мелкие	2-80	150-200	20-25
Электро-силикатизация	Последовательное нагнетание растворов силиката натрия и хлористого кальция при создании электрического поля постоянного тока между забитыми электродами	Глины, суглинки, супеси	0,01-0,1	40-80	15-20
Смолизация	Нагнетание раствора карбимедной смолы	Пески средней крупности	0,5-5	150-200	40-50

	отвердителями	мелкие			
Термический способ	Обжиг, сжигание топлива в скважинах	Лессы	0,1-1	100-150	10
Механическое уплотнение	Устройство буронабивных наклонных свай	Для любых грунтов	0,1-5	60-80	15-25
То же	Устройство «стен в грунте»	То же	0,1-5	100-200	25-40

Таблица 9

Классификация основных методов гидролизации фундаментов эксплуатируемых зданий

Метод Гидро-изоляции	Конструктивно-технологическое решение	Область применения	Технико-экономические характеристики	
			технический результат	примерная стоимость на 1 м <sup>3</sup> фундамента, руб
Механический	Устройство горизонтальной рулонной гидроизоляции в сквозной штробе, выполненной соединением отдельных специально просверленных отверстий	Сырость кирпичных стен (толщиной до трех кирпичей)	Прекращение капиллярного подъема влаги	8-15
Механический	Наклейка или нанесение на вертикальные поверхности стен гидроизоляционных материалов и обмазок Устройство пристенных каналов и дренажей	Сырость стен подвала или 1-го этажа, заполнение подвалов с напором до 0,2 м	Осушение стен и подвалов	5-10
		Сырость стен, затопление подвалов с напором до 1 м	То же	25-40
Электро-механический	Прорезка электроплазменными нагревателями	Сырость кирпичных стен	Прекращение капиллярно	4-5



ческий	сквозной щели в стене с образованием литого шва	(толщиной до 2 и ½ кирпичей)	го подъема влаги	
Электро-физический	Электроосмотическое осушение стен за счёт активизации влаги под действием разности потенциалов между электродами, забитыми в стену, и в грунт	Сырость стен подвала и 1-го этажа	Частичное осушение стен	5-10
Физико-химический	Инъектирование в кладку стен цементных или полимерных растворов	Эрозия поверхностно го слоя фундаментов и стен агрессивной среде грунтов оснований	То же	30-50

Таблица 10

Классификация основных методов восстановления и усиления фундаментов эксплуатируемых зданий

Метод усиления	Конструктивно-технологическое решение	Условия и область применения	Примерная стоимость 1 м <sup>3</sup> фундамента, руб.
Укрепление кладки фундаментов без расширения подошвы (восстановление)	Инъектирование цементного раствора	Ослабление до 20% прочности кладки по всей толщине стены, расслоение кладки	5-10
	Штукатурка или торкретирование	Ослабление до 10% прочности кладки главным образом снаружи, эрозия фундамента, незначительные трещины	3-6
Обоймы	Устройство	Недостаточная	15-18

	железобетонных или металлических обойм (в том числе напрягаемых), колонн и простенков	несущая способность (до 40%), увеличение нагрузок	
Разгрузочные конструкции	Устройство жестких поясов из прокатного металла, вшитых в стены для перераспределения нагрузки	Наличие отдельных участков ослабленных фундаментов (особенно стен)	10-16
	Передача нагрузки на выносные опоры в виде банкетов, отдельных или групп свай, кессонов через систему балок и прогонов	Наличие ослабленных участков стен, в углах зданий, при возможности выполнения работ только снаружи здания и т.д.	20-25
Изменение несущей схемы фундаментов	Устройство дополнительных промежуточных опор	Значительные осадочные деформации зданий, значительное увеличение нагрузок	20-25
	Подведение фундаментной плиты		18-30

Таблица 11

Классификация основных методов усиления перекрытий эксплуатируемых зданий

Материалы существующих перекрытий (балки, прогоны)	Метод усиления	Конструктивно-технологическое решение	Примерная стоимость 1 м <sup>2</sup> , руб.
Деревянные	Усечение сечения	Дополнительная нашивка досок	2-3
		«Протезы» металлические и деревянные	3-5

Стальные	То же	Наварка полос и прокатных профилей	5-8
		Обетонирование (жесткая арматура)	5-8
	Натяжение	Натяжение дополнительной арматурой	10-12
	Изменение схемы	Превращение разрезных балок в неразрезные	2-3
		Повышение жесткости за счёт образования кессонов	6-8
		Введение дополнительных промежуточных опор	До 20
Железо бетонные	Увеличение сечения	Обетонирование балок	6-8
		Устройство дополнительной монолитной плиты	8-10
	Натяжение	Натяжение балок и плит дополнительной арматурой	До 20
		Устройство шпренгельных затяжек балок, прогонов, ферм	10-30
	Изменение схемы	Введение дополнительных промежуточных опор	20-25
		Защемление балок и плит на опорах	10-20

Таблица 12

Классификация конструктивных решений по замене перекрытий на железобетонные

Конструктивно-технологическое решение			Условия заделки и передачи нагрузки на каркас или стены	Основные виды работ	Условия применения
Конструкция	Несущие балки, прогоны	Заполнение-плиты			

Мон о- литн ые	1. Новые балки и прогоны 2. Использование существующих стальных балок	Плиты сплошные, ребристые, пустотные	Использование существующих и пробивка новых гнезд для балок и прогонов	Бетонные	Использование инвентарных опалубок, механизация подачи и укладки бетона
Сборно-монолитные	1. Ставные или сплошные по длине сборные балки (прогоны) 2. Сборные балки неполного профиля 3. Использование существующих стальных балок	1. Плиты монолитные сплошные, ребристые, пустотные 2. Мелко-размерные (массой до 150 кг) сборные плиты, вкладыши, сегменты	1. Использование существующих и пробивка новых гнезд для балок и прогонов 2. Использование консольных конструкций опирания, особенно при некратных размерах пролётов	Монтаж сборных железобетонных элементов, доколачивания	Обычно применяется при ограничениях в использовании башенных кранов
Сборные	1. Сборные железобетонные прогоны, балки и фермы. 2. Встроенный каркас	Среднеразмерные (массой до 500 кг) и крупноразмерные сборные железобетонные настилы и плиты	1. Встроенный каркас 2. Новые стены 3. Пробивка гнезд в стенах для балок и устройство штраб для опирания	Монтажные	Возможность установки башенного крана

			плит для безбалочн ой конструкц ии		
--	--	--	--	--	--

Для правильного выбора метода ремонта деформированных стен и фундаментов особо важное значение имеет определение причин деформаций, их объема и характера (местный или общий). Главным образом важно отличить осадочные деформации от деформаций конструктивных. При ремонте стен и фундаментов возможно применение локальных, общих и комбинированных решений по усилению. В качестве локальных конструкций усиления используют цементацию, укрепление фундаментов и стен подвала обоймой, включая конструкции с расширением подошвы, замену ростверков и настилов, подводку и углубление фундаментов, передачу нагрузки на выносные опоры. Для местного крепления стен применяют разгрузочные балки, скобы, стяжки, накладные пояса.

При проектировании капитального ремонта в одном здании часто используются комбинации из этих решений. В качестве общих конструкций усиления нашли распространение устройство фундаментной плиты под зданием и укрепление коробки здания напряженными поясами.

При проектировании усиления фундаментов необходимо обращать внимание на глубину заложения подошвы фундаментов от пола подвала. При глубине заложения менее 0,35 м необходимо предусматривать устройство пригрузки. С особой осторожностью следует относиться к углублениям существующих помещений и устройству новых подпольных каналов вдоль фундаментов.

**Усиление фундаментов.** Увеличение размеров подошвы фундаментов необходимо при росте нагрузок, недостаточной несущей способности грунтов основания, а также при существенном повреждении фундаментов в процессе эксплуатации. Эффективными средствами увеличения подошвы фундаментов являются железобетонные «рубашки», наращивание, частичная или полная подводка новых фундаментов. Железобетонная «рубашка» представляет собой монолитную оболочку, которая охватывает существующий фундамент со всех сторон.

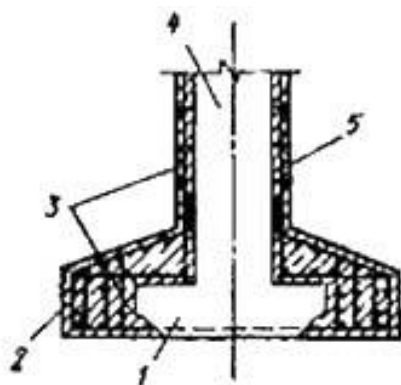


Рис. 11. Усиление фундаментов железобетонной «рубашкой»:  
1 – усиливаемый фундамент;  
2 – железобетонная «рубашка»; 3 – арматура усиления; 4 – усиливаемая

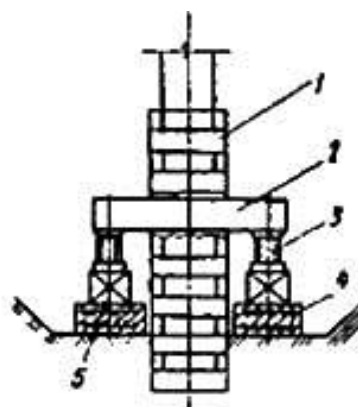


Рис. 12. Усиление ленточного фундамента подводкой: 1 – усиливаемый фундамент; 2 – разгружающая балка; 3 – подставка; 4 – распределительный ростверк; 5 – домкрат

колонна; 5 – обойма колонны

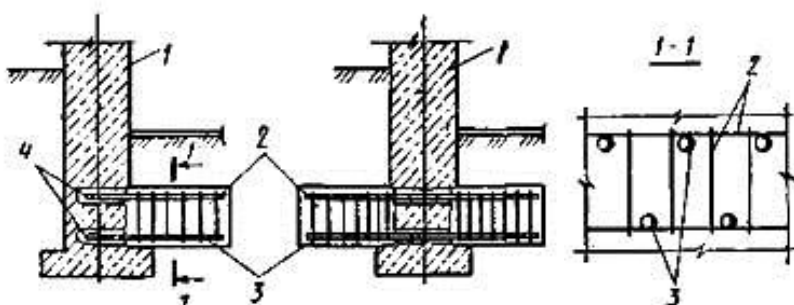


Рис. 13. Усиление ленточных фундаментов наращиванием:  
1 – усиливаемый фундамент; 2 – арматурный каркас наращивания; 3 – металлические трубы; 4 – шпury

Арматура оболочки образует пространственный каркас, и для обеспечения совместной работы старого фундамента с конструкцией усиления обязательно стыкуется на сварке с предварительно обнаженной арматурой усиливаемого фундамента. Рабочую арматуру «рубашки» устанавливают вдоль граней усиливаемого фундамента (рис. 11). Если, кроме усиления фундаментов требуется также усиление колонны, то бетонирование обоймы для колонны и «рубашки» следует выполнять одновременно. Если колонна не требует усиления, «рубашку» фундамента заводят выше нижней части колонны на величину не менее большей стороны колонны и не менее пяти толщин «рубашки». При усилении фундамента наращиванием, так же как и при устройстве «рубашек», необходимо обеспечивать стыковку на сварке оголенной арматуры старого фундамента с новой арматурой усиления. Одним из вариантов наращивания является передача части нагрузки с существующего фундамента на отдельные плиты с помощью металлических или железобетонных балок, пропущенных через отверстия в усиливаемом фундаменте (рис. 14).

В этом случае опорные плиты предварительно обжимаются с помощью домкратов или гравитационной нагрузкой до расчетной. Ленточные неармированные фундаменты могут наращиваться с помощью арматуры, заанкеренной в тело фундамента и обетонированной на расчетную ширину усиления (рис. 13). Подводка новых частей фундамента может осуществляться рядом с существующим (рис. 14). В этом случае нагрузка от несущего элемента передается на фундамент усиления через подкосы и металлическую (железобетонную) обойму.

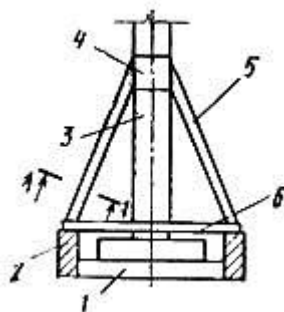


Рис. 14. Усиление фундаментов подводкой: 1 – усиливаемый фундамент; 2 – дополнительные фундаменты; 3 – колонна; 4 – металлическая обойма; 5 – металлические подкосы; 6 – элемент усиления

Усиление фундаментов с помощью свай осуществляется путем устройства свай по контуру существующего фундамента или под ним. Такое усиление применяется при

значительных и неравномерных осадках грунтов основания, при существенном увеличении нагрузок на фундаменты, для повышения устойчивости основания в случае приложения к фундаментам значительных горизонтальных сил и т. д.

Цельные сборные железобетонные сваи могут применяться, когда габариты здания позволяют разместить крупногабаритную сваебойную технику и когда динамические нагрузки при забивке свай не приводят к повреждениям окружающих конструкций. Иначе возможно осуществление вдавливания цельных свай в грунт с помощью гидродомкратов. Для восприятия значительных растягивающих усилий применяют винтовые сваи. Различные способы усиления могут применяться как при опирании фундаментов на естественное основание, так и на свайное при усилении ленточных и столбчатых фундаментов из различных материалов (рис. 15).

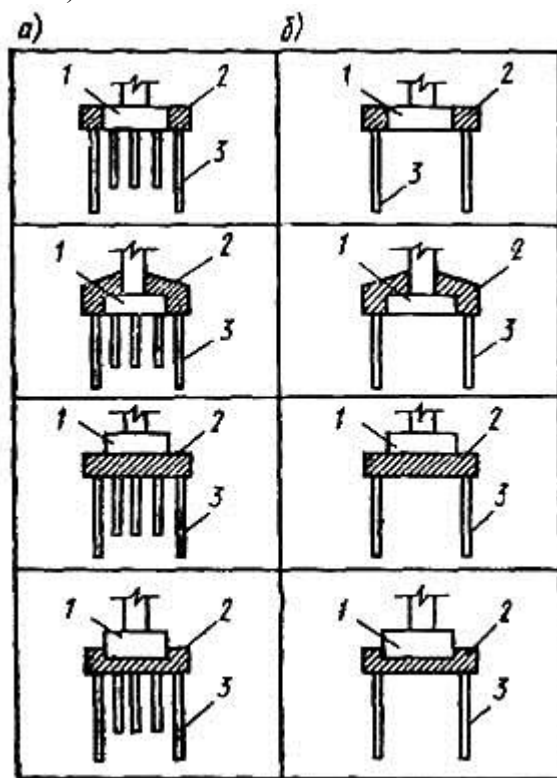


Рис. 15. Схемы усиления фундаментов на свайном (а) и естественном (б) основаниях: 1 – усиливаемый фундамент; 2 – ростверк усиления; 3 – сваи усиления

**Усиление стен и повышение жесткости коробки зданий.** Укрепление стен поясами и увеличение пространственной жесткости является эффективным приемом перераспределения нагрузок на основания и фундаменты. Широко используются в практике конструкции жестких поясов из прокатного металла. Основное назначение поясов – снять с кладки растягивающие напряжения и передать их на металл. Натяжение поясов производится вручную муфтами с обратными нарезками и осуществляется вручную с помощью рычага длиной 1,5 м с усилием 300...400 Н. Общее усилие натяжения составляет около 50 кН, его контроль осуществляется по отсутствию провисания тяжей, различными приборами, индикаторами, простукиванием (хорошо натянутый тяж издает чистый звук высокого тона).

Пояса устанавливают снаружи здания в уровне перекрытий, по углам зданий пояса связывают уголками. Пояса выполняют замкнутыми по контуру. Длина большей стороны поясов не должна превышать полутора короткой. Наибольшая длина поясов 15 – 18 м (рис. 16). Объемное обжатие может осуществляться для здания в целом или для его отдельной части. Тяжи могут располагаться по поверхности стен или в бороздах сечением 70x80 мм. После натяжения борозды заделываются цементным раствором; тяжи, расположенные по поверхности стен, также оштукатуриваются, образуя горизонтальные пояса, которые не

должны ухудшать архитектурный облик здания. Крепление тяжей осуществляется к вертикальным уголкам, устанавливаемым на цементном растворе на углах и выступах здания. Натяжение тяжей осуществляется с помощью стяжных муфт одновременно по всему контуру здания. Предварительно тяжи разогреваются автогеном, паяльными лампами или электронагревом.

По такой же схеме могут усиливаться стены полносборных зданий. Идея повышения жесткости эксплуатируемых зданий напряженными поясами может быть использована и при строительстве новых зданий. В этом случае пояса могут быть расположены в горизонтальных межпанельных швах (рис. 17).

В связи с тем что каменные конструкции испытывают в основном сжимающие усилия, наиболее эффективным способом их усиления является устройство стальных, железобетонных и армированных растворных обоев (рис. 18). Каменная кладка в обоеме работает в условиях всестороннего сжатия, при этом ее поперечные деформации значительно уменьшаются и, как следствие, существенно увеличивается сопротивление продольной силе.

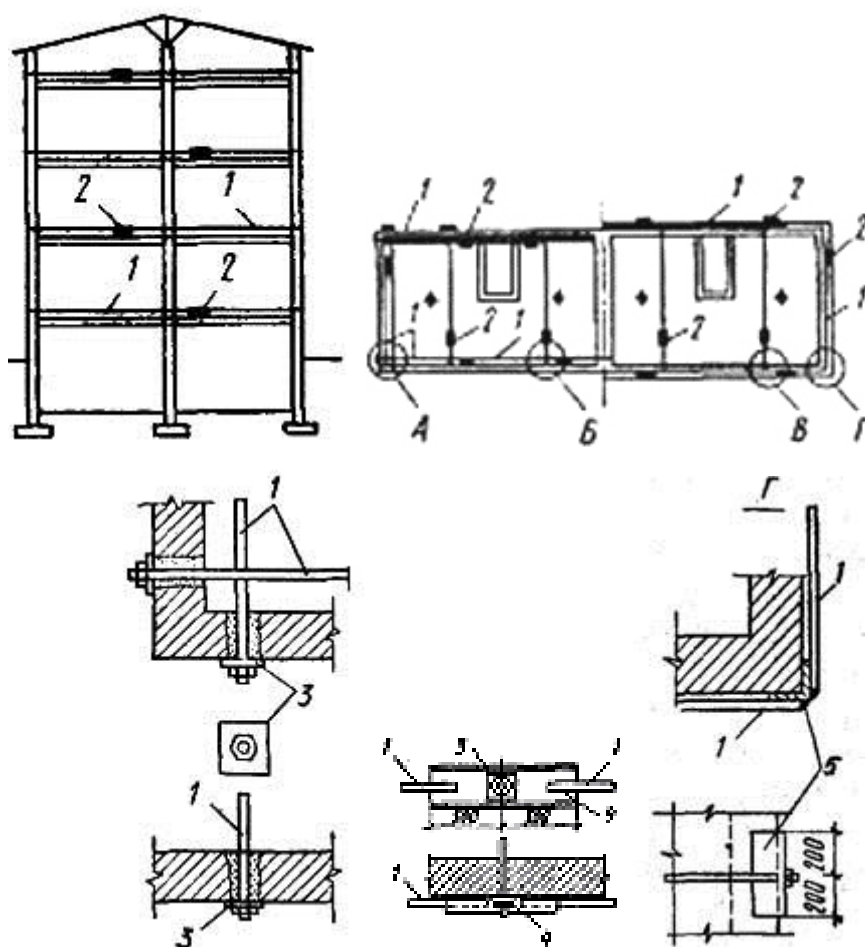


Рис. 16. Усиление стен объемным обжатием: 1 – тяжи; 2 – муфта натяжения; 3 – металлическая прокладка; 4 – швеллер № 16–20; 5 – уголок

Новые дополнительные опоры в реконструируемом здании служат одним из конструктивных решений для уменьшения нагрузок на существующие опоры. Они целесообразны при сплошной смене перекрытий и при больших (более 7,5 м) существующих пролетах. Устройство дополнительных опор широко используется при капитальном ремонте зданий. Наибольшее распространение имеют отдельно стоящие опоры. Фундаменты новых дополнительных опор могут выполняться как сборными, так и



монолитными. Они проектируются в соответствии с требованиями СНиП, причем особое внимание должно быть обращено на прогноз осадок.

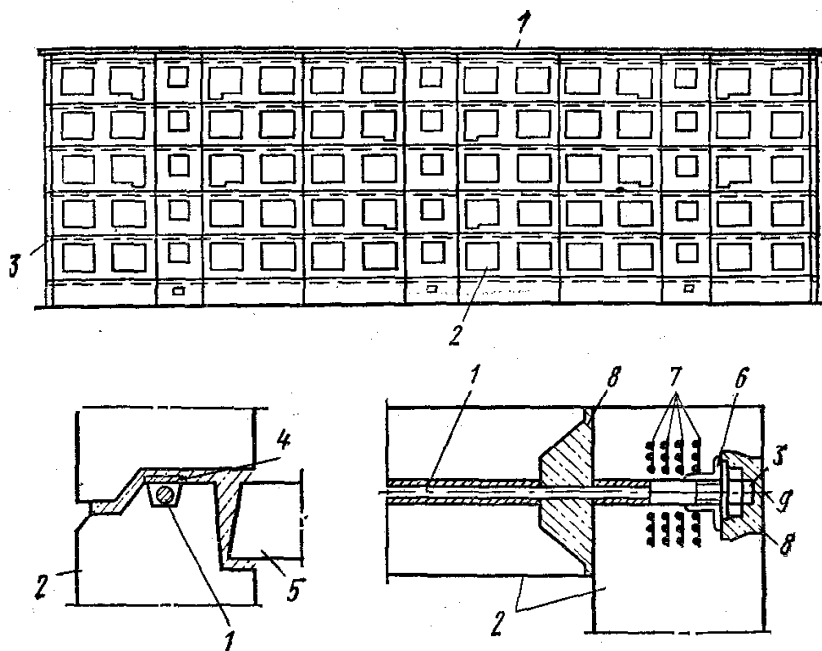


Рис. 17. Вариант технического решения повышения жесткости панельных зданий при строительстве: а – фасад; б – горизонтальный стык панелей; в – анкеровка тросов; 1 – трос; 2 – стеновая панель; 3 – анкер; 4 – закладная деталь; 5 – перекрытие; 6 – бетон в вертикальном стыке; 7–арматурная сетка; 8 – заделка бетоном; 9 – гайка с шайбой

Должны соблюдаться два условия: 1) предельные и средние осадки новых опор не должны превышать допустимых по нормам; 2) разность осадок соседних опор не должна превышать допустимой разности осадок. При опирании перекрытий на существующие и новые опоры условия проектирования последних более жесткие. Это объясняется тем, что осадки существующих опор стабилизируются, становятся практически равными нулю. Для соблюдения условия разности осадок соседних опор абсолютная осадка новой опоры должна быть не больше допустимой. Из этого условия и должны выбираться размеры фундамента новых опор.

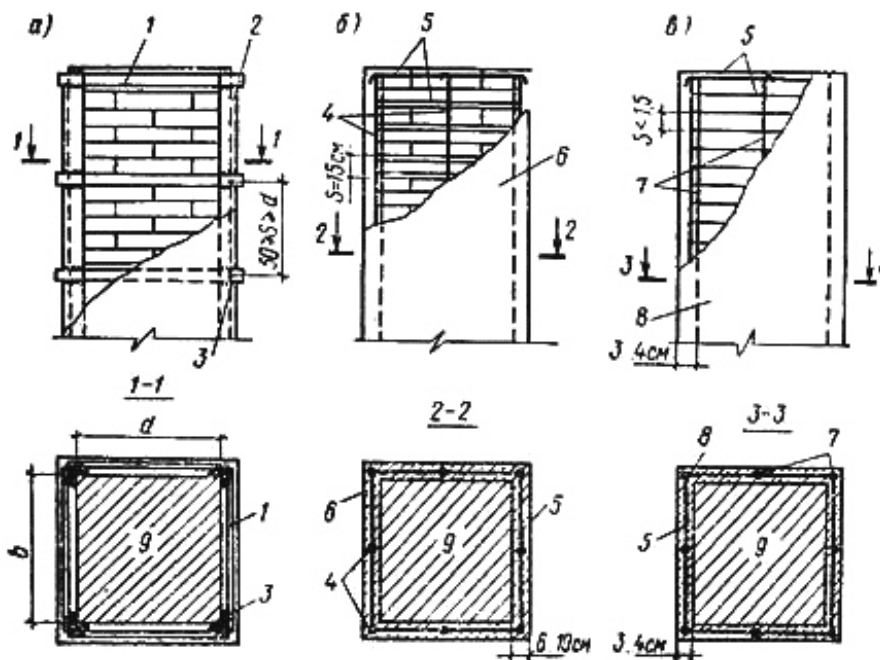


Рис. 18. Усиление каменных столбов стальной (а), железобетонной (б) и армированной раствором (в) обоймами: 1 – планки 35х5...60х12 мм; 2 – уголки; 3 – сварка; 4 – стержни  $d = 5...12$  мм; 5 – хомуты  $d = 4...10$  мм; 6 – бетон В12.5...В14; 7 – стержни  $d = 6...12$  мм; 8 – раствор марки 50...75; 9 – кладка

Кирпичные опоры под железобетонные или стальные перемычки при необходимости усиливают бандажами или обоймами, а при сильных повреждениях разбирают и перекладывают, предварительно установив под концами перемычек временные разгружающие стойки на клиньях. Усиление перемычек или устройство новой перемычки над проемом большего размера осуществляется путем подведения стальных балок, которые устанавливаются над проемом в вырубленные борозды и стягиваются между собой болтами. После разборки нового проема балки оштукатуриваются по металлической сетке. При нарушении совместной работы продольных и поперечных стен вследствие образования трещин рекомендуется устанавливать поперечные стальные гибкие связи диаметром 20...25 мм в уровне перекрытий, закрепив их к стенам с помощью распределительных прокладок из швеллеров или уголков.

**Методы усиления перекрытий.** Наиболее распространенным способом усиления отдельных элементов перекрытий является увеличение площади существующего сечения. Для металлических балок и прогонов – это наварка пластин на пояса балок в зоне, воспринимающей наибольший момент или монолитные утолщения железобетонных конструкций.

Усиление, опорных сечений может выполняться в виде «протезов» различных систем. На рис. 19 в качестве примера приведены способы усиления опорных частей ребристых плит покрытий. Если произошло нарушение заделки опоры поперечного ребра и оно оказалось вырванным из тела продольного ребра плиты, то эту опорную часть поперечного ребра можно «подхватить» с помощью коромысловой балочки, крепящейся к поперечному ребру смежной плиты (рис. 19,а). Подтяжка осуществляется с помощью болтов, охватывающих ребра и пропускаемых через просверленные в полке плиты отверстия. При наличии трещины по всему контуру поперечного ребра или при вырыве обоих их концов оно подхватывается у опор и подтягивается V-образными хомутами к стальной балке, опирающейся сверху на продольные ребра плиты (рис. 19,б). При обнаружении дефектов в приопорных зонах продольных ребер плит или при наличии местной нагрузки, превышающей несущую способность ребер по поперечной силе, можно выполнить усиление дополнительными наружными болтами-хомутами (рис. 19,в).

Предварительно швы между усиливаемыми смежными ребрами соседних плит должны быть тщательно забетонированы. Включение хомутов в работу осуществляется подтяжкой гаек.

При недостаточной длине опирания плит на прогоны их усиление может быть обеспечено путем установки двухконсольных обрезков из спаренных швеллеров и двутавров № 12–14 согласно рис. 19,г. Включение этих обрезков в совместную работу с панелями обеспечивается их подклинкой или расчеканкой. Такая схема усиления рекомендуется и для перегруженных панелей. Длина консолей определяется при этом по расчету (рис. 19,д). Напряжение консоли до заданного значения создается подвеской соответствующего расчетного груза и последующей ее подклинкой.

Для усиления панелей, опертых на торцевые стропильные балки, чаще всего применяют металлические балки такой же длины, как и панели.

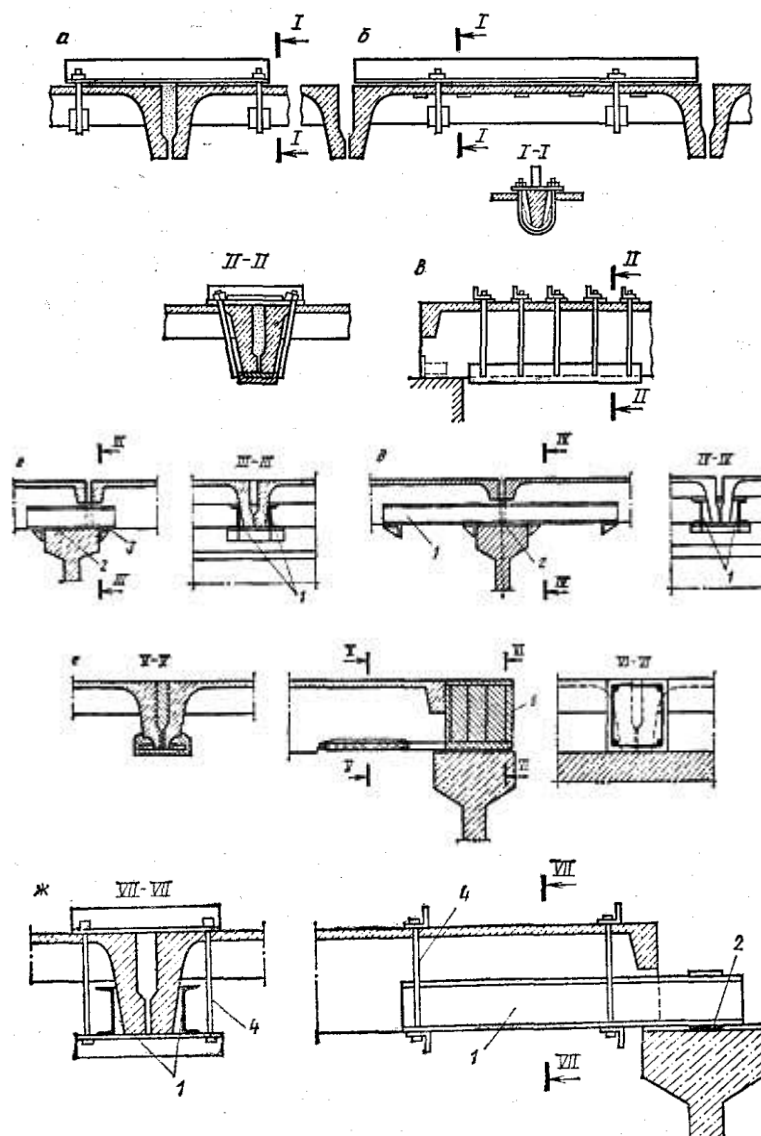


Рис. 19. Усиление конструкций (а – опорных частей ребристых плит с помощью балки; б – подвеска плит; в – хомутами; г – увеличение площади опирания плит на прогоны; д – усиление ребер несущих панелей (балок–стенок); е, ж – увеличение площади опирания плит на торцевые балки; 1 – стальные балки; 2 – центрирующие подкладки; 3 – место подклинки; 4 – болты; 5 – каркас, связанный с арматурой панели

При дефектном или недостаточном опирании панелей на торцевые балки можно удлинить опору путем бетонирования участка у торца панели (рис. 19,е) или установкой на болтах консольной балки из двух швеллеров (рис. 19,ж).

Наиболее эффективным способом устранения деформаций конструкций, работающих на изгиб, является усиление затяжками (рис. 20). Для повышения несущей способности искусственно создают напряжения, противоположные по знаку напряжениям от эксплуатационной нагрузки. Наиболее простым способом является устройство напряженных затяжек. При устройстве напряженных затяжек усиливаемые элементы изменяют свою первоначальную конструктивную схему. Благодаря этому изгибаемые элементы обычно становятся внецентренно сжатыми, причем на их опорах создаются дополнительные изгибающие моменты, которые, в свою очередь, влияют на первоначальные моменты. Придание затяжкам дополнительного натяжения позволяет надежно включать их в совместную работу с усиливаемыми элементами. В существующих кирпичных зданиях возможно преобразование условий защемления стальных балок в кирпичных стенах (рис. 21). Особенно это удобно выполнить при устройстве жестких поясов. Для железобетонных

конструкций возможно этим конструктивным приемом добиться уменьшения расчетного пролета и соответственно момента (рис. 22). Иногда также применяют усиление в виде шпренгельных ферм, в котором в качестве верхнего пояса используются существующие конструкции (рис. 23). Этот метод усиления эффективен при больших перегрузках существующих элементов. Выполнение усиления не представляет больших сложностей, так как элементы шпренгельной фермы изготавливают отдельно в заводских условиях и на площадке производят их монтаж. На рис. 23,б представлена схема усиления шпренгельной фермой плиты перекрытия холодильника во Львове.

**Усиление балок, ригелей и колонн.** Одним из наиболее простых способов усиления изгибаемых стержневых конструкций является подведение под них жестких или упругих опор. Этот способ рекомендуется, если дополнительные опоры не препятствуют технологическому процессу.

Жесткие опоры могут располагаться на отдельных или существующих фундаментах. Последнему следует отдавать предпочтение, даже если это потребует усиления фундаментов. Дело в том, что при дополнительных фундаментах трудно избежать осадок

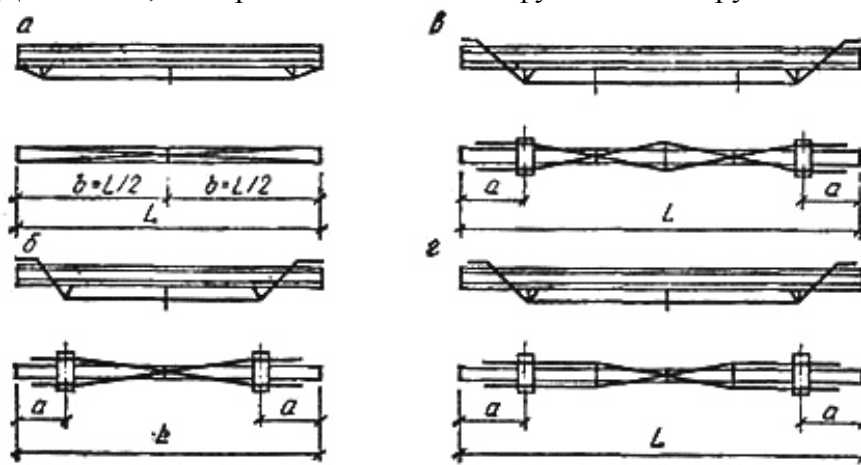


Рис. 20. Устранение прогиба напряженной затяжкой: а-г – варианты конструкций (фасад и вид снизу); д – узел анкерки тяжей

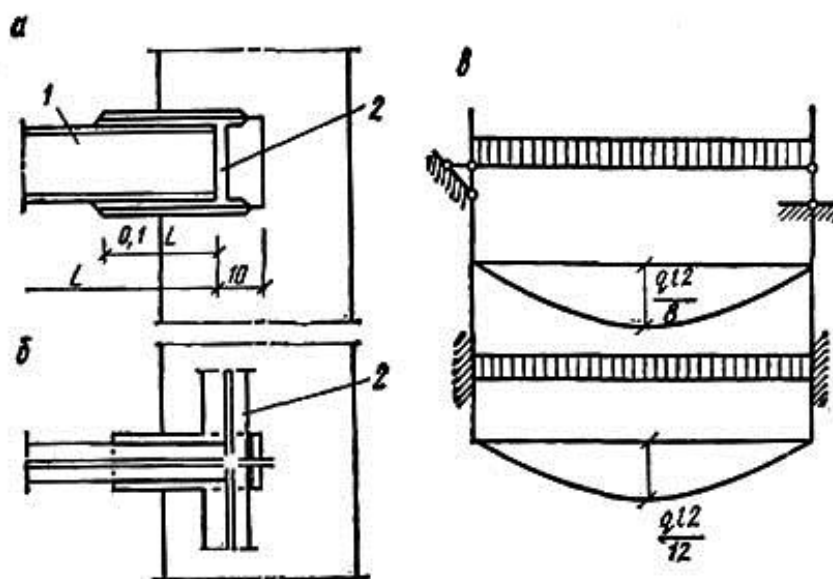


Рис. 21. Превращение шарнирной опоры в жесткую: а – фасад; б – план; в – расчетная схема; 1 – существующая балка; 2 – анкер

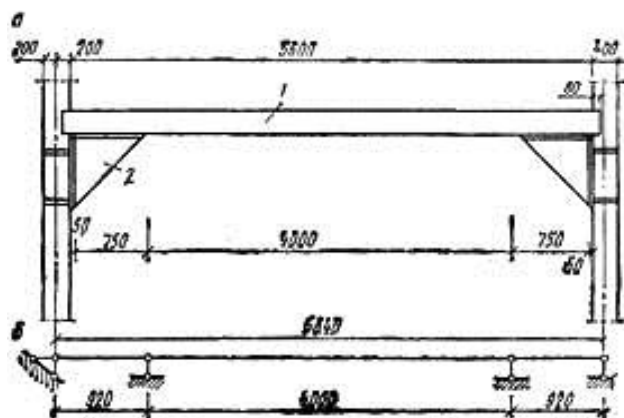


Рис. 22. Усиление балки изменением расчетной схемы: а – конструкция; б – расчетная схема; 1 – существующая балка; 2 – подводка консоли

опор и, как следствие, их плохого включения в работу усиливаемой конструкции. В качестве контрмеры рекомендуется предварительное обжатие грунта под фундаментом усилием, равным расчетной нагрузке. На рис. 24 и 25 приведены примеры усиления балок и ригелей подведением жестких опор, которые могут выполняться как в металле, так и в железобетоне. Важным моментом при таком усилении является включение элементов усиления в работу усиливаемой конструкции. Это достигается путем установки клиновидных прокладок, подъемом усиливаемой конструкции с помощью горизонтально расположенных домкратов, натяжением металлической затяжки посредством натяжной муфты и другими способами.

Дополнительные упругие опоры под усиливаемые изгибаемые элементы обычно выполняют в виде металлических балок или ферм, которые устанавливаются с некоторым зазором под конструкцией на общие с ней или отдельные опоры. В зазоре располагают металлические прокладки или распорные болты. В качестве упругих дополнительных опор могут быть также рекомендованы гибкие тязи, подвешиваемые к вышележащим конструкциям, если они не препятствуют технологическому процессу. Натяжение тязей осуществляется с помощью гаек и натяжных муфт или электротермическим способом.

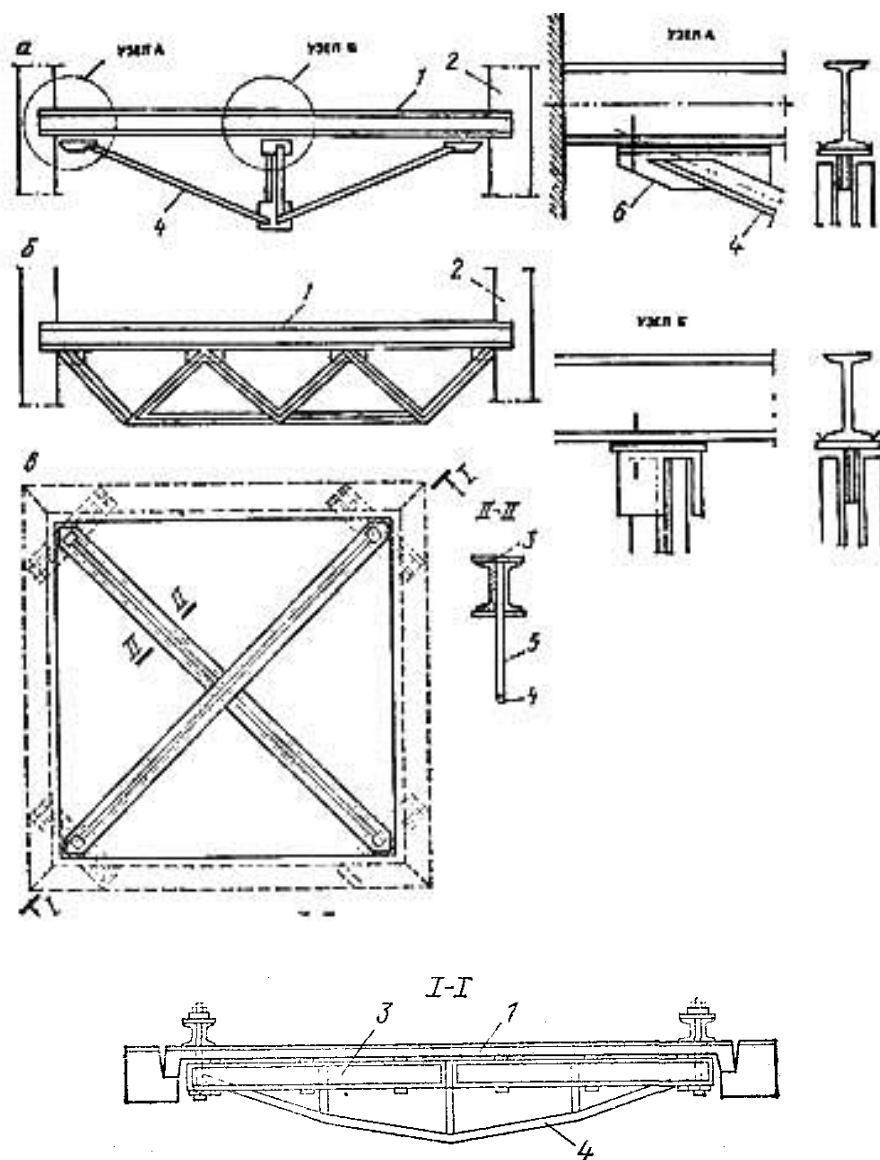


Рис. 23. Усиление конструкций перекрытий шпренгелем а, б – варианты усиления стальной балки; в – усиление железобетонной плиты, опёртой по контуру; 1 – существующая конструкция перекрытий; 2 – существующая конструкция стен; 3 – верхний пояс; 4 – нижний пояс; 5 – стойка; 6 – анкер

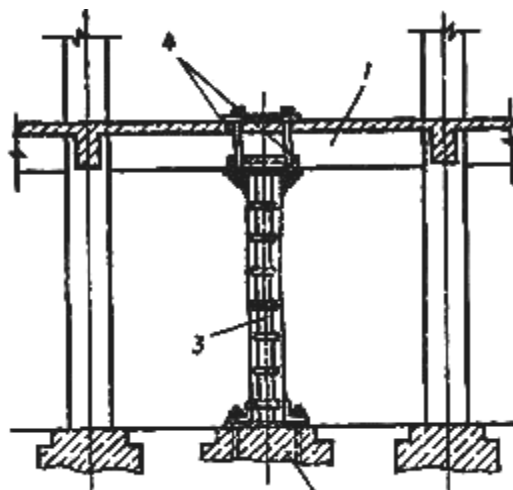


Рис. 24. Усиление балки подведением жесткой опоры: 1 – усиливаемая балка; 2 – дополнительный фундамент; 3 – колонна усиления; 4 – болты

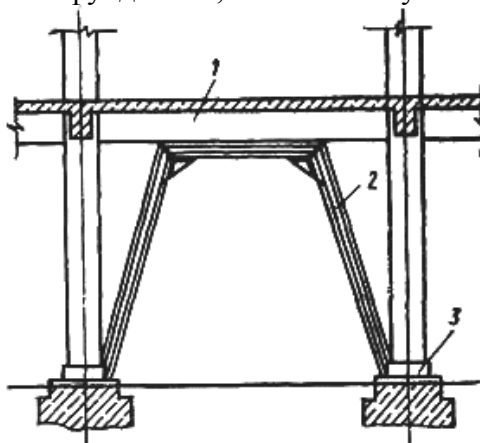


Рис. 25. Усиления ригеля жестким порталом: 1 – усиливаемый ригель; 2 – жесткий портал; 3 – металлический бандаж

При возможности разгружающие конструкции следует устанавливать сверху разгружаемых (рис. 26, 27), обеспечивая между ними зазор для свободного прогиба элементов усиления. Если это, невозможно по технологическим причинам, разгружающие конструкции подводят или подвешивают снизу. В этом случае передача нагрузки осуществляется с помощью стоек, пропущенных через отверстия, в разгружаемом перекрытии.

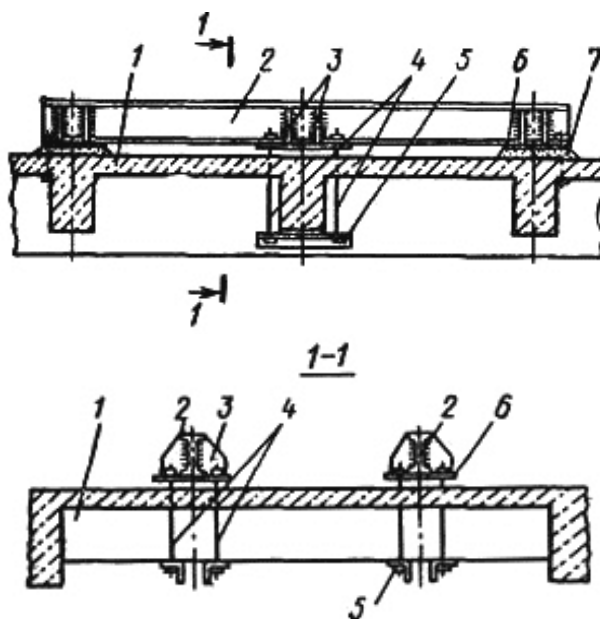


Рис. 26. Усиление балки и плиты перекрытия металлическими балками сверху: 1 – разрушаемая балка; 2 – металлическая балка; 3 – ребра жесткости; 4 – тяжи; 5 – планка; 6 – опорные листы; 7 – опорные подушки

Усиление сжатых зон изгибаемых (и внецентренно сжатых) элементов, возможно, осуществлять торкретбетоном толщиной до 30 мм, который наносится на очищенную и промытую бетонную поверхность старого бетона, обернутую сеткой с ячейкой 30...60 мм из проволоки диаметром 1...2 мм, прикрепленной к конструкции дюбелями с помощью строительного пистолета.

При тщательном соблюдении перечисленных рекомендаций обеспечивается надежное сцепление «нового» и «старого» бетона, в результате сечение конструкции и, как следствие, ее несущая способность увеличиваются. Более существенного повышения

несущей способности элементов возможно добиться увеличением площади сечения арматуры (наращивание сечения) приваркой дополнительной продольной арматуры тех же классов. После установки дополнительной арматуры производится ее торкретирование или заделка цементной штукатуркой, при этом сечение элемента увеличивается на 20...80 мм (рис. 28).

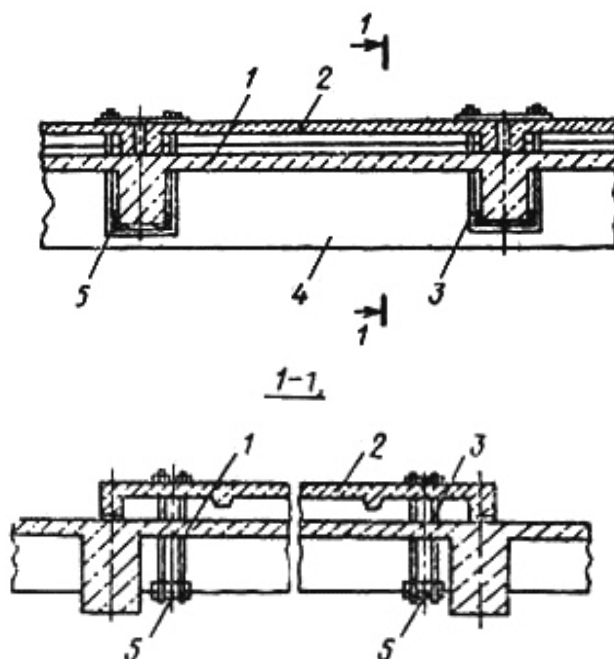


Рис. 27. Разгрузка монолитной железобетонной плиты ребристой железобетонной плитой: 1 – разгружаемая плита; 2 – конструкция усиления; 3 – элементы крепления; 4 – ригель; 5 – прокладки

Для совместной работы с железобетонной конструкцией металлоконструкции усиления должны быть обязательно приварены к существующей арматуре. С этой целью угловые стержни арматурного каркаса оголяются на ограниченных участках длиной 6... 12 см с шагом 60...120 см (рис. 28,б).

Распространенным способом усиления изгибаемых железобетонных элементов является устройство «рубашек» – незамкнутых с одной стороны обетонков. Этот способ рекомендуется при усилении балок ребристых перекрытий и т.п. (рис. 29 и 30).

Одним из наиболее простых способов усиления изгибаемых монолитных и сборных железобетонных конструкций, осуществляемых без разгрузки, является установка дополнительной арматуры, которая может иметь горизонтальное или шпренгельное очертание (рис. 32). Одним из наиболее эффективных способов усиления железобетонных колонн является устройство железобетонных или металлических обойм.



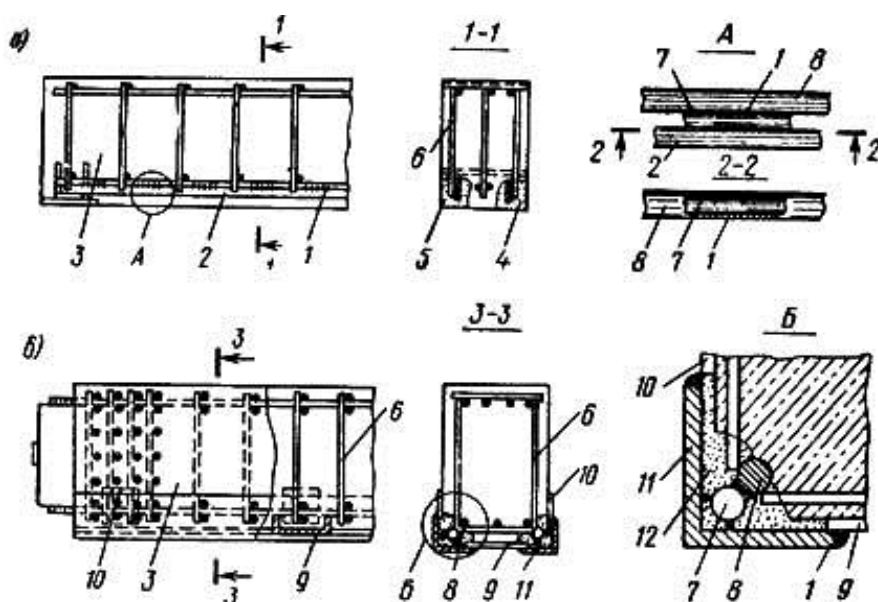


Рис. 28. Усиление балок полуобоймами: а – добавление стержневой арматуры; б – усиление наружной уголкового обоймы, приваренной к существующей арматуре; 1 – сварные швы; 2 – добавочная арматура усиления; 3 – усиливаемый элемент; 4 – сколотый бетон защитного слоя угловых стержней с последующим его восстановлением; 5 – защитное покрытие из перхлорвинилового лакокрасочного материала; 6 – поперечные стержни крайних сварных каркасов; 7 – стержни – прокладки-коротыши; 8 – угловые стержни крайних сварных каркасов; 9 – соединительные планки обоймы; 10 – боковые листовые прокладки; 11 – уголки обоймы; 12 – пространство, заполненное цементным раствором; 13 – листовая диагональная прокладка

Усиление обоймами особенно рационально для колонн с небольшой гибкостью ( $\lambda < 14$ ). В изгибаемых элементах обоймы рекомендуются в исключительных случаях (например, при значительной коррозии арматуры), так как усиление по всему периметру изгибаемого элемента нерационально с конструктивной точки зрения и требует значительных трудозатрат при производстве работ. Наиболее простым типом железобетонных обойм являются обоймы с обычной продольной и поперечной арматурой без её связи с арматурой усиливаемой колонны (рис. 32).

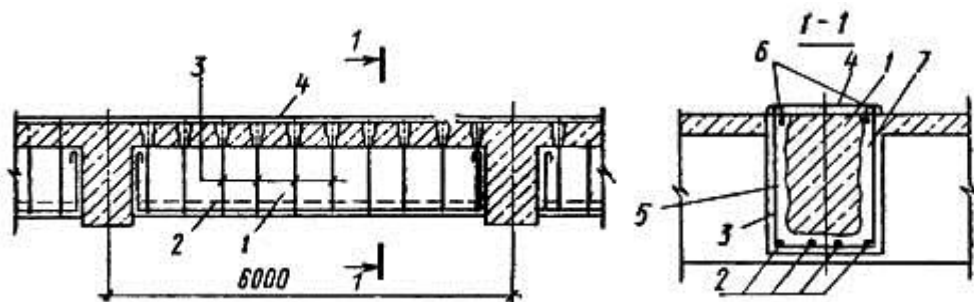


Рис. 29. Усиление балки «рубашкой»: 1 – усиливаемая балка; 2 – рабочая арматура; 3 – хомуты; 4 – стяжка; 5 – насечка; 6 – монтажная арматура «рубашки»; 7 – «рубашка»

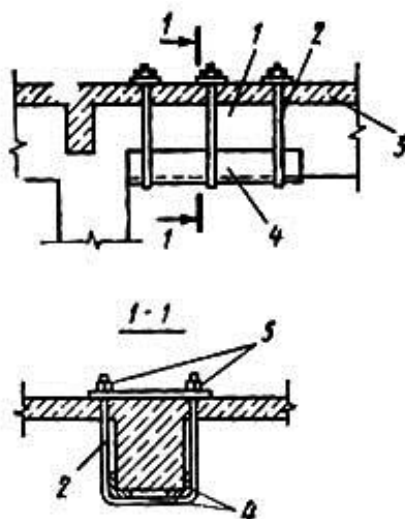


Рис. 30 . Усиления балок по наклонному сечению хомутами: 1 – усиливаемая балка; 2 – хомуты; 3 – плита перекрытия; 4 – упорные уголки; 5 – гайки

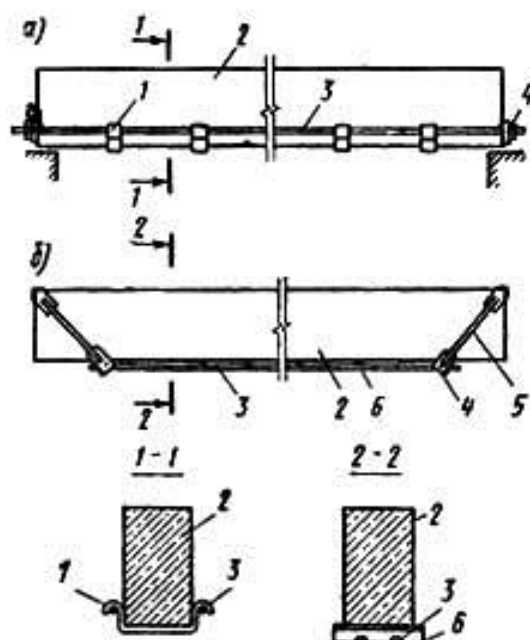


Рис. 31. Усиления балок предварительно напряженной арматурой: а – линейной; б – спиральной; 1...3, 6 – соединительные элементы (2 – усиливаемая балка; 3 – напрягаемая арматура); 4 – натяжное приспособление; 5 – наклонные ветви опорного устройства

При таком способе усиления важно обеспечить совместную работу «старого» и «нового» бетона, что достигается тщательной очисткой поверхности бетона усиливаемой конструкции пескоструйным аппаратом, насечкой или обработкой металлическими щетками, а также промывкой под давлением непосредственно перед бетонированием. Для улучшения адгезии и защиты бетона и арматуры в агрессивных условиях эксплуатации рекомендуется применение полимербетонов.

Поперечная арматура железобетонной обоймы может быть выполнена в виде спиральной обмотки (рис. 33) из проволоки диаметром не менее 6 мм.

При этом спирали в плане должны быть круглыми и охватывать всю рабочую продольную арматуру. Расстояние между ветвями спирали должно быть не менее 40 мм и не более 100 мм, но и не более 0.2 диаметра сечения ядра обоймы.

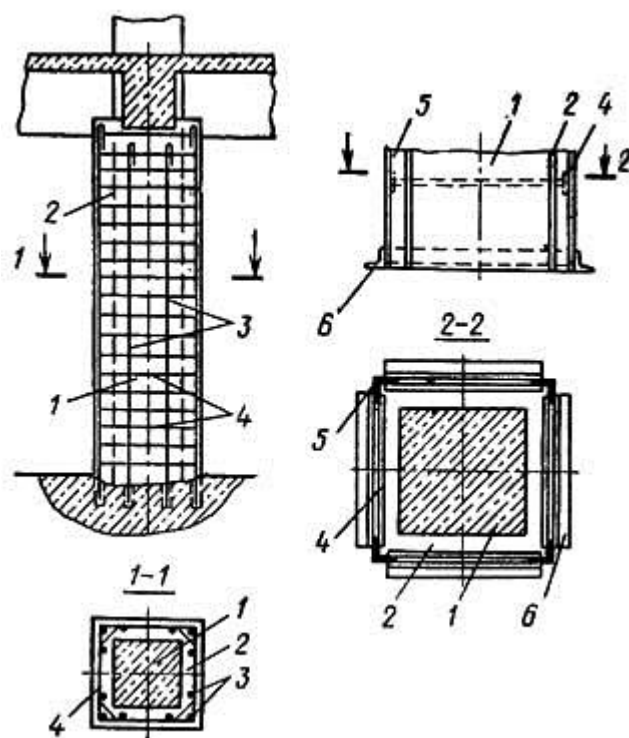


Рис. 32. Усиление колонны железобетонной обоймой: 1 – усиливаемая колонна; 2 – обойма; 3 – продольная арматура обоймы; 4 – поперечная арматура обоймы; 5 – жесткая продольная обойма; 6 – опорные уголки

При невозможности увеличения сечения колонн и сжатых сроках производства работ по усилению рекомендуются металлические обоймы из уголков, устанавливаемых по граням колонн, и соединительных планок между ними (рис. 34). Эффективность включения металлической обоймы в работу колонны зависит от плотности прилегания уголков к телу колонны и от предварительного напряжения поперечных планок.

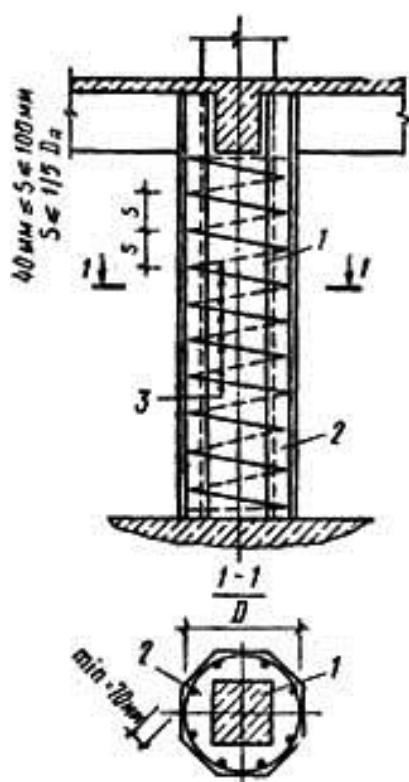


Рис. 33. Усиление колонны обоймой со спиральной арматурой: 1 – усиливаемая колонна; 2 – обойма; 3 – спиральная арматура

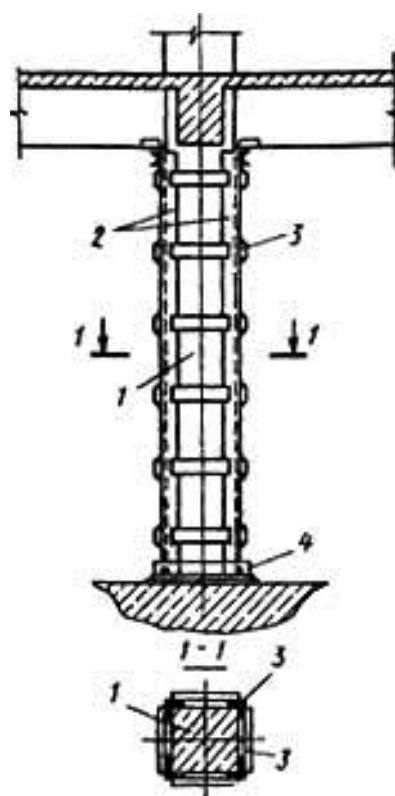


Рис. 34. Усиление колонны металлическими обоймами: 1 – усиливаемая колонна; 2 – ветви обоймы; 3 – планки обоймы; 4 – опорный уголок

## 8. Методы ремонта и усиления конструкций мостов

Существующие способы ремонта железобетонных пролетных строений можно разделить на два вида: 1) направленные на обеспечение долговечности конструкций и 2) восстанавливающие грузоподъемность. В соответствии с указанными способами ремонта применяют и свои методы ведения работ, оборудование и материалы.

Для герметизации мелких трещин применяют покрытие бетонных поверхностей битумным лаком, а крупные трещины перед затиркой цементным раствором разделять на глубину до нескольких миллиметров. Разделка трещин перед затиркой цементным раствором в известной мере повышает эффективность герметизации, однако не настолько, чтобы исключить повторные ремонты. В последние годы в ряде научно-исследовательских организаций проводятся исследования, связанные с созданием новых способов заделки трещин, а для работников служб пути разработаны (ЦНИИ МПС) Указания по защите от коррозии и заделке повреждений бетонных и железобетонных конструкций мостов, 1966 г. Основные положения этого указания сводятся к следующему. Прежде чем приступить к ремонту участков пролетных строений с видимыми дефектами (трещины, отслоения, сколы и т. п.), необходимо тщательно освидетельствовать работу водоотводных устройств (гидроизоляция, трубки, желоба, сливы, перекрытие деформационных швов и т. п.) и привести их в состояние, исключающее проникание воды в тело конструкции. Без этого только ремонт дефектов не эффективен.

Выбор способа ремонта (технология, материал) зависит от характера дефектов, которые по влиянию на конструкцию могут быть разделены на три группы:

– не снижающие прочности и долговечности конструкции (мелкие поверхностные раковины, трещины раскрытием не свыше 0,2 мм, сколы бетона без оголения арматуры и т. п.);

– снижающие долговечность конструкции (трещины раскрытием более 0,2 мм, раковины и сколы с оголением арматуры, поверхностная и глубинная коррозия бетона и т. д.);

– снижающие несущую способность конструкции (наклонные трещины в стенках балок, горизонтальные трещины в сопряжении плиты и стенки пролетных строений, раковины и пустоты в бетоне и др.).

Дефекты первой группы не требуют принятия мер срочного характера, однако в профилактических целях их следует устранять при текущем содержании. При дефектах второй группы ремонт надлежит предусматривать обеспечение долговечности сооружения, а поэтому применяемые при этом материалы должны иметь высокачественные защитные характеристики. При дефектах третьей группы ремонт производят с целью восстановления несущей способности конструкции, и к применяемым при этом материалам и технологии предъявляются требования обеспечения прочностной заделки.

В упомянутом указании рецептура материалов и технология производства ремонтных работ ориентированы на устранение дефектов первой и главным образом второй группы. Рекомендуемые для этих целей материалы подразделяют на две группы. К первой группе относят составы, которые после схватывания с бетоном образуют жесткие покрытия, по своим свойствам близкие к цементному камню. Эти составы применяют для устранения дефектов на участках конструкций с небольшими деформациями, в том числе трещин, меняющих раскрытие от действия временной нагрузки и температуры не свыше 0,1 мм, а также некоторых трещин в предварительно напряженных пролетных строениях вдоль стержневой арматуры и большинства усадочных. Вторую группу составляют резиноподобные эластичные составы, не разрушающиеся при значительных деформациях. Эти составы (эластичные герметики) используют в том числе инъектированием, для герметизации трещин, изменяющих раскрытие от действия временной нагрузки и температуры более 0,15 мм. Такие трещины могут быть в стыках элементов сборных конструкций, поперечные в растянутой зоне балок, вблизи опорных частей и т. д.

Из жестких составов применяют цементные растворы и бетоны с полимерными добавками, а также составы на основе некоторых видов синтетических смол, например эпоксидных. К эластичным покрытиям относят покрытия типа «герметик», образуемые на основе синтетического каучука (жидкий тиокол), найритовые и каучуко–битумные композиции. Для защиты пролетных строений от коррозии в агрессивной атмосфере используют покрытия на основе эпоксидной, перхлорвиниловой смол и кремнийорганических лаков. Для сплошной окраски конструкций с целью придания им декоративного внешнего вида рекомендуется использовать полимерцементные краски, состоящие из цемента, водной поливинилацетатной эмульсии или синтетического латекса и воды.

*Подготовка дефектных участков конструкции к ремонту.* Участки бетонной поверхности конструкции, на которую предстоит нанести покрытие, прежде всего расчищают до плотного бетона, при этом острые выступы снимают механическим способом (зубилом, молотком, стальными щетками, скребками). Особенно тщательно обрабатывают участки с отслоениями бетона, шелушением и в зонах коррозии арматуры. Для механической обработки бетонных поверхностей рекомендуется применять гидropескоструйную очистку. После механической обработки поверхности желательно продувать сжатым воздухом.

Загрязненную маслами, асфальтом, цементным молоком и др. поверхность бетона подвергают химической обработке 10% раствором каустической соды, бензином, ацетоном и другими растворителями. После применения каустической соды поверхность следует тщательно промыть водой, желательно под напором. Трещины с большим раскрытием, подлежащие заделке, предварительно разделявают на клин под углом 45 – 60° или в виде

прямоугольника на глубину до 30 мм (рис. 35). В последнем случае обеспечивается более высокое качество ремонта.

На участках конструкции с большими отколами бетона и обнажениями арматуры устанавливают арматурные сетки с прикреплением их к основной арматуре. Размеры ячеек сеток и диаметр стержней (проволоки) выбирают исходя из величины поврежденного участка. Обнаженную арматуру, особенно если она поражена коррозией, очищают до чистого металла металлическими щетками или пескоструйным способом. Перед нанесением полимерцементных составов поверхность бетона увлажняют, чтобы уменьшить отсос воды из покрытия в тело конструкции. Если участки конструкции ремонтируют с применением синтетических смол, то перед их нанесением бетон тщательно просушивают, а во время нанесения покрытия принимают меры, исключающие попадание воды на ремонтируемые участки.

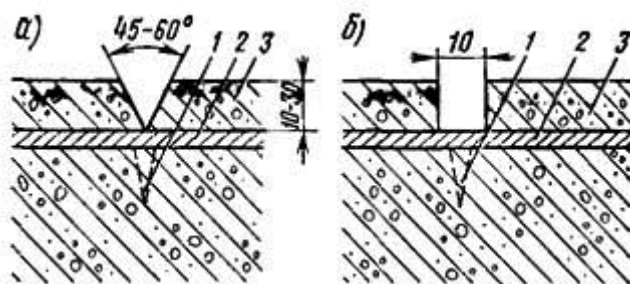


Рис.35. Схема разделки трещин: а – на клин; б – на прямоугольник; 1 – трещина; 2 – арматура; 3 – защитный слой бетона

С целью более экономного расхода покрытий рекомендуется неровные ремонтируемые участки предварительно шпаклевать. Это в первую очередь относится к покрытиям на основе синтетических смол, как относительно более дорогим. Подготовку ремонтируемых поверхностей в случае предварительного нанесения шпаклевки выполняют, как указано ранее. Трещины и пустоты в бетоне, в которые предусмотрено инъектирование составов, предварительно продувают сжатым воздухом и промывают водой. Для инъектирования растворов в глубь конструкции применяют специальные инъекционные трубки (трубчатые инъекторы), прижимные инъекторы (губки).

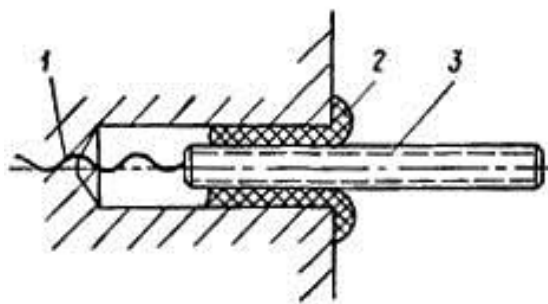


Рис. 36. Трубчатый инъектор: 1 – трещина; 2 – обмазка эпоксидным клеем; 3 – трубка;

Количество трубок и расстояние между ними назначают в зависимости от характера трещины (длина, раскрытие), но в любом случае их располагают не далее 50 см одна от другой. Для контроля заполнения трещин при возможности трубки устанавливают с внутренней и наружной сторон конструкции (при сквозных трещинах). Конструкция трубок может быть различной в зависимости от характера дефекта, режима нагнетания и т. п. Не исключается и применение трубок из эластичных материалов (резиновые, хлорвиниловые и

др.). Трубки вставляют в рассверленные в бетоне (по трещине) отверстия (лунки) и герметизируют, например, эпоксидным составом. Конструкция простейшего трубчатого иньектора представлена на рис. 36. Участки трещины между трубками, прижимными иньекторами должны быть загерметизированы, например, промазкой эпоксидным клеем, наклейкой лент из стекло– или хлопчатобумажной ткани и т. п. Возможны и другие способы поверхностной герметизации трещин, но в каждом случае они должны обеспечивать хорошее глубинное проникание составов в трещину.

Трещины, изменяющие ширину раскрытия от действия временной нагрузки и температуры более чем на 0,15 мм, рекомендуется заделывать эластичными герметиками, которые наносят на разделанные трещины или нагнетают вглубь через прижимные или трубчатые иньекторы. Эластичные герметики образуют на основе жидких тиоколов (полисульфидный каучук) с введением вулканизатора, ускорителя твердения и пластификатора.

На поверхность конструкции эластичный герметик наносят кистью, шпателем, а нагнетают в глубь трещин при помощи ручных и пневматических шприцев. Тиоколовые герметики вулканизируются при положительной температуре и обладают хорошей адгезией к бетону и долговечностью.

Необходимость в усилении железобетонных мостов, имеющих как правило, достаточную грузоподъемность (это относится и к старым мостам), возникает весьма редко.

Все же в отдельных случаях может потребоваться усиление железобетонных балочных пролетных строений, причем в первую очередь по несущей способности главных балок по нормальным, а также главным растягивающим напряжениям.

Способы усиления пролетных строений выбирают с учетом ряда обстоятельств, например состояния основных элементов, уровня усиления, условий производства работ и т. п.

Усиление железобетонных пролетных строений осуществляют либо увеличением сечения их элементов, либо изменением системы.

При небольшом усилении (10 – 15%) увеличение рабочих сечений балок может быть обеспечено добавлением арматуры, привариваемой к стержням нижнего ряда. Для этого удаляют защитный бетонный слой до половины стержней нижнего ряда и к ним приваривают добавляемые стержни через коротыши длиной 10 – 20 см (рис. 37,а), после чего бетон нижнего пояса восстанавливают торкретированием. В этом случае высота балки почти не увеличивается, а грузоподъемность ее повышается за счет добавляемой арматуры, которая, как это понятно, будет работать на усилия от временной нагрузки.

Более существенного повышения грузоподъемности пролетного строения (15 – 35%) достигают увеличением высоты балок (до 20 см) и площади рабочей арматуры приваркой каркаса (рис. 37,б), состоящего из продольных, наклонных стержней и коротких хомутов. Добавляемую арматуру после удаления защитного слоя приваривают к существующей посредством наклонных коротышей. Хомуты, объемлющие добавляемую арматуру, верхними концами также приваривают. При этих работах во избежание пережога арматуры в местах сварки стержни диаметром менее 12 мм не применяют. После установки арматурного каркаса зону усиления бетонируют в опалубке бетоном на мелком щебне или цементно–песчаным раствором марки не ниже 300. Бетон заполнения подают через загрузочные воронки сбоку под напором столба до 1 м и уплотняют наружными вибраторами, закрепляемыми на опалубке. Для обеспечения хорошего сцепления старого и нового бетонов поверхность тщательно обрабатывают. Рекомендуется на контакте между старым и новым бетоном (до бетонирования) нанести эпоксидно–тиоколовую клеевую или полимерцементную прослойку толщиной до 1 мм. Бетоны надо применять пластичные по возможности на быстротвердеющих, безусадочных и расширяющихся цементах.

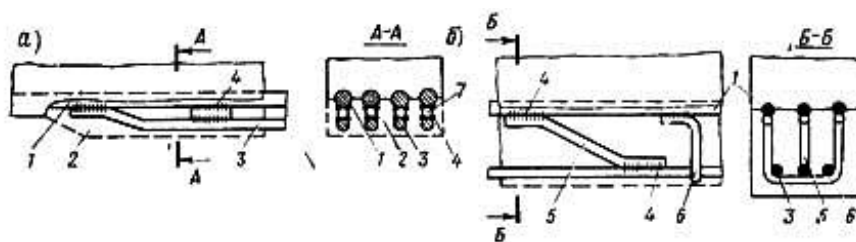


Рис. 37. Усиление железобетонных балок путем постановки дополнительной арматуры: а – с приваркой стержней через коротыши; б – с приваркой каркаса; 1 – существующая арматура; 2 – зона усиления; 3 – арматура усиления; 4 – сварка; 5 – наклонный коротыш; 6 – прямой хомут; 7 – коротыш

Главные балки ребристых пролетных строений усиливают увеличением толщины стенок и сечения нижнего пояса. При этом можно увеличить площадь как основной рабочей арматуры, так и бетона и арматуры стенок балок. Этим способом на одном из мостов были усилены балочные пролетные строения длиной 15 м, имевшие большое количество поперечных и наклонных трещин. Главные балки этих пролетных строений заключили в железобетонную «рубашку» толщиной снизу 20 см и с боков по 5 см (рис. 38). Добавленная арматура диаметром 36 мм состояла из стержней, приваренных к существующим, отгибаемых вверх по боковым граням балок и обрываемых в растянутой зоне. По боковым граням балок установили горизонтальные стержни диаметром 12 мм, привязав их к хомутам, охватывающим дополнительно поставленную арматуру в нижней зоне. Хомуты верхними концами приварили к арматуре плиты, а нижними – к рабочей арматуре балок. «Рубашку» бетонировали в деревянной опалубке. Для лучшего включения элементов усиления в работу от внешних нагрузок целесообразно добавляемую арматуру предварительно натягивать.

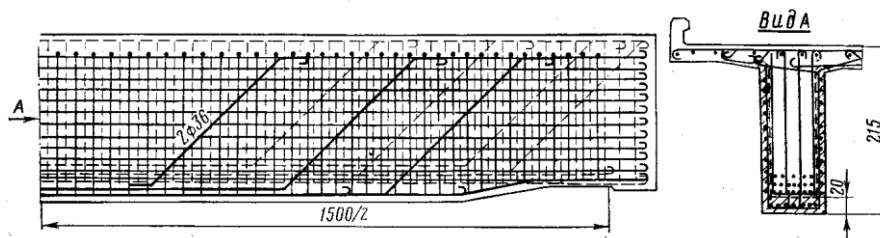


Рис. 38. Усиление пролетного строения железобетонной оболочкой (на фасаде балки показана только арматура усиления)

Возможности усиления железобетонных мостов изменением их системы ограничены. По соображениям конструктивного порядка, а также из требований минимального ограничения в движении поездов во время ведения ремонтных работ целесообразно применять для усиления шпренгели (рис. 39). Шпренгели образуют из двух ветвей, располагаемых симметрично по отношению к ребру каждой балки, при этом очертание их может быть прямолинейным или полигональным. При прямолинейном шпренгеле в балке уменьшаются только изгибающие моменты, а при полигональном – изгибающие моменты и поперечные силы. Изготавливают шпренгели из стержневой высокопрочной арматуры, тросов, пучков высокопрочной проволоки, прядей и т. п., а включение их в работу осуществляют натяжением.

Для закрепления и натяжения шпренгелей используют анкерные устройства, обычно применяемые при изготовлении предварительно напряженных железобетонных конструкций. В некоторых случаях натяжения шпренгелей достигают оттяжкой их в вертикальной плоскости домкратами, а шпренгелей из высокопрочных арматурных стержней – электронагревом.



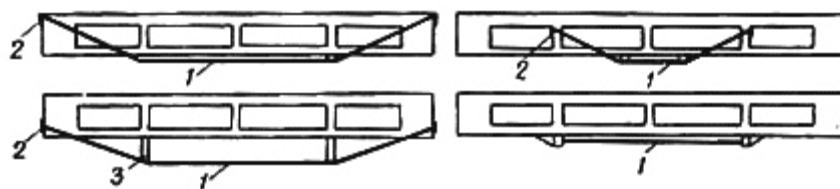


Рис. 39. Схемы усиления балок шпренгелями: 1 – шпренгель; 2 – анкер; 3 – распорка

**Ремонт и усиление опор.** Обеспечение надежности и долговечности опор мостов требует периодического проведения работ по устранению неисправностей в кладке. Возникающие в опорах мостов дефекты и расстройств можно разделить на следующие виды: разрушение раствора в швах между облицовочными камнями и блоками; повреждения поверхности кладки, подферменных камней, площадок и сливов; трещины; глубинное расстройство кладки, в том числе фундаментов; повреждение обратных стенок устоев и др.

В процессе текущего содержания мостов с целью устранения дефектов в опорах расширяют швы, восстанавливают сливы и штукатурку, выветрившиеся поверхности на небольших участках, заделывают мелкие трещины и раковины.

**Повреждения элементов пролетных строений и мостового полотна и способы их устранения.** Мостовое полотно и плиты в мостах являются важнейшими их элементами, от состояния которых в значительной степени зависит бесперебойность и безопасность движения с установленными скоростями. Поэтому работы по их ремонту, характер которых определяется его конструкцией, следует считать весьма ответственными. Ремонт плит и элементов мостового полотна производится в основном аналогично ремонту металлических пролетных строений.

На эксплуатируемых мостах нередко возникают дефекты в виде искривления отдельных элементов пролетных строений, вызванные ударами негабаритных грузов и другими причинами. Необходимость ремонта таких пролетных строений (выправления или усиления) определяют на основании обследования и расчета. Особенно опасны искривления сжатых элементов. Если стрела искривления превышает  $1/7$  радиуса инерции сечения, то необходимо сделать проверку расчетом. В случае значительного искривления сжатых элементов следует принять меры по неотложному ремонту (усилению). Временное усиление таких элементов можно выполнить деревянными брусками (бревнами), уложенными на участках искривления и прикрепленными хомутами.

Изогнутые элементы выправляют при помощи домкратов или других приспособлений как в холодном, так и в подогретом состояниях. При значительных деформациях и низкой пластичности стали в зоне пластических деформаций могут возникнуть трещины. При невозможности обеспечения хорошего качества выправки элементов их заменяют (полностью или частично) или усиливают путем увеличения сечения или уменьшения свободной длины. Поврежденные элементы заменяют по частям или целиком с применением приспособлений, воспринимающих усилие, приходящееся на заменяемый элемент. При этом можно осуществлять регулирование усилий от постоянной нагрузки во вновь поставленном элементе.

Трещины в элементе перекрывают, как правило, накладками на высокопрочных болтах (рис. 40), а у концов трещин предварительно просверливают сквозные отверстия диаметром 14 – 18 мм с целью снижения концентрации напряжений, являющейся причиной дальнейшего развития трещины. Однако, как показывает опыт эксплуатации мостов, эти отверстия не всегда обеспечивают прекращение развития трещин. Поэтому накладками следует перекрывать не часть сечения элемента, пораженного трещиной, а все его сечение. При возникновении поперечной трещины в сварном элементе накладками нужно перекрывать все его сечение (рис. 41,а), а в составном клепаном – только тот лист или уголок, в котором имеется трещина (рис. 41,б). Перед заваркой кромки трещин разделяют под углом 60 –

80°. Для заварки трещин применяют полуавтоматическую сварку под слоем флюса или ручную электродами с качественной обмазкой. Значительный объем ремонтных работ связан с заменой дефектных (слабых) заклепок в заклепочных соединениях, а также с заменой и подтяжкой болтов – в болтовых. Вместо дефектных заклепок надлежит, как правило, ставить высокопрочные болты.

При недостаточной грузоподъемности пролетные строения подвергают усилению или заменяют новыми. Решение об усилении или замене пролетных строений принимают на основании технико-экономического анализа. Существенное влияние на выбор решения оказывает общее физическое состояние пролетных строений. В зависимости от типа конструкции, наличия слабых элементов в ней, необходимой степени усиления и местных условий применяют различные способы. Основными приемами усиления металлических пролетных строений являются:

- увеличение поперечного сечения элементов с одновременным усилением прикрепления (при необходимости); металл усиления размещают симметрично. Этот прием усиления – наиболее распространенный;
- устройство дополнительных ферм или балок;
- постановка новых дополнительных элементов пролетных строений;
- изменение системы ферм или балок – подведение шпренгеля под балку; добавление третьего пояса (арки) к балочным фермам; превращение разрезных балок или ферм в неразрезные; установка дополнительных опор (временных или постоянных), уменьшающих пролет; превращение стального пролетного строения в сталежелезобетонное устройство железобетонной плиты, включенной в совместную работу.

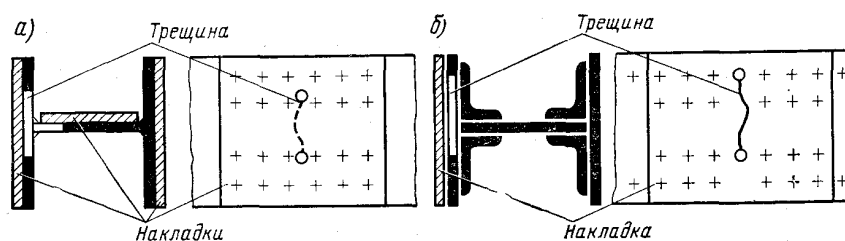


Рис. 40. Перекрытие трещин накладками на высокопрочных болтах: а – в сварных элементах; б – в клепаных

Усиление отдельных элементов пролетного строения добавлением нового металла необходимо при всех перечисленных способах. Класс грузоподъемности по выносливости элементов клепаных пролетных строений можно повысить заменой в креплениях заклепок крайних рядов высокопрочными болтами. При такой замене концентрация напряжений около заклепочных отверстий снижается и замедляется процесс накопления усталостных повреждений. Исследованиями установлено, что замена заклепок двух крайних рядов высокопрочными болтами повышает класс по выносливости (в наиболее слабых по выносливости соединениях) не менее чем на 20%. Для более эффективного использования вновь добавляемого металла иногда применяют предварительное напряжение с регулированием усилий. Усиление пролетных строений можно осуществлять постановкой предварительно напряженных затяжек из сталей повышенной прочности с натяжением их при помощи гаек или домкратов.

Искусственного регулирования усилий в элементах пролетных строений достигают также путем разгрузки (догрузки) при усилении, регулированием величин опорных реакций в неразрезных системах, закреплением элементов усиления в нагретом состоянии и др. Слабые по сечению продольные балки проезжей части усиливают постановкой горизонтальных листов, прикрепляемых к нижним поясным уголкам высокопрочными болтами и заклепками, а к верхним – заклепками (рис. 41,а). В продольных балках, не

имеющих верхних горизонтальных листов, рекомендуется ставить верхний горизонтальный лист на всей длине балки.

Если ширина полок верхних поясных уголков продольных балок, не имеющих горизонтальных листов, более чем в 8 раз превышает толщину этих уголков, постановка горизонтального листа при усилении является обязательной, даже в случаях достаточной грузоподъемности. Это вызвано тем, что при недостаточной толщине полок поясных уголков в них вследствие больших местных многократно повторяющихся напряжений, создаваемых в результате нажима мостовых брусьев с изгибом полок, возникают трещины и «выколы». Для сравнительно небольшого увеличения грузоподъемности пролетного строения со сплошными главными балками усиление их осуществляют добавлением горизонтальных листов или уголков к поясам, аналогично усилению продольных балок. Для более эффективного использования металла усиления желательно применять регулирование усилий в процессе усиления (разгрузка от собственного веса, создание усилий, противоположных по знаку, и т. п.). Этого достигают устройством временных шпренгелей, опор и т. п.

При необходимости значительного повышения грузоподъемности пролетного строения эффективным является устройство постоянных предварительно напряженных шпренгелей (рис. 42). Этот способ особенно выгоден тем, что работы по усилению можно свободно выполнять без перерыва движения поездов. При усилении предварительно напряженными шпренгелями используют высокопрочную сталь в виде стержней круглого сечения и других прокатных профилей, тросов и пучков из высокопрочной проволоки.

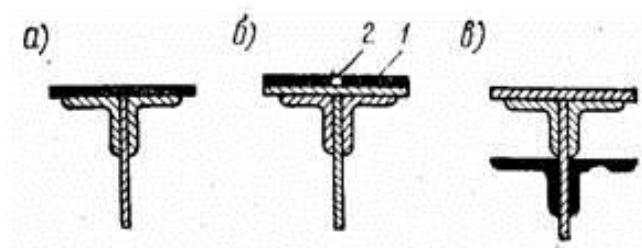


Рис. 41. Усиление продольных балок: а – сплошным листом; б – полулистами; в – уголками; 1 – полулисты; 2 – шпаклевка

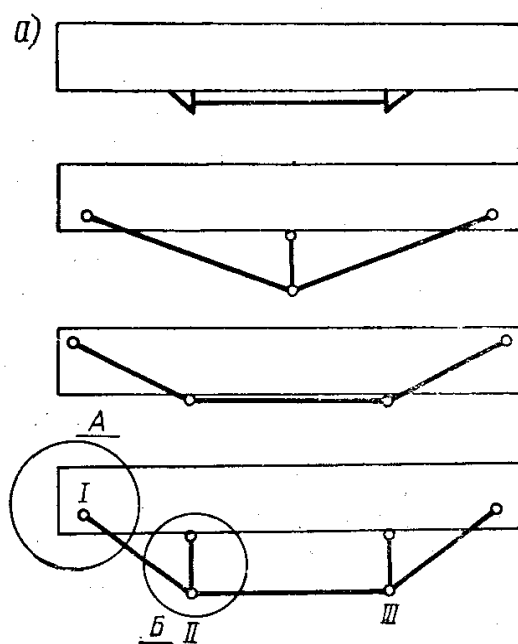


Рис. 42. Схемы усиления предварительно напряженными шпренгелями

При усилении сквозных главных ферм применяют: увеличение сечений элементов, изменение системы ферм и искусственное регулирование усилий в элементах ферм с применением предварительного напряжения. В последнем случае может быть достигнута наибольшая эффективность усиления главных ферм в целом. Схемы и методы усиления выбирают на основании анализа состояния конструкции, ее деформативности и грузоподъемности отдельных элементов. Некоторые способы усиления сквозных главных ферм с изменением их статической схемы представлены на рис. 43.

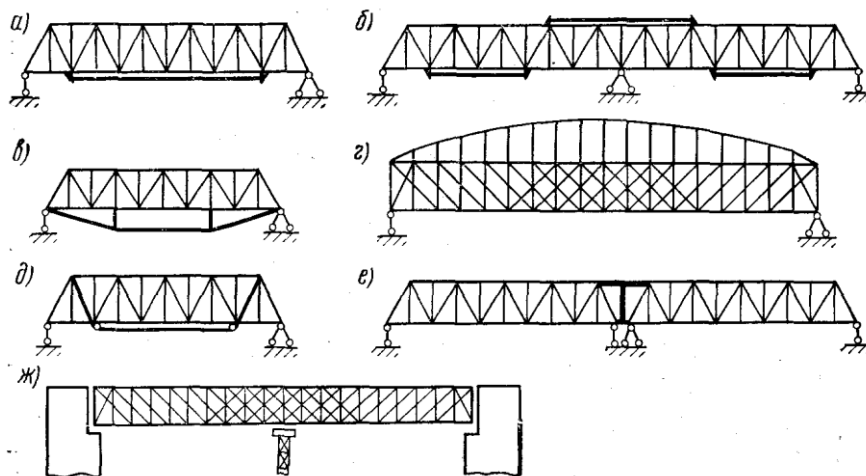


Рис. 43. Способы усиления главных ферм с изменением статической схемы: а и б – с использованием предварительно напряженных затяжек; в и д – с устройством шпренгелей; г – с устройством третьего пояса; е – объединением разрезных в неразрезные; ж – подведением дополнительной опоры

Для усиления поясов главных ферм используют предварительно напряженные затяжки из высокопрочной стали (рис. 43,а,б). Затяжки целесообразно делать из стержней круглого сечения. В этом случае предварительное напряжение создают при помощи гаек, навинчиваемых на концы стержней затяжек, с передачей усилия на упоры. Натяжение контролируют по моменту закручивания гаек. Устройство шпренгелей (рис. 43,в,д) и третьего пояса (рис. 43,г) позволяет разгрузить элементы главных ферм пояса и повысить вертикальную жесткость. При этом способе для повышения общей эффективности усиления одновременно с изменением системы главных ферм целесообразно применять предварительное напряжение. Следует отметить, что постановка третьего пояса по схеме, показанной на рис. 43,г, почти не разгружает раскосы ферм в ее средней части, а поэтому иногда прибегают к усилению этих раскосов путем увеличения их сечений. При определенных условиях с целью усиления целесообразно разрезные пролетные строения объединять в неразрезные (рис. 43,е) или ставить дополнительную опору (рис. 43, ж). Регулирование усилий может быть осуществлено поддомкрачиванием опорных узлов.

Изменение системы главных ферм почти всегда сопровождается усилением отдельных элементов ферм и их креплений. Наиболее распространенный способ усиления главных ферм – увеличение площадей сечения отдельных элементов креплений.

Увеличения площадей сечения элементов достигают добавлением нового металла, соединяя его со старым как заклепками, так и высокопрочными болтами. При проектировании усиления надо стремиться к тому, чтобы не создавать дополнительных эксцентриситетов ни в сечениях, ни в креплениях, если это не связано с преднамеренным регулированием напряжений. При этом желательно обеспечить минимальную расклепку усиливаемых элементов.

Усиление поясов главных ферм таврового или коробчатого сечения добавлением новых горизонтальных листов полной ширины вызывает сплошную переклепку горизонтальных пакетов. Во избежание этого новый металл следует добавлять отдельными узкими полосами (рис. 44,а) подобно тому, как это делают при усилении балок со сплошной стенкой. При этом желательно, чтобы полосы прикрепляли двумя рядами заклепок или высокопрочных болтов. При неизбежности размещения заклепок (болтов) в один ряд предпочтительно применять узкие, но более толстые полосы. Длину полосы следует принимать такой, чтобы ее можно было поставить и взять на болты и пробки в промежутке между поездами. Головки старых заклепок на усиляемом участке необходимо предварительно удалить, оставив их стержни в отверстиях. Стыки полос надлежит перекрывать накладками. Вместо полос можно использовать уголки.

Добавление вертикальных листов для усиления поясов обычно сопряжено с трудностями конструирования и выполнения работ, поскольку вызывает необходимость переклепки прикреплений элементов в узлах ферм. Для уменьшения работ по расклепке вертикальные листы усиления следует располагать вплотную к поясным уголкам на той стороне старых вертикальных листов, к которой не прикреплены раскосы или фасонки (см. рис. 44,а). Способы увеличения площади поперечного сечения раскосов и стоек определяются типом усиливаемых элементов и приведены на рис. 44,б.

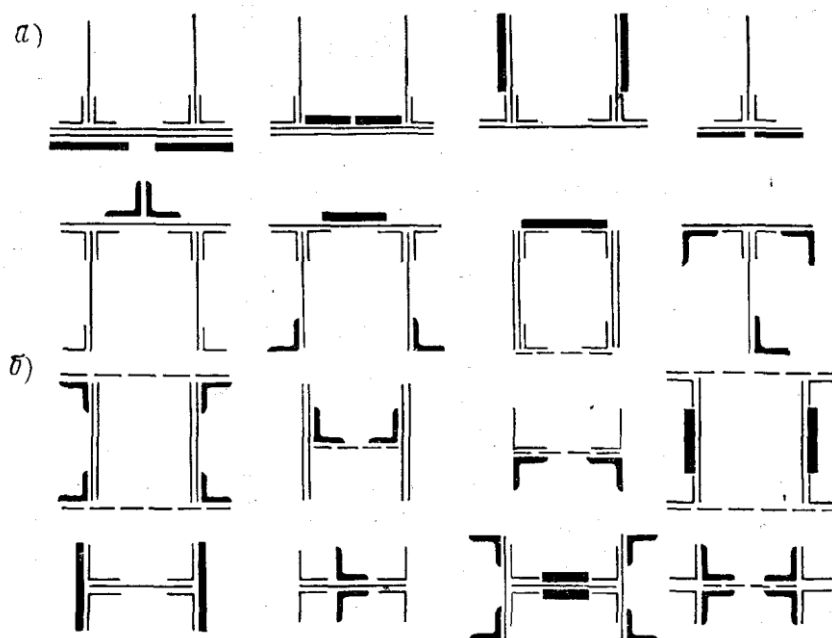


Рис. 44. Схемы усиления сечений элементов сквозных ферм: а – поясов; б – раскосов, стоек и подвесок

**Ремонт и усиление опор.** Обеспечение надежности и долговечности опор мостов требует периодического проведения работ по устранению неисправностей в кладке. Возникающие в опорах мостов дефекты и расстройствa можно разделить на следующие виды: разрушение раствора в швах между облицовочными камнями и блоками; повреждения поверхности кладки, подферменных камней, площадок и сливов; трещины; глубинное расстройство кладки, в том числе фундаментов; повреждение обратных стенок устоев и др.

В процессе текущего содержания мостов с целью устранения дефектов в опорах расширяют швы, восстанавливают сливы и штукатурку, выветрившиеся поверхности на небольших участках, заделывают мелкие трещины и раковины. К усилению опор и фундаментов прибегают при значительных расстройствaх кладки, когда мерами капитального ремонта невозможно восстановить их прочность. Основанием для усиления может явиться также недостаточная несущая способность тела опоры, фундамента в связи с изменением

условий эксплуатации моста. При недостаточной несущей способности грунтов оснований, а также при развитии недопустимых деформаций опор в виде осадок, сдвигов и кренов может оказаться эффективным укрепление грунтов (цементация, глинизация, химическое).

Тело опор обычно усиливают железобетонными оболочками (рубашками) достаточных размеров для того, чтобы на нее передать всю или значительную часть нагрузки. Для включения оболочки в работу верхнюю часть опоры переделывают, устраивая вместо старой подферменной площадки новую, в виде мощной железобетонной плиты, опертой на оболочку. В качестве примера на рис. 45 представлена конструкция железобетонной оболочки, примененной для усиления опоры виадука из бутовой кладки. Расчет усиления опоры выполнен в предположении, что все внешние нагрузки (опорные давления пролетных строений, тормозные силы, (давление ветра) воспринимаются только оболочкой. Связь оболочки со старой кладкой обеспечена посредством анкеров и тяжей. Оболочки армированы двумя сетками из стержней диаметром 14 мм (вертикальные) и 10 мм (горизонтальные).

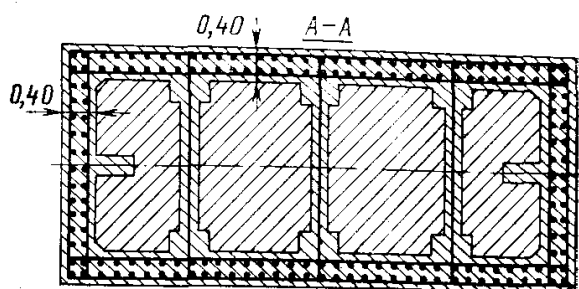


Рис. 45. Усиление опоры железобетонной оболочкой: 1 – железобетонные связи между стенками оболочки; 2 – каменная кладка опоры; 3 – железобетонная оболочка

Опоры старых мостов, как правило, имеют сплошное сечение на полную высоту. В связи с этим в некоторых случаях, особенно при большой высоте опор, их грузоподъемность может быть повышена за счет замены массивной верхней части (выше горизонта высокой воды), более легкой конструкцией, например рамной, столбчатой и т. п. Одним из сложных и ответственных видов работ на эксплуатируемых мостах является усиление фундаментов опор. Сложность и ответственность этих работ определяются прежде всего ограниченностью в выборе конструктивных решений и способов работ, а также необходимостью обеспечения надежной совместной работы старой и добавляемой части фундамента.

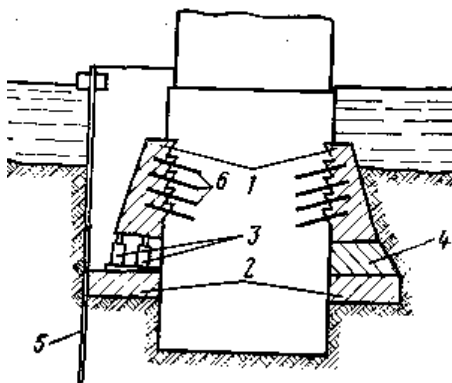


Рис. 46. Усиление фундамента путем его уширения: 1 – железобетонные консоли; 2 – бетонная плита; 3 – домкраты; 4 – участок, бетонируемый после обжатия грунта под плитой; 5 – шпунтовое ограждение; 6 – стальные анкеры

Если упорная подушка не сооружена сразу после выборки грунта, то ее бетонируют после устройства консолей. Чтобы при удалении грунта не повредить подошву старого фундамента, подошву пристраиваемой части располагают выше существующей на 1 – 1,5 м. Для включения в работу новой части фундамента между консолями и упорной плитой ставят домкраты и обжимают грунт под плитой до необходимой величины, после чего между ними ставят распорки, а домкраты убирают. Пространство между плитой и консолями бетонируют.

Несущая способность свайных фундаментов может быть увеличена добавлением новых свай – забивных, буровых и др. Предпочтение следует отдавать буровым, так как их возведение не вызывает расстройств в усиливаемой опоре и ее фундаменте. Необходимость усиления фундаментов устоев возникает достаточно часто из-за их деформации под воздействием давления насыпи, оползневых явлений и т. п. Уменьшение горизонтального давления насыпи на устой может быть достигнуто заменой грунта насыпи крупнозернистым грунтом с большим значением угла внутреннего трения или сухой кладкой из камня кирпича и др. (рис. 47,а). В мостах с небольшими пролетными строениями смещение устоев предотвращают укладкой между их фундаментами распорных перемычек (рис. 47,б).

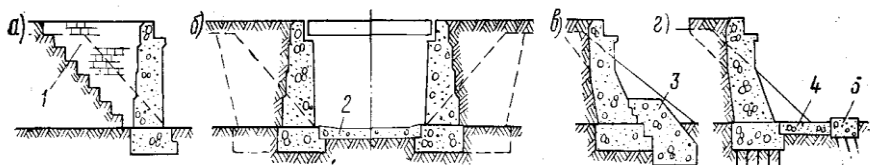


Рис. 47. Схемы усиления устоев: а – замена грунта за устоем сухой кладкой; б – распорной перемычкой между фундаментами устоев (в местах малой длины); в – устройством контрфорса; г – железобетонной распоркой с упором; 1 – кладка; 2 – перемычка; 3 – контрфорс; 4 – распорка; 5 – упор

Для повышения устойчивости обсыпных устоев со стороны пролетного строения устраивают контрфорсы (рис. 47,в) или устанавливают железобетонные распорки с упором (рис. 47,г). Подобные решения применяют и для усиления устоев в арочных мостах.

В тех случаях когда деформации устоев вызываются оползневыми явлениями или неудовлетворительным состоянием грунтов в основании, может оказаться целесообразной постройка нового устоя с добавлением пролета, перекрывающего неустойчивый участок берегового склона. При определенных условиях усиления опор по прочности и устойчивости оснований достигают укреплением грунтов.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анциперовский В.С., Осипов В.О., Якобсон К.К. Содержание и реконструкция мостов. М., «Транспорт», 1975, 240 с.
2. Реконструкция зданий и сооружений / под ред. А.Л. Шагина. М.:Высш. шк., 1991, 362 с.
3. КМК 2.05. 03–97. Мосты и трубы. Т., 1997.

4. КМК 2.03. 01–97. Бетонные и железобетонные конструкции. Т., 1997.
5. КМК 2.01. 07–97. Нагрузки и воздействия. Т., 1997.
6. Методические рекомендации по оценке состояния конструкций эксплуатируемых полносборных зданий. – М.: Стройиздат, 1975.
7. Попов Г.Т., Бурак Л.Я. Техническая экспертиза жилых зданий старой застройки. – Л.: Стройиздат, 1986.
8. Долидзе Д. Е. Испытание конструкций и сооружений. М., 1975.
9. Рекомендации по усилению железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий / Харьковский ПромстройНИИпроект. - Харьков, 1985.
10. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений / ЦНИИСК им. Кучеренко. М., 1934.
11. Руководство по обследованию сварных стальных конструкций, выполненных из кипящей углеродистой стали, и разработке мероприятий, предупреждающих их хрупкое разрушение / Главпромстройпроект, СоюзметаллостройНИИпроект, ЦНИИпроектсталь-конструкций. М., 1979.
12. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции, М., 1985.
13. СНиП П-25-80. Деревянные конструкции. М., 1982.
14. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. М., 1986.
15. СНиП П-9-78 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М., 1979.
16. СНиП П-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. М., 1983.
17. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. М., 1986.
18. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. М., 1985.
19. СНиП 3.02.01-83. Основания и фундаменты. М., 1983.
20. СНиП 2.02.02-85. Свайные фундаменты. М., 1986.
21. СНиП 11-23-81. Стальные конструкции. М., 1982.
22. СНиП 1П-4-80. Техника безопасности в строительстве. М., 1981.
23. Тетиор А. Н., Померанец В. Н. Обследование и испытание сооружений. Киев. 1988.

## Содержание

№	Наименование разделов	Стр
1	Организация работ по обеспечению эксплуатационной надежности зданий и сооружений	3
2	Принципы диагностики строительных конструкций зданий	7
3	Диагностика эксплуатируемых мостов и сооружений	18
4	Методы и средства контроля качества	38
5	Методика испытания мостов	44
6	Основные принципы ремонта и усиления конструкций	49
7	Методы ремонта и усиления конструкций гражданских зданий	53
8	Методы ремонта и усиления конструкций мостов	82



**А. А. АШРАБОВ, Ч. С. РАУПОВ**

**Методы диагностики, восстановления и усиления конструкций зданий и сооружений**

Редактор: **Т. И. Умурзакова**

Разрешено в печать \_\_\_\_\_ Объём печ. л. 6,4  
Формат бумаги 60x84 1/16, заказ № \_\_\_\_\_ Тираж \_\_\_\_\_ экз.

Тиражировано в типографии ТашИИТа.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта  
Адрес: 700167, Ташкент-167, ул. Адылходжаева, 1, ТашИИТ.