

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Пермский государственный технический университет  
Строительный факультет  
Кафедра строительных конструкций

Реферат  
по дисциплине «Обследование и испытание зданий и сооружений»  
на тему  
«Классификация повреждений железобетонных конструкций и материалов  
составляющих конструкцию. Критерии классификации, причина-следствие,  
природа и способ устранения причины, характеристика следствия».

Выполнил: студент гр. ПГС-06-2  
Жданов А.В.

Проверил: доцент кафедры  
стр. конструкций  
Патраков А.Н.

Пермь 2010

«Классификация повреждений железобетонных конструкций и материалов составляющих конструкцию. Критерии классификации. Причина-следствие, природа и способ устранения причины, характеристика следствия»

Жданов А.В.

Строительный факультет ПГТУ, гр. ПГС-06-2.

Страниц – 33.

Аннотация

В реферате предложена современная обобщенная программа натурального обследования, которая предусматривает узловые моменты обследования любой железобетонной конструкции с пояснением методики проведения работ в обычной практике.

Реферат предназначен для студентов, обучающихся по строительным специальностям.

## Термины и определения.

1. Прогиб — вертикальное или горизонтальное перемещение точек конструкции, лежащих на одной оси нормальной к плоскости элемента конструкции, под действием вертикальных нагрузок, разницы температур, ползучести материала и др.
2. Трещина — экстремальный дефект, представляющий собой области с полностью нарушенными межатомными связями (берега трещин) и частично нарушенными межатомными связями (вершина трещины).
3. Трещиностойкость — способность железобетонных конструкций воспринимать действующие на них нагрузки без образования трещин.
4. Жесткость конструкции — способность железобетонных конструкций не подвергаться деформации под воздействием внешних механических нагрузок.
5. Прочность — способность материала (или конструкции) сопротивляться внешним механическим воздействиям, не деформируясь необратимо выше заданного предела, т. е. не разрушаясь.
6. Дефект [латин. defectus] — повреждение.

## Содержание

<b>1. Термины и определения .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Введение .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Классификация повреждений железобетонных конструкций и материалов составляющих конструкцию. Причина-следствие</b>	
Дефекты в железобетонных конструкциях.....	6
Наиболее часто встречающиеся случаи появления трещин в железобетонных конструкциях.....	10
<b>4. Природа и способ устранения причины. Характеристика следствия</b>	
Выбор материалов для ремонта бетонных и железобетонных конструкций .....	16
Производство ремонтных работ .....	19
<b>5. Список литературы .....</b>	<b>32</b>

## 1. Введение.

В процессе возведения и эксплуатации зданий и сооружений наблюдаются случаи, когда в несущих железобетонных конструкциях возникают недопустимые прогибы, трещины, повреждения. Эти явления вызваны либо отклонениями от требований проекта при изготовлении и монтаже этих конструкций, либо ошибками при их проектировании, либо все эти повреждения конструкции получили в процессе эксплуатации.

При этом необходимо выявить и оценить фактическое состояние конструкции, установить причины повреждений, определить реальную прочность, трещиностойкость и жесткость конструкции с целью принятия решения о необходимости и рациональности способов усиления конструкций.

Правильная оценка несущей способности конструкций и разработка рекомендаций по их дальнейшей эксплуатации возможны только в результате детального натурного обследования, в процессе которого рассматриваются конструктивные особенности, состояние и специфика работы конструкции в условиях эксплуатации.

Сложно составить единую методику обследования, которая подходила бы для всех видов железобетонных конструкций и охватывала бы все возможные в практике случаи. Поэтому следует придерживаться такой программы, соблюдение которой будет способствовать достаточно полному отражению существа вопроса и поможет избежать грубых упущений.

## 2. Классификация повреждений железобетонных конструкций и материалов составляющих конструкцию. Причина-следствие.

### Дефекты в железобетонных конструкциях.

Характерные дефекты и причины их образования в строящихся объектах :

- 2.1. Выступы на поверхности бетона образуются из-за неправильной установки опалубки, недостаточной жесткости опалубки или низкого качества опалубки.
- 2.2. Наплывы из бетона или раствора образуются при недостаточной герметичности опалубки.
- 2.3. Недостаточная толщина или отсутствие защитного слоя наблюдается при неправильной установке или смещении опалубки, срыве защитного слоя, отсутствии прокладок-«сухарей» и т.п. (рис.1 и 2).



Рис. 1. Участок стены с оголенной арматурой

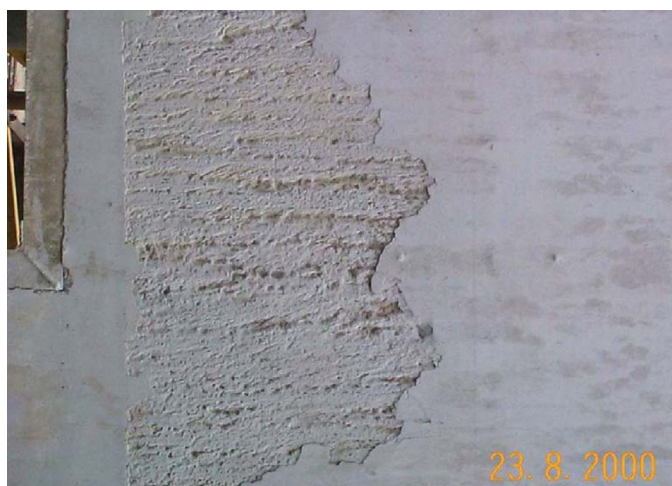


Рис. 2. Срыв защитного слоя на поверхности стены

- 2.4. Раковины на поверхности бетона образуются вследствие недостатка раствора, скопления воды и воздуха вблизи опалубки, недостаточного

уплотнения бетона (рис.3 и 4). Большая щебенистость бетона возникает при расслоении бетонной смеси, неоправданно высокой жесткости бетонной смеси, вытекании цементного молока и т.п.



Рис. 3. Щебенистость на поверхности стены и полости, незаполненные бетоном

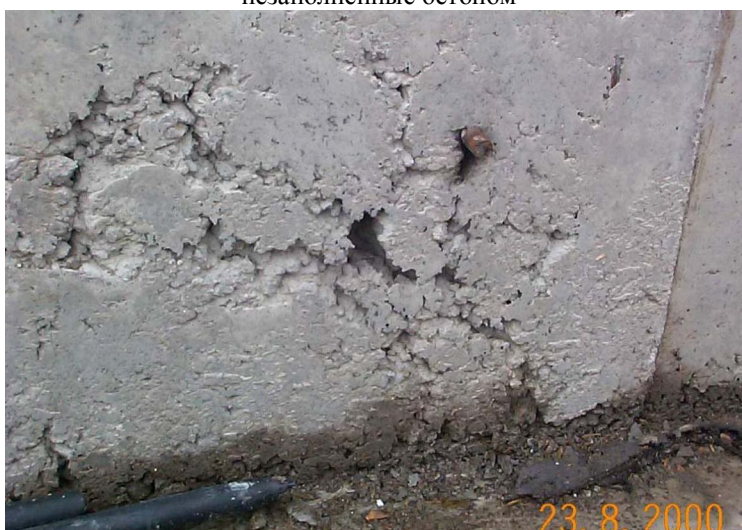


Рис. 4. Непровибрированные участки стены

2.5. Полости в бетоне образуются из-за зависания бетонной смеси на арматуре и опалубке, а также в местах устройства технологических швов, при преждевременном схватывании ранее уложенного бетона и недостаточной подготовке основания при укладке вышележащих слоев бетона (рис.5).



Рис. 5. Зависание бетонной смеси в зоне «сухарей»

2.6. При недостаточном влажностном уходе за бетоном образуются усадочные трещины (рис.6).



Рис. 6. Усадочные трещины на поверхности стены .

2.7. При строительстве в бетонных конструкциях возникают трещины различного происхождения: конструктивные, технологические и организационно-технологические.

2.8. При выполнении работ по лечению трещин всегда нужно учитывать, что все сквозные технологические температурные трещины, возникшие в зоне заземления, а также трещины в наружных стенах, возникшие в рабочих швах, следует лечить в весенний или осенний периоды года, когда температура наружного воздуха составляет плюс 6 ... 12С<sup>0</sup>, а температура бетона не превышает плюс 8 ... 10С<sup>0</sup>.

2.9. Трещины конструктивного происхождения, вызванные завышением допустимых расстояний между температурно-деформационными швами, следует лечить в осенний или весенний периоды года.

2.10. Трещины, возникшие в процессе строительства и не меняющие величины своего раскрытия при приложении температурных и строительных нагрузок без дополнительных перегрузок, при использовании традиционных



ремонтных материалов допускается лечить по мере их возникновения в соответствии с необходимостью и возможностями строительной организации при температуре бетона не ниже плюс 5С<sup>0</sup>.

2.11. В эксплуатируемых конструкциях зданий и сооружений, повреждения разделяют по характеру влияния на несущую способность на три группы.

I группа – повреждения, практически не снижающие прочность и долговечность конструкции (поверхностные раковины, пустоты; трещины, в том числе усадочные и учтенные расчетом, раскрытием не свыше 0,2 мм, а также те, у которых под воздействием временной нагрузки и температуры раскрытие увеличивается не более чем на 0,1 мм; сколы бетона без оголения арматуры и т.п.);

II группа – повреждения, снижающие долговечность конструкции (коррозионно-опасные трещины раскрытием более 0,2 мм и трещины раскрытием более 0,1 мм, в зоне рабочей арматуры предварительно напряженных пролетных строений, в том числе и вдоль пучков под постоянной нагрузкой; трещины раскрытием более 0,3 мм под временной нагрузкой; пустоты раковины и сколы с оголением арматуры; поверхностная и глубинная коррозия бетона и т.п.);

III группа – повреждения, снижающие несущую способность конструкции (трещины, не предусмотренные расчетом ни по прочности, ни по выносливости; наклонные трещины в стенках балок; горизонтальные трещины в сопряжениях плиты и пролетных строений; большие раковины и пустоты в бетоне сжатой зоны и т.п.).

2.12. Повреждения I группы не требуют принятия срочных мер, их можно устранить нанесением покрытий при текущем содержании в профилактических целях. Основное назначение покрытий при повреждениях I группы – остановить развитие имеющихся мелких трещин, предотвратить образование новых, улучшить защитные свойства бетона и предохранить конструкции от атмосферной и химической коррозии.

2.13. При повреждениях II группы ремонт обеспечивает повышение долговечности сооружения. Поэтому и применяемые материалы должны иметь достаточную долговечность. Обязательной заделке подлежат трещины в зоне расположения пучков преднапряженной арматуры, трещины вдоль арматуры.

2.14. При повреждениях III группы восстанавливают несущую способность конструкции по конкретному признаку. Применяемые материалы и технология должны обеспечивать прочностные характеристики и долговечность конструкции.

2.15. Для ликвидации повреждений III группы, как правило, должны разрабатываться индивидуальные проекты.

2.16. При эксплуатации зданий и сооружений наблюдают повреждения различных конструктивных элементов: опор, ригелей, ферм, колонн, опорных частей и т.д.

### 3. Наиболее часто встречающиеся случаи появления трещин в железобетонных конструкциях.

#### 3.1. Трещины в изгибаемых элементах

3.1.1. Характерными являются трещины, возникающие в изгибаемых элементах — балках: трещины, перпендикулярные (нормальные) продольной оси, трещины вследствие появления растягивающих напряжений в зоне действия максимальных изгибающих моментов, трещины, наклонные к продольной оси, которые вызваны главными растягивающими напряжениями в зоне действия существенных поперечных сил и изгибающих моментов (рис. 1.1).

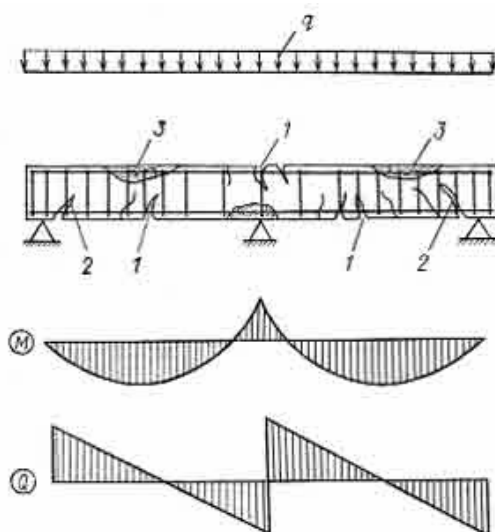


Рис. 1.1. Характерные трещины в изгибаемых железобетонных элементах, работающих по балочной схеме: 1 — нормальные трещины в зоне максимального изгибающего момента, 2 — наклонные трещины в зоне максимальной поперечной силы, 3 — трещины и раздробление бетона в сжатой зоне элемента.

3.1.2. Нормальные трещины имеют максимальную ширину раскрытия в крайних растянутых волокнах сечения элемента. Наклонные трещины начинают раскрываться в средней части боковых граней элемента — в зоне действия максимальных касательных напряжений, а затем развиваются в сторону растянутой грани.

3.1.3. Раздробление бетона сжатой зоны сечений изгибаемых элементов указывает на исчерпание несущей способности конструкции.

#### 3.2. Трещины в предварительно напряженных балках

3.2.1. Балки, армированные высокопрочной арматурой, изготавливаются предварительно-напряженными с повышенными требованиями к трещиностойкости, поэтому появление в них широко раскрытых трещин всегда свидетельствует либо о серьезных технологических недоработках, либо о перегрузках.

3.2.2. Причины возникновения указанных на рис. 1.2 трещин различны. Так, трещины 1 возникают или вследствие малого предварительного напряжения (больших потерь предварительного напряжения) арматуры, или вследствие перегрузки балки по нормальному сечению. Также и трещины 3 говорят о перегрузке нормального сечения.

3.2.3. Трещины 2 свидетельствуют о перегрузке наклонных сечений балки (несоответствие класса бетона проекту или его заниженное значение, большой шаг поперечной арматуры).

3.2.4. Низкий класс бетона, его недостаточная прочность в момент создания предварительного напряжения вызывают нарушение анкеровки преднапряженной арматуры и трещины 4.

3.2.5. Трещины 5, 6 вызваны силовым воздействием при обжатии бетона напряженной арматурой. Они свидетельствуют о недостаточном косвенном армировании в зоне заанкеривания предварительно-напряженной арматуры.

3.2.6. Трещины 7 могут быть вызваны непроектным соединением закладных деталей смежных с балкой конструкций и закладных балки.

3.2.7. Трещины 5, 6 говорят о низкой прочности бетона в момент обжатия.

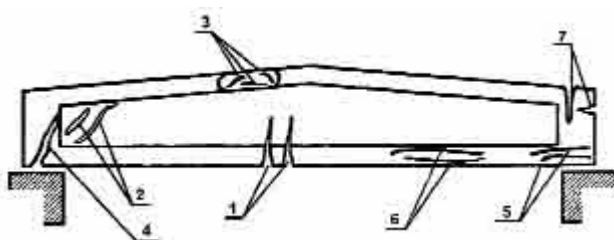


Рис. 1.2. Картина трещинообразования в предварительно-напряженной стропильной балке.

### 3.3. Трещины в сжатых элементах

3.3.1. Появление продольных трещин вдоль арматуры (рис. 1.3) в сжатых элементах свидетельствует о разрушениях, связанных с потерей устойчивости (выпучиванием) продольной сжатой арматуры из-за недостаточного количества поперечной (косвенной) арматуры.

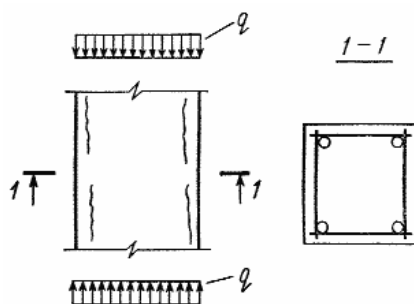


Рис. 1.3. Трещины вдоль продольной арматуры в сжатых элементах.

3.3.2. Вообще же дефекты в виде трещин и отслоения бетона вдоль арматуры железобетонных элементов могут быть вызваны и коррозионным разрушением арматуры. В этих случаях происходит нарушение сцепления продольной и поперечной арматуры с бетоном. Нарушение сцепления арматуры с бетоном за счет коррозии можно установить простукиванием поверхности бетона, при этом прослушиваются пустоты.

3.3.3. Продольные трещины вдоль арматуры с нарушением сцепления ее с бетоном могут быть вызваны и температурными напряжениями при эксплуатации конструкций с систематическим нагревом свыше  $300^{\circ}\text{C}$  или после действия пожара.

3.3.4. Характер трещинообразования ствола железобетонной колонны зависит от эксцентриситета приложения нагрузки. При больших эксцентриситетах в растянутой зоне могут образовываться широко раскрытые горизонтальные трещины, свидетельствующие о перегрузке колонны или ее недостаточном армировании. При малых эксцентриситетах появляются вертикальные трещины, являющиеся следствием перегрузки колонны или низкого класса бетона.

3.3.5. Появление вертикальных силовых трещин часто провоцируется усадочными, совпадающими с ними по направлению. Картина трещинообразования в колоннах представлена на рис. 1.4.

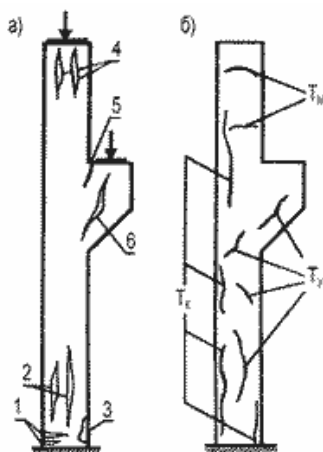


Рис. 1.4. Картина трещинообразования в колоннах сплошного сечения: а — трещины от действия эксплуатационных нагрузок; 1 — перегрузка колонны по нормальному сечению, недостаточное количество рабочей продольной арматуры; 2 — перегрузка ствола колонны при малом эксцентриситете нагрузки, низкий класс бетона; 3 — большой шаг поперечных стержней, плохое приваривание поперечных стержней к продольным, потеря местной устойчивости сжатой продольной арматуры; 4 — отсутствие косвенного армирования оголовка колонны, низкий класс бетона; 5 — недостаточное количество продольной арматуры в консоли, перегрузка консоли; 6 — недостаточное армирование консоли горизонтальными и наклонными стержнями, низкий класс бетона, перегрузка консоли; б — трещины от усадки бетона  $T_u$ , коррозии арматуры  $T_k$ , монтажных нагрузок  $T_m$ .

### 3.4. Трешины в стропильных фермах

3.4.1. Соединение элементов фермы в узлах создает предпосылки для концентрации в них разнородных по знаку и характеру напряжений: сжимающих, растягивающих, касательных. В результате концентрации напряжений узлы подвержены наиболее интенсивному трещинообразованию и требуют значительного расхода арматуры. Большие растягивающие усилия в нижнем поясе приводят к появлению сквозных вертикальных трещин, а сжимающие усилия в верхнем поясе — к появлению несквозных горизонтальных трещин. Картина трещинообразования в раскосной стропильной ферме сегментного очертания представлена на рис. 1.5.

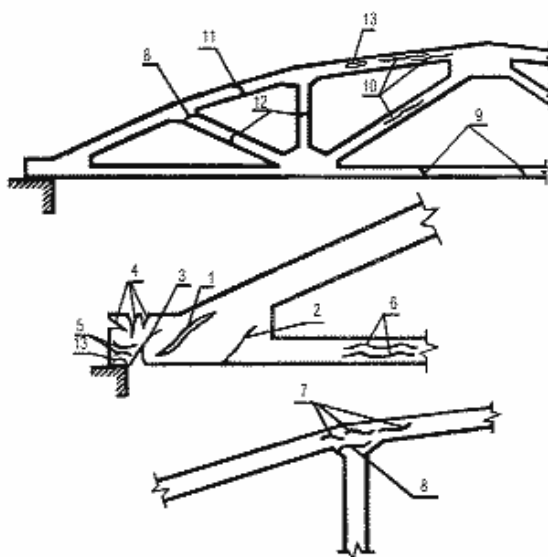


Рис. 1.5. Картина трещинообразования в стропильной раскосной ферме. Наклонные трещины опорного узла: 1 — низкий класс бетона, недостаточное количество поперечной арматуры: большой шаг стержней, малый диаметр; 2 — недостаточное преднапряжение продольной арматуры, проскальзывание ее в зоне заанкеривания, недостаточное количество поперечной арматуры; 3 — нарушение анкеровки преднапряженной арматуры: низкий класс бетона, недостаточная прочность бетона на момент обжатия. Лучеобразные вертикальные трещины: 4 — недостаточное косвенное армирование от усилий обжатия преднапряженной арматуры. Горизонтальные трещины: 5 и 6 — отсутствие косвенного армирования (сетки, замкнутые хомуты) в зоне заанкеривания преднапряженной арматуры, низкая прочность бетона на момент обжатия, наклонные трещины в верхнем поясе; 7 — недостаточное косвенное армирование узла поперечными стержнями (сетками). Трещины, перпендикулярные оси элементов фермы: 8 — недостаточное заанкеривание рабочей арматуры растянутого элемента в узле фермы, слабое косвенное армирование узла; 9 — недостаточное преднапряжение нижнего пояса, перегрузка фермы. Продольные трещины в сжатых элементах: 10 — низкий класс бетона, перегрузка фермы. Монтажные трещины: 11 — изгиб из плоскости фермы при монтаже, перевозке, складировании. Нормальные трещины в растянутых элементах: 12 — перегрузка фермы, смещение арматурного каркаса относительно продольной оси элемента; 13 — откол лещадок.

3.4.2. Трещины опорного узла ферм по своей природе близки к трещинам на опорах балок. Появление горизонтальных трещин в нижнем напряженном поясе б свидетельствует об отсутствии или недостаточности поперечного армирования в обжатом бетоне. Нормальные (перпендикулярные к

продольной оси) трещины типа 9 появляются в растянутых стержнях при необеспеченности трещиностойкости элементов.

3.4.3. При этом следует обратить внимание на то обстоятельство, что снятие внешней нагрузки на ферму, уменьшая растягивающие усилия в нижнем поясе, приводит к закрытию трещин типа 9, но при этом может вызвать увеличение раскрытия трещин типа 4, 5.

3.4.4. Появление повреждений в виде лещадок типа 13 свидетельствует об исчерпании прочности бетона на отдельных участках сжатого пояса или на опорах.

### 3.5. Трещины в плитах перекрытия и сборных панелях перекрытий

3.5.1. Для плит перекрытий характерно развитие трещин силового происхождения на нижней растянутой поверхности плит с различным соотношением сторон (рис. 1.6). При этом бетон сжатой зоны может быть не нарушен. Смятие бетона сжатой зоны указывает на опасность полного разрушения плиты.

3.5.2. Перекрытия промышленных предприятий работают в сложных условиях, испытывая технологические перегрузки, ударные и вибрационные воздействия, разрушающее влияние технических масел и других агрессивных сред, что приводит к их быстрому износу, а следовательно, и появлению трещин. Как видно из рис. 1.6, характер трещин, обусловленных силовым воздействием, зависит от статической схемы плиты перекрытия: вида и характера действующей нагрузки, способа армирования и соотношения пролетов. При этом трещины располагаются перпендикулярно главным растягивающим напряжениям.

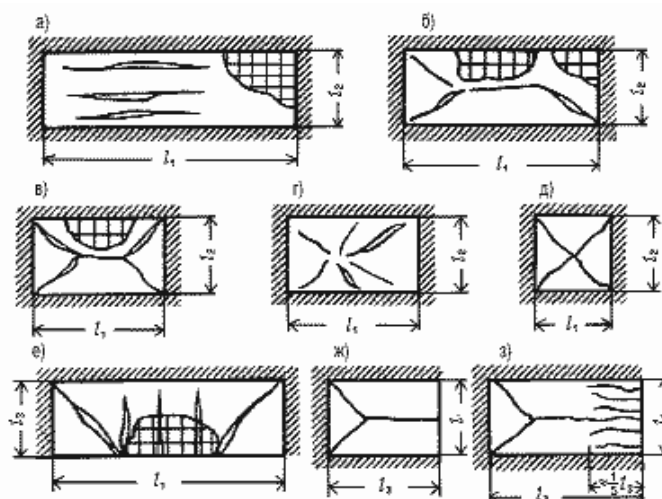


Рис. 1.6. Характерные силовые трещины на потолочной поверхности плит, нагруженных равномерно распределенной (а, б, в, д, е, ж, з) и сосредоточенной (г) нагрузками: а — работающих по балочной схеме при  $l_1/l_2 \geq 3$ ; б — опертых по контуру при  $2 < l_1/l_2 < 3$ ; в, г — то же при  $l_1/l_2 \geq 2$ ; д — то же при  $l_1/l_2 = 1$ ; е —

опертых по трем сторонам при  $l_3/l_1 \ll 1,5$  (как правило,  $l_3/l_1 = 0,3-0,5$ ); ж — то же при  $l_3/l_1 \geq 1,5$ ; з — то же при  $l_3/l_1 > 1,5$

3.5.3. Причинами широкого раскрытия силовых трещин обычно являются перегрузка плиты, недостаточное количество рабочей арматуры или неправильное ее размещение (сетка смещена к нейтральной оси). Если ширина раскрытия трещин превышает 0,3 мм, плиты усиливаются методом наращивания с дополнительным армированием. В местах приложения больших сосредоточенных сил усиливается зона, воспринимающая нагрузку, для чего используются различные распределительные устройства (стальные листы, балки, густоармированная набетонка и пр.).

3.5.4. Трещины силового характера достаточно легко отличить от усадочных и вызванных коррозией арматуры (последние представлены на рис. 1.7).

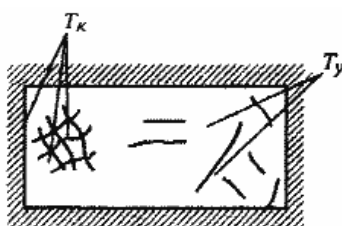


Рис. 1.7. Трещины на потолочной поверхности плиты перекрытия, образовавшиеся от усадки бетона и коррозии арматуры;  $T_k$  — трещины от коррозии;  $T_u$  — трещины усадки бетона.

3.5.5. Усадочные трещины при ширине раскрытия до 0,1 мм не опасны и обычно устраняются оштукатуриванием поверхности. Характер образования трещин от эксплуатационной нагрузки ребристых панелей перекрытий практически не отличается от ранее рассмотренных конструкций: балок и плит (рис. 1.8).

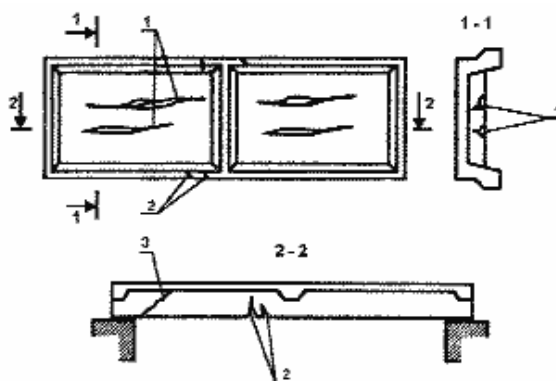


Рис. 1.8. Силовые трещины на потолочной поверхности ребристой панели перекрытий; 1 — в полке панели; 2 — нормальные в продольном ребре; 3 — наклонные в продольном ребре; 4 — продольные в поперечном ребре

3.5.6. Однако в них часто встречаются и технологические дефекты в виде щелеобразных раковин и усадочных трещин. К ним относятся трещины, идущие вдоль арматурных стержней и возникающие от разрыва уплотненной

бетонной смеси при вибрировании; продольные щелеобразные раковины под арматурными стержнями от зависания бетонной смеси; трещины от температурной деформации формы при пропаривании; усадочные трещины при жестком режиме тепловлажностной обработки, высоком расходе вяжущего, большом водоцементном отношении. Для многопустотных панелей перекрытий характерны технологические трещины в ребрах между пустотами, образующиеся при вытягивании пуансонов, а также продольные трещины в верхней полке вдоль пустот (рис. 1.9).

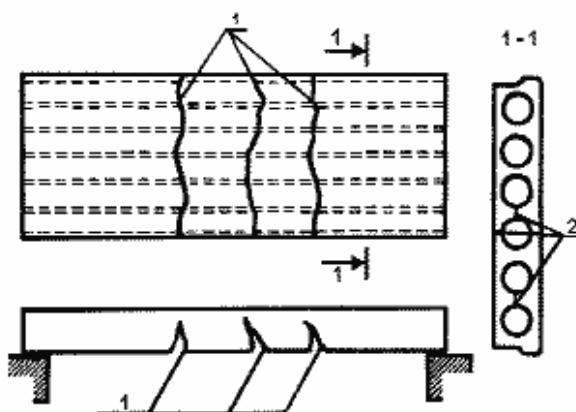


Рис. 1.9. Силовые и технологические трещины в пустотной панели перекрытия; 1 — силовые трещины; 2 — технологические трещины.

3.5.7. Панели перекрытий с технологическими трещинами шириной раскрытия более 0,2 мм ремонтируются или отбраковываются. Силовые трещины в пустотных панелях соответствуют недостаточной прочности по нормальному сечению.

#### **4. Природа и способ устранения причины. Характеристика следствия.**

##### **Выбор материалов для ремонта бетонных и железобетонных конструкций.**

4.1. При выборе ремонтного материала подлежат учету:

- степень ответственности элементов конструкции, включая зависимость несущей способности сооружения от их целостности;
- глубины разрушений;
- условия эксплуатации (температурный режим, влажность и агрессивность среды, динамические воздействия);
- эстетические требования;
- положение и доступность конструкции;
- объем подлежащих выполнению работ.

В любом случае нужно четко осознавать, что на выбор материалов может также повлиять вид проводимого ремонта:



- устранение дефектов и лечение трещин, обнаруженных в ходе возведения объектов;
- косметический ремонт эксплуатируемых бетонных и железобетонных конструкций;
- текущий ремонт конструкций, не требующий восстановления их несущей способности;
- ремонт конструкций с восстановлением их несущей способности;
- ремонт конструкций с увеличением их несущей способности по отношению к несущей способности, заложенной в первоначальном проекте сооружения.

4.2. Особое внимание следует уделять использованию обычных тяжелых бетонов для ремонта бетонных и железобетонных конструкций, которое находится в рамках принципа «ремонтируй подобное подобным». Однако при этом можно допустить грубейшую ошибку, связанную с соблюдением требований по совместимости материалов. Недоучет формирования физико-механических свойств бетона ремонтируемой конструкции и ремонтного состава в разные сроки может привести к негативным последствиям, которые потребуют отказаться от применения для ремонта обычного бетона, отвечающего всем требованиям нормативных документов или привести к выполнению дополнительных работ.

4.3. Все обычные цементные смеси в процессе твердения в той или иной степени подвергаются усадке. Если уменьшить количество воды затворения, чтобы уменьшить усадку, то смесь становится жесткой и трудной для укладки и уплотнения и, кроме того, она не сможет заполнить полностью ремонтируемую полость (рис.11, а).

Усадка смеси наблюдается даже при пониженном содержании воды. Если увеличить количество воды затворения, чтобы улучшить текучесть смеси для полного заполнения ремонтируемой структуры, то значительно увеличивается усадка (рис.11, б).

Более того, физико-механические свойства такого бетона (прочность, водонепроницаемость, морозостойкость и долговечность) понизятся из-за высокой пористости бетона.

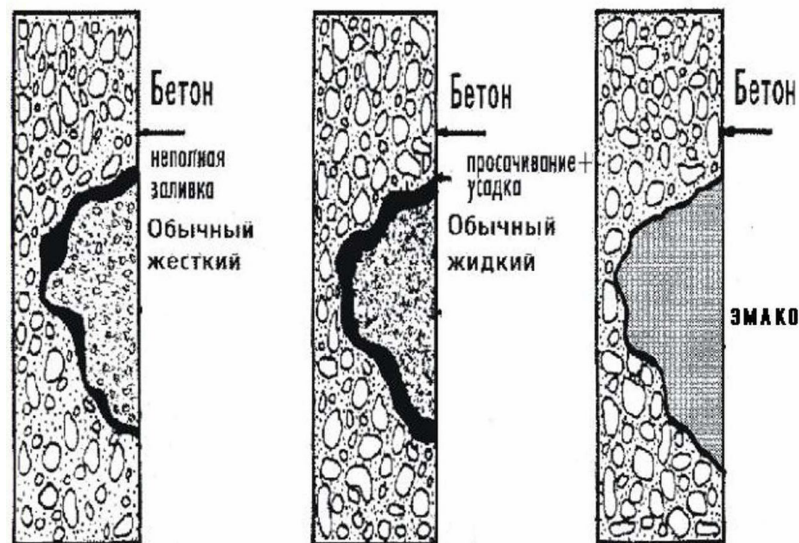


Рисунок 11 – взаимодействие ремонтных составов с материалом конструкции:  
 а) не обеспечен полный контакт; б) отрыв по контакту; в) бездефектное заполнение

Для обеспечения эффективного ремонта в таких случаях целесообразно применить реопластичные и безусадочные бетоны из сухих смесей, например, ЭМАКО (рис.11, в)

4.4. При выборе материалов для ремонта следует учитывать, что если толщина ремонтного слоя несущих конструкций не превышает 10 см, следует применять бетоны из специальных сухих смесей .

4.5. При толщине ремонтного слоя несущих конструкций свыше 10 см следует либо использовать специальные бетоны с добавлением щебня (до 40% по массе) либо бетоны, приготавливаемые на месте смешением инертных со специальным цементом, обеспечивающим безусадочность и быстрый набор прочности. Ремонт массивных конструкций с большими повреждениями допускается выполнять, используя бетоны на портландцементе, не являющиеся безусадочным.

4.6. Если ремонту подлежат вертикальные, потолочные и наклонные поверхности проект ремонта может предусматривать применение тиксотропных бетонов из сухих смесей или наливных. Тиксотропные бетоны наносят набрызгом или вручную при минимальных (до 5%) потерях (набрызг не требует высоких давлений, используемых при торкретировании).

4.7. При значительной, свыше 10% потере площади сечения арматуры вследствие коррозии, за оптимальные ремонтные составы следует принимать специальные фибробетоны, изготавливаемые из сухих смесей. Благодаря высокой прочности на растяжение такие бетоны компенсируют снижение несущей способности арматуры.

4.8. Трещины в конструкциях разделяют на активные и неактивные. Активные могут изменять раскрытие под воздействием нагрузки и изменений температуры.

Неактивные не меняют раскрытия при внешних воздействиях.

Активные (дышащие) трещины могут обращаться в неактивные за счет соответствующего усиления конструкции, восстанавливающего ее монолитность. Другой вариант ремонта активных трещин: наполнение их мастикой, не подверженной разрывам при изменениях раскрытия.

Неактивные трещины герметизируют инъецированием в них состава, склеивающегося с бетоном, но не способным предотвратить изменения раскрытия при внешних воздействиях. Для герметизации волосяных трещин используют защитные покрытия, создающие пленку на поверхности бетона.

4.9. Если на поверхности бетона наряду с неглубокими неактивными трещинами имеются сколы, раковины, участки шелушения, поверхностный слой подлежит удалению и замене.

## **5. Производство ремонтных работ.**

5.1. При наличии участков с дефектным бетоном такой бетон необходимо вырубить. Вырубке подлежат:

- участки поверхности шириной 10-15 см вдоль арматурных стержней с недостаточной, менее 20 мм, толщиной защитного слоя бетона;
- участки поверхности шириной 10-15 см, как правило, вдоль корродирующей арматуры с отслаивающимся защитным слоем бетона («бухтит» при остукивании) или вдоль коррозионных трещин участки с неплотным и раковистым бетоном;
- участки со структурными повреждениями бетона по границе с плотным и прочным бетоном.

Наряду с вырубкой могут применяться методы удаления ослабленного бетона, указанные ниже в разделе, посвященном ремонту защитных слоев.

5.2. Границы вырубки намечаются мелом на конструкции и уточняются в процессе выполнения работы.

5.3. Расположение арматурных стержней определяется с помощью прибора для поиска арматуры и измерения толщины защитного слоя, а также визуально по выходу арматуры на поверхность и в ряде случаев по траектории коррозионных трещин.

5.4. Границы вырубки опиливают прямыми линиями по контуру с помощью шлифмашинки или алмазной пилы. Глубина надреза – не менее 1 см.

5.5. Вырубку бетона производят в два этапа. На первом этапе вырубку бетона производят легкими или среднего веса отбойными молотками. На втором этапе используют легкие электроперфораторы или ручной инструмент для удаления лещадок и мелких сколов. Качество вырубки контролируется остукиванием молотком.

5.6. Бетон вырубается глубже арматурных стержней примерно на диаметр арматуры или трехкратного размера крупного заполнителя, но не менее чем на 2 см (за арматуру должна проходить рука в рукавице). Общая толщина ремонтируемого слоя зависит от требований к толщине защитного слоя бетона и крупности заполнителя бетона. При отсутствии арматуры глубина вырубки назначается не менее трехкратного размера крупного заполнителя, но не менее 2 см.

5.7. При ремонте вертикальной поверхности нижнюю и боковые поверхности вырубают перпендикулярно к обрабатываемой поверхности, а верхнюю – со скосом, но в любом случае надрез шлифмашинкой или алмазной пилой должен быть сохранен ровным и перпендикулярным поверхности в пределах надреза.

5.8. В случае если граница вырубки выходит за пределы надреза, операцию опиления повторяют снова.

5.9. При отсутствии в зоне вырубки арматуры надежность сцепления с ремонтируемой поверхностью дополнительно усиливается гвоздями или шурупами, забиваемыми в бетон с помощью пластмассовых пробок с шагом 10-15 см. Гвозди и шурупы утапливают в бетон на глубину не менее 30 мм.

5.10. Поверхность бетона после вырубки должна быть рельефной и шершавой. Рекомендуются очистка поверхности струей воды под давлением. На поверхности не должно быть каменной крошки, пыли и прочих загрязнений.

5.11. Арматура очищается от ржавчины стальными щетками или щетками-насадками на электродрель на всей площади поверхности. При налете ржавчины толщиной не более 60 мкм можно использовать модификаторы ржавчины.

5.12. Плохо поддающиеся очистке арматурные стержни, а также стержни, поврежденные вследствие коррозии или при вырубке бетона более чем на 30%, заменяют. Нерабочие стержни арматуры, выходящие на поверхность, по согласованию с проектной организацией можно вырезать.

5.13. На арматуру, выходящую на поверхность, или имеющую недостаточную толщину защитного слоя в случае, если требуется сохранить ровность поверхности, наносится антикоррозионная защита.

5.14. При малых повреждениях бетона поверхность, на которую будет нанесено покрытие, должна быть расчищена до плотного бетона, очищена от грязи, пыли, масла, быть прочной и не иметь острых выступов.

5.15. Очистка поверхности при подготовке бетона производится механическими щетками, скребками или гидropескоструйным аппаратом с последующей продувкой сжатым воздухом, пропущенным через водомаслоотделитель, а также игольчатыми пистолетами (рис. 13 и 14).



Рис. 13. Подготовка поверхности с помощью бучарды.



Рис. 14. Подготовка бетона игольчатым пистолетом

5.16. При сильном загрязнении поверхности маслами, жирами, асфальтом, цементным молоком механическая очистка сочетается с химической обработкой (нанесение 10%-ного раствора каустической соды с помощью щетки и последующая промывка сильной струей воды).

5.17. При наличии масляных пятен на небольшой поверхности бетона последние удаляются с помощью ветоши, смоченной в бензине, бензоле, ацетоне или другом растворителе.

5.18. Поверхность, имеющая повреждения, расчищается щетками или при помощи скarpели (зубила) до плотного бетона. Трещины с шириной раскрытия более 1 мм раскрываются в виде прямоугольника глубиной 10-30 мм (рис.15, а) или в виде трапеции (рис.15, б). Лучшее сцепление покрытия с бетоном достигается при разделке трещины в виде прямоугольника.

5.19. Глубина выколотых участков не должна сходиться на нет к краю выкола (расчистки). Переход места выкола к неповрежденному бетону должен быть сделан ступенькой под углом около  $90^{\circ}$ . Этот переход может быть организован с помощью зубила и молотка и др.

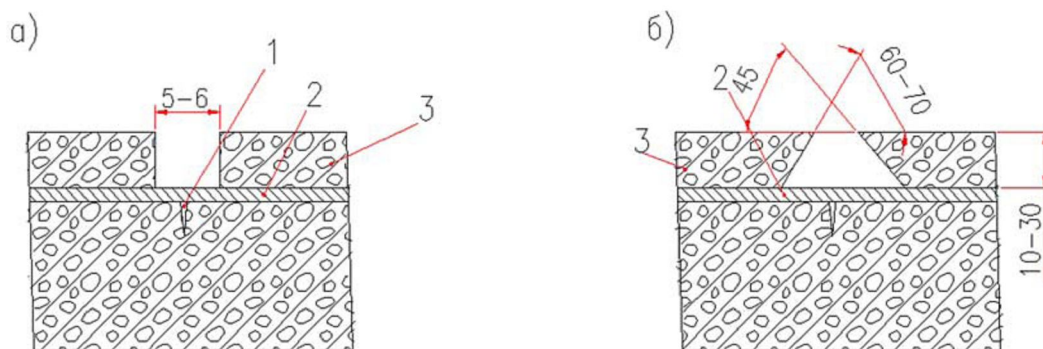


Рис. 15. Схема разделки трещин  
 а) в виде прямоугольника; б) в виде трапеции  
 1 – трещина; 2 – арматура; 3 – защитный слой.

### Устранение дефектов, допущенных в ходе строительства.

5.20. Ремонт дефектов осуществляют двумя способами: без установки опалубки и с установкой опалубки. Небольшие дефекты устраняют без устройства опалубки. Большие и глубокие дефектные места следует заполнять бетоном, удерживаемым с помощью опалубки. Такие места следует армировать и новый бетон скреплять с затвердевшим с помощью штырей.

5.21. При выполнении работ следует использовать только правильные методы исправления дефектных мест (рис. 16).

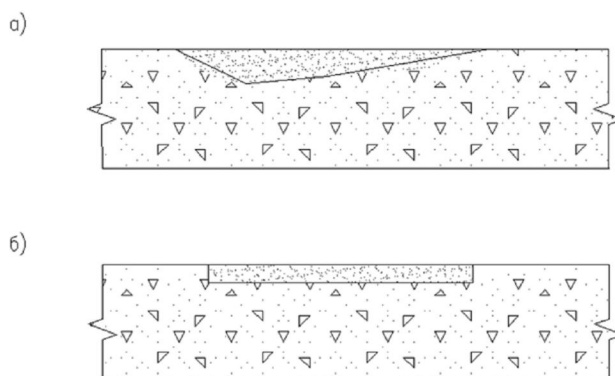


Рис. 16. Схема исправления дефектного участка:  
 а) неправильное исправление; б) правильное исправление

5.22. Щербенистость на поверхности бетона вследствие расслоения бетонной смеси или вытекания цементного теста ликвидируют путем удаления некачественного бетона на 2-3 см (или более) глубже арматурных стержней. Образовавшиеся полости заделывают обычным бетоном, полимербетоном или раствором.

При глубине заделки более 3 см устраивают опалубку.

5.23. Повреждения и сколы глубиной до 30 мм устраняют без устройства опалубки. Повреждения и сколы глубиной более 30 мм устраняют с устройством опалубки.

Повреждения на потолочных поверхностях устраняют с использованием тиксотропных составов, а на вертикальных и наклонных поверхностях – тиксотропными составами, наносимыми набрызгом или наливными составами, заливаемыми в опалубку.

5.24. Рекомендуется также применение опалубочной ткани, которая позволяет достичь хорошего качества бетона.

5.25. Опалубку надежно закрепляют. При устройстве и креплении опалубки необходимо учитывать внутреннее давление подвижного бетона или раствора, а также давление при подаче бетонной смеси. Рекомендуется также применение опалубочной ткани, которая позволяет достичь хорошего качества бетона.

Опалубка должна быть плотной, утечка цементного молока сквозь щели не допускается.

5.26. При ремонтах, в основном, применяют два вида опалубки:

- дощатая двухсторонняя или односторонняя, закрепляемая с помощью стяжек (рис.17, а, б);
- дощатая передвижная опалубка, движущаяся по направляющим или просто дощатая или фанерная опалубка (рис.18).

5.27. В качестве стяжек следует использовать алюминиевые стержни диаметром 12 мм, снабженные на конце резьбой или опалубочным замком. Стяжки не должны касаться арматуры. В случае односторонней опалубки при достаточной толщине ремонтируемой конструкции стяжки заанкериваются с помощью клиновых или других анкеров. При недостаточной толщине для анкерования стяжки пробуривается сквозное отверстие. При этом следует учитывать, что выходное отверстие сопровождается выколом бетона, поэтому бурение отверстий следует производить с противоположной стороны конструкции.

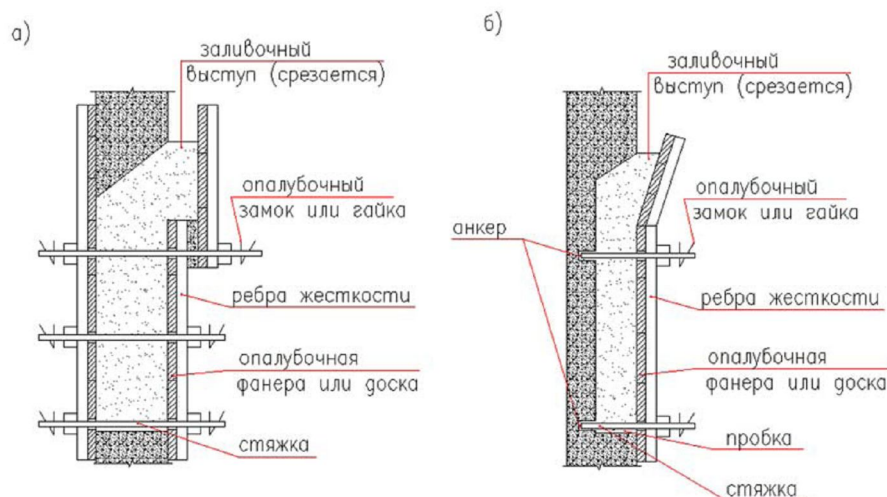


Рис. 17. Дощатая опалубка:  
 а) двухсторонняя дощатая опалубка; б) односторонняя дощатая опалубка

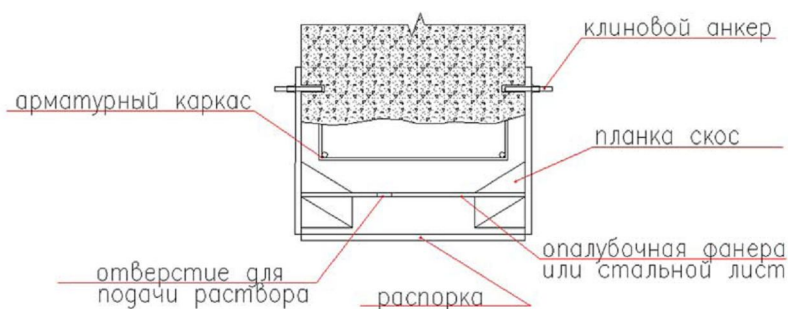


Рис. 18. Дощатая или фанерная передвижная опалубка.

5.28. После снятия опалубки бетонный выступ, который образуется в процессе бетонирования (заливочный выступ) должен быть вырублен (снизу вверх) или срезан алмазным диском.

При необходимости заделываются возможные дефекты на поверхности отремонтированного бетона с использованием ремонтного раствора на основе СТРУКТУРИТА или ЭМАКО S 90.

5.29. Полости и пустоты в бетоне из-за зависания бетонной смеси на арматуре, опалубке и в местах устройства технологических швов, преждевременно схватившегося бетона, устраняют инъецированием с использованием цементных или полимерцементных растворов. Состав инъекционного раствора устанавливают при обследовании и составлении проекта ремонтных работ.

5.30. Трещины конструктивного и технологического характера, температурные, усадочные и поверхностные неактивные (не дышащие) устраняют поверхностной герметизацией без инъекционных работ.



Для устранения трещин используют полимерцементные пасты на базе акриловых полимеров или эпоксидных смол.

5.31. Трещины технологические и конструктивные, температурные, поверхностные, дышащие при колебаниях температур наружного воздуха ликвидируют поверхностной герметизацией эластичными материалами и, при необходимости, в сочетании с инъекционными работами. Для работ используют эластичные эпоксидные смолы или другие герметики, установленные проектом ремонта.

5.32. Трещины силового характера неактивные, не дышащие, но сквозные лечат инъекцированием с использованием жестких цементных или полимерцементных растворов или жестких полимерных смол.

5.33. Сквозные трещины силового и температурного происхождения дышащие (активные) лечат инъекцированием растворов на базе эластичных эпоксидных смол.

5.34. Трещины, пропускающие воду и находящиеся в увлажненном состоянии, лечат инъекцированием с помощью эластичных эпоксидных смол ЭЛД 552 и ЭЛД 738, имеющих хорошую адгезию к увлажненному бетону.

5.35. Трещины неактивные, имеющие большую глубину и малое раскрытие, лечат инъекцированием с помощью растворов, имеющих способность к глубокому проникновению в трещины с раскрытием до 0,02 мм.

5.36. После укладки бетона в дефектное место необходимо произвести его разравнивание. Разравнивание – это удаление избыточного бетона с целью выравнивания верхней поверхности по соответствующему контуру и высоте.

5.37. После разравнивания, пока бетон находится в пластичном состоянии, его поверхность затирают с помощью мастерков и гладилок.

5.38. При бетонировании в конструкциях могут образоваться полости, которые могут находиться в местах устройства технологических рабочих швов, а также при преждевременном схватывании ранее уложенных слоев бетона. Полости следует разделать и заполнять раствором с помощью инъекцирования.

5.39. Для улучшения сцепления свежесуложенного раствора или бетона со старым бетоном поверхность последнего следует обрабатывать праймером.

5.40. Для ремонта поверхностных дефектов (раковин, каверн, отдельных зон непроработанного бетона) глубиной до 15 мм применяют СТРУКТУРИТ, ремонтные материалы ЭМАКО и сухие бетонные смеси фирмы АЛИТ. Повторное затворение бетона после его приготовления не допускается.

### **Ремонт защитного слоя бетона эксплуатируемых конструкций.**

5.41. При малых повреждениях защитного слоя эксплуатируемых конструкций применяют способы ремонта, используемые при возведении новых конструкций.

5.42. Для восстановления несущей способности или усиления конструкции применяют дополнительное армирование (рис.23).



Рис. 23. Восстановление несущей способности балки с помощью дополнительного армирования.

Прикреплять дополнительные стержни электросваркой не рекомендуется, а к предварительно напряженной арматуре – запрещается.

5.43. Для закрепления дополнительной рабочей и конструктивной арматуры в проектном положении следует использовать стальные анкеры, заделанные в «старом» бетоне (рис.24).

Глубина заделки должна быть не менее двадцати диаметров стержня.

5.44. Диаметр скважины принимают на 6 мм больше диаметра вставляемого в нее анкера и наполняют закрепляющим составом на 50-60%, после чего винчивают в нее стержень. От вертикальных поверхностей рекомендуется бурить скважины для анкеров с уклоном вниз (рис.24, а).

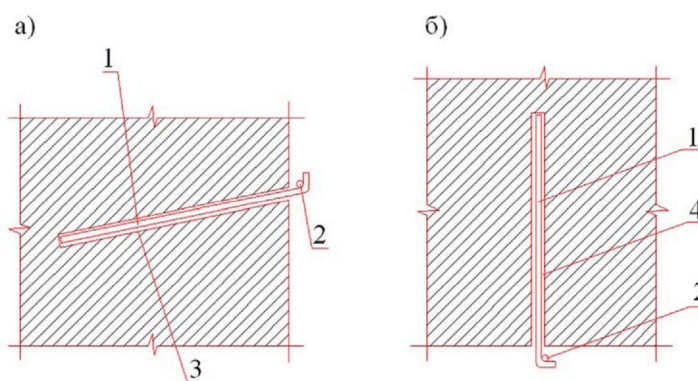


Рис. 24. Устройство анкеров для закрепления арматуры:  
1 – анкер; 2 – арматура; 3 – раствор цемента МАКФЛОУ;  
4 – бетон ЭМАКО S 90

5.45. Технология восстановления защитного слоя бетонных участков эксплуатируемых железобетонных зданий может быть принята следующей:

- оконтуривание поврежденных участков дисковой алмазной пилой;

- удаление бетона на поврежденных участках водоструйной установкой «falch 500 bar» под давлением 50 МПа. В местах, где применить водоструйную установку нельзя, используют электро- и пневмоинструмент;
- гидродинамическая очистка арматуры от ржавчины водоструйной установкой «falch 500 bar» под давлением 50 МПа, а в местах, где нельзя применить водоструйную установку, используют игольчатый пневмопистолет;
- очистка арматуры химическим способом с нанесением состава типа «преобразователь ржавчины» на поверхность арматуры с помощью кисти и пневмоспособом;
- нанесение на арматуру защитного состава МАСТЕРСИЛ 300;
- дополнительное армирование ремонтной сеткой, если бетон удален на глубину более 5 см;
- насыщение поверхности старого бетона водой;
- нанесение раствора набрызгом или методом торкретирования с помощью установки «TURBOSOL» (производство Италия) (рис.25, а).  
При малых объемах работ раствор наносят кельмой;
- выравнивание слоя раствора после набрызга или торкретирования с помощью электрогладилки (рис.25, б);
- отрезок времени между нанесением раствора и разглаживанием длится до тех пор, пока раствор не схватится, т.е. когда пальцы будут оставлять на поверхности легкий след и не будут утопать ниже поверхности;
- далее осуществляют уход за бетоном с использованием пленкообразующих составов.

### **Ремонт и защита эксплуатируемых конструкций с трещинами.**

5.46. Трещины в бетоне эксплуатируемых конструкций заделывают после того, как устранены причины их образования и развитие трещин закончилось. Если требуется заделка трещин, у которых под действием временной нагрузки наблюдается увеличение раскрытия, то их заполняют при наибольшем раскрытии, загружая конструкцию балластом, вес которого эквивалент временной нагрузке.

5.47. Заделку трещин, как правило, производят для предотвращения проникания влаги внутрь железобетона или с целью включения в совместную работу разделенных трещиной частей конструкции. Во втором случае требуются высокопрочные материалы, обладающие повышенной адгезией к старому бетону и кладке, и соблюдение технологии восстановления конструкции, обеспечивающей ее работу на полное сечение.

5.48. Заделку трещин можно начинать только после исправления дефектов гидроизоляции и водоотводов, а также после выхода воды, скопившейся в порах и трещинах бетона (бетон должен быть сухим).

5.49. Способ ремонта выбирают в зависимости от влияния повреждений на несущую способность и долговечность зданий или сооружений с учетом величины раскрытия трещин, их количества и агрессивности окружающей среды.

5.50. При наличии незначительных повреждений конструкции (волосяных трещин, шелушения) может оказаться достаточным нанесение защитного покрытия для исключения от дальнейшего разрушения и предупреждения нежелательного увлажнения конструкций.

5.51. В случае, когда в конструкции имеются трещины, а имеющейся арматуры недостаточно для предотвращения образования новых и дальнейшего раскрытия до недопустимых размеров старых трещин, предусматривают устройство так называемых «пломб».

В указанных случаях с двух сторон от трещины выбирают камеру (рис.29) шириной 150-200 мм и глубиной 50-70 мм, чтобы обнажить существующую арматуру и обеспечить зазор между ней и «старым» бетоном не менее 20 мм. После очистки продувкой сжатым воздухом и увлажнения камеру заполняют фибробетоном.

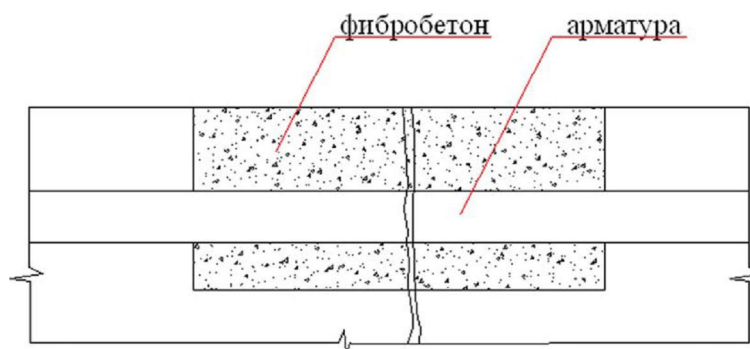


Рис. 29. Схема восстановления монолитности конструкций фибробетоном ЭМАКО:  
1 – фибробетон; 2 – арматура

Используя фибробетоны ЭМАКО, выбирают разновидность материала в зависимости от положения поверхности конструкции, на которую выходит трещина, и других местных условий.

5.52. В бетонных конструкциях разделенные части «сшивают» устройством плоских анкеров, как это показано на рис.30.

В качестве анкеров используют арматуру периодического профиля классов АII или АIII диаметром 10-12 мм. Высота защитного слоя над анкером должна быть не менее 20 мм. Длину части анкера по каждую сторону от трещины принимают равной 15 ... 20 его диаметров. Для заделки анкеров следует использовать состав ЭМАКО S 90.

Устройство плоских анкеров сочетают с нарезкой камеры вдоль трещины и заполнением ее фибробетоном ЭМАКО в соответствии с указаниями предыдущего пункта.

5.53. При наличии глубоких трещин способы ремонта, описанные в предыдущих двух пунктах, следует сочетать с инъецированием в трещины суспензии цемента МАКФЛОУ.

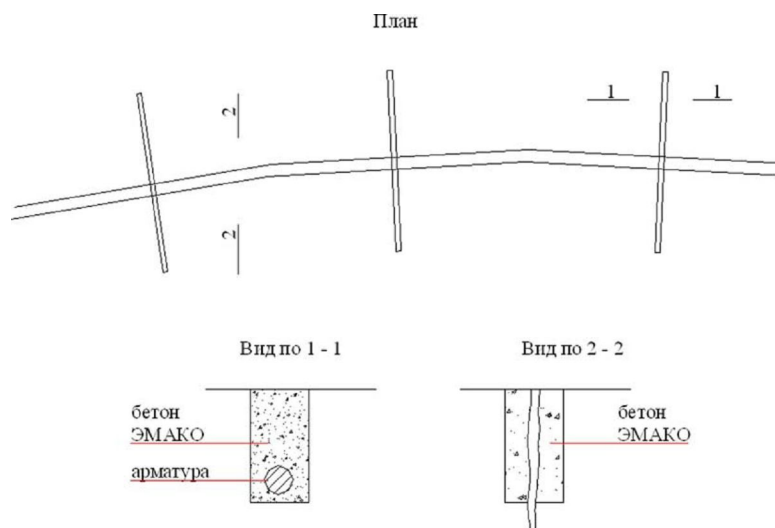


Рис.30. Схема восстановления монолитности бетонных и каменных конструкций:  
1 – арматура; 2 – бетон ЭМАКО

5.54. На вертикальных сухих поверхностях, под которыми не ожидается накопление влаги, допускается устройство защитных покрытий из лаков и красок.

### **Внутренняя гидроизоляция трещин в эксплуатируемых конструкциях.**

5.55. В случае неактивной трещины вдоль ее устья в пределах защитного слоя бетона нарезают камеру и заполняют ее бетоном как показано на рис.31. Ширину камеры и разновидность бетона определяют в зависимости от раскрытия трещины. Минимальная ширина – 4 мм. При ширине до 12 мм используют для заполнения бетона ЭМАКО S 90, при больших – ЭМАКО S88С. Данное техническое решение используют преимущественно при неглубоких трещинах.

5.56. При глубоких неактивных трещинах с раскрытием 2 мм и больше способ ремонта, описанный в предыдущем пункте, дополняют инъекцией водной суспензии цемента в трещину за камерой. При меньшем раскрытии трещины в нее инъецируют составы, имеющие малую вязкость.

5.57. Если трещина носит активный характер, ее следует герметизировать.

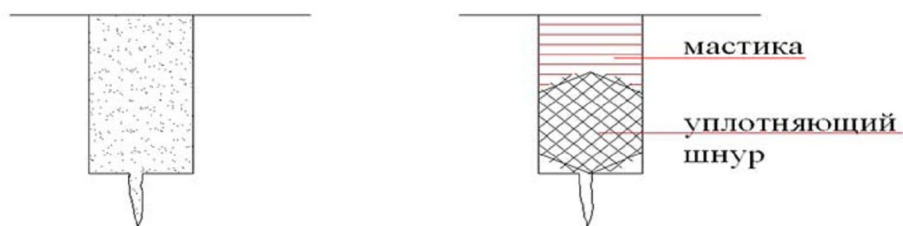


Рис. 31. Гидроизоляция неактивных трещин:

1 – бетон ЭМАКО S 90 или ЭМАКО S88C

Рис. 32. Гидроизоляция активных трещин:

1 – мастика; 2 – уплотняющий шнур

6.58. При ремонте активных глубоких трещин рекомендуется использовать уплотнительные шнуры из синтетического материала вилотерм. Диаметр шнура должен превышать ширину камеры на 2 мм; минимальный диаметр выпускаемых промышленностью шнуров – 8 мм. Соответственно минимальная ширина камеры – 6 мм. При большей величине ожидаемых изменений ширину камеры увеличивают.

### **Инъекционные работы.**

5.59. При производстве инъекционных работ необходимо иметь данные по трещинам. Для установления глубины трещин используют ультразвуковые приборы. Раскрытие трещин определяют с помощью микроскопа Бринеля или специальных приспособлений.

При необходимости глубину трещин определяют выбуриванием кернов.

5.60. Составы инъекционных растворов, а также технологию их нагнетания, определяют для каждого конструктивного элемента на основе данных натуральных обследований, типа трещин, температуры бетона и окружающей среды во время производства работ.

5.61. Работы по герметизации и инжецированию трещин следует производить при отсутствии динамических воздействий на ремонтируемую конструкцию.

5.62. Для инжецирования трещин с раскрытием до 1 мм и глубиной до 45 см рекомендуется применять низконапорную технологию с использованием пневмоинъектора и наклеиваемых накладных штуцеров.

5.63. Для инжецирования глубоких (более 45 см) трещин с раскрытием свыше 1,0 мм следует применять высоконапорную технологию нагнетания с использованием насосов, предназначенных для перекачки масляных жидкостей.

5.64. Инъектирование осуществляют по низконапорной или высоконапорной технологии (рис.33).



Рис. 33. Инъектирование трещин по высоконапорной технологии

При низконапорной (до 0,3 МПа) технологии инъектирования производят наклейку штуцеров путем нанесения на контактируемую с бетоном поверхность основания штуцера быстротвердеющего состава клея типа «жидкие гвозди» шириной не более 5 мм.  
(рис.34).

5.65. При высоконапорной технологии инъектирования в местах установки штуцеров победитовыми или алмазными сверлами в бетоне сверлят отверстия на длину клеиваемой части штуцера плюс 5-10 мм. Закачивают раствор внутрь трещины.



Рис. 34. Штуцера для низконапорной технологии инъектирования, наклеенные вдоль трещины

Инъектирование ведут по схеме «от нижнего штуцера к верхнему» (относительно горизонта).

5.66. Частичную (поверхностную) пропитку бетонных конструкций производят на глубину 5-15 мм с целью увеличения непроницаемости, поверхностной твердости с одновременной заделкой множественных трещин

с шириной раскрытия менее 0,5 мм. Пропитке могут быть подвергнуты плоские и криволинейные поверхности, расположенные горизонтально, вертикально или наклонно.

### **Производство ремонтных работ в холодный период года.**

5.67. При температуре окружающей среды ниже плюс 5С<sup>0</sup> производство ремонтных работ, осуществляют в обогреваемых тепляках с отоплением поверхности ремонтируемой конструкции до температуры не ниже плюс 5С<sup>0</sup>.



## Список литературы.

1. Ахметзянов Ф.Х. К оценке прочности и долговечности повреждаемых бетонных и железобетонных элементов. – Казань: Изд-во «Новое знание», 1997.
2. Обследование и испытание зданий и сооружений. Козачек В.Г., Нечаев Н.В.
3. Ржаницин А.Р. Надежность железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1988.
4. Рекомендации по применению защитно-конструкционных полимеррас-творов при реконструкции и строительстве гражданских зданий. НИЛЭП ОИСИ, М., 1986.
5. В. В. Габрусенко. Аварии, дефекты и усиление железобетонных и каменных конструкций.
6. И.С. Гучкин. Восстановление эксплуатационных качеств железобетонных и каменных конструкций. Учебное пособие. Пенза-1991г.
7. Дефекты бетонных конструкций . Руфферт Г. Стройиздат, 1987.

## Список использованных интернет-ресурсов:

8. Поисковая система Яндекс <http://yandex.ru/>.

**Вопрос:** Перечислите дефекты в железобетонных конструкциях и причины их образования в строящихся объектах?