
МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И
ЖИЛИЩНО - КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С В О Д П Р А В И Л

С П *Проект, первая редакция*

КОНСТРУКЦИИ БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ. ПРАВИЛА
УСИЛЕНИЯ И РЕМОНТА

**Настоящий проект свода правил не подлежит
применению до его утверждения**

Москва 2016

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила разработки - постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2016 г. № 624 «Об утверждении правил разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил».

Сведения о своде правил

- 1 РАЗРАБОТАН - НИИЖБ им. А.А. Гвоздева – институт АО «НИЦ «Строительство», Закрытое акционерное общество "Триада-Холдинг" (ЗАО "Триада-Холдинг").
- 2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 "Строительство"
- 3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от _____ 201__ г. № _____ и введен в действие с _____ 201__ г.
- 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ
- 5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

Информация об изменениях к настоящему своду правил публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», и в официальном периодическом печатном издании федерального органа исполнительной власти, утвердившего данный свод правил, а текст изменений и поправок - в этом печатном издании и ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет (gost.ru).

© Минстрой России, 2016

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минстроя и ЖКХ России.

Содержание

1 Область применения	5
2 Нормативные ссылки	6
3 Термины и определения	8
4 Требования к обследованию бетонных и железобетонных конструкций.....	9
5 Выбор материалов и систем для ремонта и подготовка к ремонту	11
6. Основные принципы проектирования ремонта и усиления несущих конструкций и реализующие их методы	19
7 Требования к материалам для усиления,и соединениям	66
8 Конструктивные решения по усилению	68
8.1 Конструктивные решения по усилению на действие изгибающих моментов	68
8.2 Конструктивные решения по усилению сжатых элементов.....	76
9 Требования к расчету усиленных конструкций	80
9.1 Общие положения	80
9.2 Расчет по предельным состояниям первой группы.....	81
10. Требования к контролю качества работ по ремонту и усилению	94
11. Требования техники безопасности при выполнении работ по ремонту и усилению	108
Приложение А Основные буквенные обозначения.	111

Введение

Настоящий свод правил разработан с учетом обязательных требований, установленных в Федеральных законах от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и содержит общие требования к усилению и ремонту бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений различного назначения.

Свод правил разработан авторским коллективом НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО "НИЦ "Строительство" (руководитель работы - канд. техн. наук А.Н. Болгов; доктора техн. наук С.С. Каприелов, В.Ф. Степанова, канд. техн. наук Д.В. Кузеванов, С.И. Иванов; ЗАО "Триада-Холдинг" (руководитель работы - д-р техн. наук А.А. Шилин, канд. техн. наук А.М. Кириленко, М.В. Зайцев, Д.В. Каргузов, ст. инж. А.Б. Щукина, инж. Д.В. Боган).

СВОД ПРАВИЛ

КОНСТРУКЦИИ БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ. ПРАВИЛА УСИЛЕНИЯ И РЕМОНТА

CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES. RULES OF STRUCTURAL REINFORCEMENT AND REPAIR

Дата введения –

1 Область применения

1.1 Настоящий свод правил распространяется на проектирование усиления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений различного назначения, эксплуатируемых в климатических условиях России (при систематическом воздействии температур не выше 50 °С и не ниже минус 70 °С).

1.2 Свод правил устанавливает требования к проектированию усиления бетонных и железобетонных конструкций, изготовленных из тяжелого, мелкозернистого и конструкционного легкого бетона.

1.3 Требования настоящего свода правил не распространяются на проектирование усиления бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, мостов, транспортных тоннелей, труб под насыпями, покрытий автомобильных дорог и аэродромов, армоцементных конструкций, а также конструкций, изготавливаемых из бетонов средней плотностью менее 1600 и свыше 2500 кг/м³.

1.4 При проектировании усиления бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для работы в особых условиях эксплуатации (при сейсмических воздействиях, в условиях повышенной влажности и т. п.), должны соблюдаться дополнительные требования, предъявляемые к таким конструкциям соответствующими нормативными документами.

1.5 Требования настоящего свода правил распространяются на проектирование и расчет бетонных и железобетонных конструкций, усиливаемых стальным прокатом, бетоном и железобетоном.

1.6 Усиливаемые конструкции следует проектировать в соответствии с требованиями СП 63.13330 и СП 16.13330 (при усилении стальным прокатом) и данного документа.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы ссылки на следующие нормативные документы:

- СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования;
- СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.
- СП 1.1.1058-01 Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий;
- СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений;
- СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81*» Стальные конструкции.
- СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11-85» Защита строительных конструкций от коррозии.
- СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003;
- СП 70.13330 «3.03.01-87» Несущие и ограждающие конструкции.
- СП XXX-2016 Сборно-монолитные конструкции. Правила проектирования.
- ГОСТ Р 52544-2006 Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов.
- ГОСТ Р 52892-2007 Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию;
- ГОСТ 9.072-77 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Термины и определения;
- ГОСТ 9.407-2015 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида;
- ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности;
- ГОСТ 112-78 Термометры метеорологические стеклянные. Технические условия;
- ГОСТ 535-2005 Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия.
- ГОСТ 1759.0-87 Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия.
- ГОСТ 18123-82 Шайбы. Общие технические условия.
- ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики;
- ГОСТ 5382-91 Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа;
- ГОСТ 8509-93 Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент.
- ГОСТ 8510-86 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент.
- ГОСТ 8240-89 Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент.
- ГОСТ 8239-89 Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент.
- ГОСТ 8731 87 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия.
- ГОСТ 10181-2014 Смеси бетонные. Методы испытаний;
- ГОСТ 12730.0–78 Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости;
- ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Методы определения плотности;
- ГОСТ 12730.2–78 Бетоны. Метод определения влажности;
- ГОСТ 12730.3–78 Бетоны. Метод определения водопоглощения;
- ГОСТ 12730.5–84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости;
- ГОСТ 13840-68 Канаты стальные арматурные 1х7. Технические условия
- ГОСТ 14098-2014 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры

ГОСТ 15140-78 Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии;
ГОСТ 16976-71 Покрытия лакокрасочные. Метод определения степени меления;
ГОСТ 17623-87 Бетоны. Радиоизотопный метод определения средней плотности;
ГОСТ 17624-2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности;
ГОСТ 17625-83 Конструкции и изделия железобетонные. Радиационный метод определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры;
ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности;
ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент
ГОСТ 21718-84 Материалы строительные. Диэлькометрический метод измерения влажности;
ГОСТ 22904–93 Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры;
ГОСТ 22690–2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля;
ГОСТ 28570–90 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций;
ГОСТ 28574-2014 Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий;
ГОСТ 31383-2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний;
ГОСТ 31384-2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования;
ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния;
ГОСТ 31993-2013, ISO 2808:2007 Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия;
ГОСТ 32016-2012 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Общие требования;
ГОСТ 32017-2012 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к системам защиты бетона при ремонте;
ГОСТ 32943-2014 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к клеевым соединениям элементов усиления конструкций;
ГОСТ 56378-2015 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к ремонтным смесям и адгезионным соединениям контактной зоны при восстановлении конструкций;

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем своде правил применяют термины по СП 63.13330 и по другим нормативным документам, на которые имеются ссылки, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **бетонное основание:** Часть ремонтируемой или усиленной железобетонной конструкции на которую наносятся ремонтные материалы или к которой крепятся конструкции усиления.

3.2 **гидрофобизирующая пропитка:** обработка бетона путем создания водоотталкивающей поверхности, при этом поры и капилляры остаются незаполненными, пленка на поверхности бетона не образуется, внешний вид меняется мало или не меняется вообще.

3.3 **дефект:** Отдельное несоответствие конструкций какому-либо параметру, установленному проектной и технологической документацией или нормативным документом.

3.4 **защита:** меры, которые направлены на то, чтобы предотвратить или уменьшить образование дефектов в конструкции

3.5 **повреждение:** Неисправность, полученная конструкцией при изготовлении и выполнении строительно-монтажных работ на площадке.

3.6 **пропитка:** обработка бетона для уменьшения поверхностной пористости и для упрочнения поверхности, поры и капилляры заполнены частично или полностью.

3.7 **покрытие:** обработка путем создания на поверхности бетона сплошного защитного слоя.

3.8 **материал:** компоненты, собранные по определенному рецепту в композит для ремонта или защиты бетонных конструкций.

3.9 **отклонение:** Превышающее допуски отклонение фактического значения показателя качества продукции от номинального значения, установленного проектной и технологической документацией или нормативным документом.

3.10 **полимерцементные растворы или бетоны:** растворы и бетоны, модифицированные введением добавок полимеров, которые используются в количествах, достаточных для придания им особых свойств.

3.11 **ремонт железобетонной конструкции:** Комплекс конструктивных мероприятий и технологических работ, направленных на восстановление несущей способности и эксплуатационных свойств конструкции, нарушенных вследствие дефектов изготовления или в процессе ее эксплуатации.

3.12 **система:** два или более материала, используемые вместе или по очереди при выполнении ремонта или защиты бетонных конструкций.

3.13 **техническое свидетельство:** Документ, разрешающий применение в строительстве на территории Российской Федерации новой продукции при условии ее соответствия приведенным в свидетельстве требованиям.

3.14 **усиление железобетонной конструкции:** Комплекс конструктивных мероприятий и технологических работ, направленных на повышение несущей способности и эксплуатационных свойств конструкции.

3.15 **уплотнение (конструкционное) с адгезионно-силовым замыканием:** Уплотнение в полости трещины на полимерной или цементной основах с жесткой структурой, адгезионно связанное с бетоном конструкции, способное воспринимать нагрузку (в том числе от действия воды) и передавать напряжения (группа АС).

3.16 **уплотнение (неконструкционное) с адгезионно-герметизирующим замыканием:** уплотнение в полости трещины на полимерной основе с упруго-эластичной водонепроницаемой структурой, адгезионно связанное с бетоном конструкции, способное

воспринимать воздействия от перемещений при подвижке трещины и давления воды (группа АГ).

3.17 уплотнение (неконструкционное) с компрессионно-герметизирующим замыканием: Уплотнение в полости трещины на полимерной гидрофильной основе с гелеобразной ограниченно набухающей структурой, компрессионно (под действием набухания при поглощении влаги) связанное с бетоном конструкции, способное воспринимать воздействия от перемещений при подвижке трещины и давления воды (группа КГ).

4 Требования к обследованию бетонных и железобетонных конструкций

4.1. Общие положения

4.1.1 Обследование железобетонных конструкций следует проводить в случаях, предусмотренных п.4.2 СП 13-102-2003.

4.1.2 Задачи обследования, а также объем работ по обследованию должны определяться в соответствии с поставленной целью, которые должны быть достаточны для принятия решений о необходимости выполнения работ по усилению и ремонту, а также определения объема данных работ.

4.1.3 Работы по обследованию следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 31937 и СП 13-102-2003. При оценке состояния конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, следует учитывать положения, изложенные в ГОСТ 31384-2008.

4.1.4 На основании натурных обследований должны быть установлены: геометрические размеры сечения, армирование конструкции, прочность бетона и вид арматуры, прогибы конструкции и ширина раскрытия трещин, дефекты и повреждения, нагрузки статическая схема конструкций.

4.1.5 В результате обследования должны быть установлены:
причины появления повреждений и дефектов;
степень поврежденности конструкций;
влияние дефектов и повреждений на несущую способность и долговечность конструкций;
участки, требующие ремонта и (или) усиления.

4.1.6 Причины возникновения повреждений и дефектов в бетоне конструкций следует разделять на:

- механическое воздействие;
- химическое воздействие (растворения, расширения);
- воздействие биологических кислот;
- физическое воздействие (воздействие циклов замораживания-оттаивания).

Причины возникновения повреждений и дефектов в арматуре конструкций следует разделять на:

- электрохимическую коррозию;
- коррозию, вызванную карбонизацией бетона;
- коррозию, вызванную хлоридами;
- коррозию в трещинах;
- коррозию, вызванную выщелачиванием бетона;
- коррозию, вызванной блуждающими токами;
- коррозию напрягаемой стальной арматуры.

4.2 Диагностика состояния бетона и железобетона и выявление причин повреждения конструкций

4.2.1 Оценка прочности бетона, водопоглощения, остаточной морозостойкости

4.2.1.1 Дефекты и пустоты в бетоне, выявленные в ходе визуального осмотра, подлежат обязательной фиксации. Скрытые дефекты и повреждения определяются методами неразрушающего контроля, основанными на измерении акустических волн.

4.2.1.2 Основным методом оценки скрытых повреждений и дефектов – ультразвуковой метод. Кроме того, для выявления скрытых дефектов и повреждений допускается применение различных вариантов эхо-импульсного метода и георадиолокационный метод.

4.2.1.3 Фактический класс бетона следует определять по ГОСТ 18105 с применением неразрушающих методов по ГОСТ 22690, ГОСТ 17624, а также разрушающих методов по ГОСТ 28570.

4.2.2 Определение глубины карбонизации бетона и наличия содержания агрессивных компонентов по отношению к арматуре и бетону

4.2.2.1 Глубину карбонизации бетона определяют одним из следующих способов:

- индикаторный тест с фенолфталеином (колориметрический метод);
- рентгеновский дифракционный анализ;
- инфракрасная спектроскопия;
- дифференциальная сканирующая калориметрия;
- химический анализ.

4.2.2.2 По возможности следует применять наиболее простой колориметрический метод заключающийся в следующем: сколы бетона на конструкции или образцы - керны раскалывают и поверхность скола смачивают 0,1%-ным спиртовым раствором фенолфталеина. О глубине карбонизации судят по границе изменения окрашивания.

4.2.2.3 Наличие и количественное содержание хлоридов в бетоне определяют методом аргентометрии. Наличие хлоридов устанавливают на сколе бетона, который смачивают 1% -ым раствором нитрата серебра (AgNO_3). О наличии хлоридов судят по выпадению белого осадка. Количественное содержание определяют по результату титрования водной вытяжки измельченного образца бетона с пересчетом на массу цемента. Содержание хлоридов более 0,4% от массы цемента указывает на потенциальную опасность коррозии арматуры.

4.2.3 Определение параметров трещин в бетоне

4.2.3.1 При обследовании следует фиксировать следующие параметры трещин: зону расположения и ее ориентацию относительно геометрии конструкции, ширину раскрытия на уровне арматуры, характер раскрытия (переменный, либо постоянный по длине).

4.2.3.2 Определение глубины трещин (в элементах конструкции с односторонним доступом) следует осуществлять либо разрушающими (например, зондирование путем сверления), либо неразрушающими методами (например, ультразвуковые измерения).

4.2.3.3 Глубину трещины рекомендуется также определять путем инъектирования в нее полимерной смолы с низкой вязкостью и измерения глубины трещины после затвердевания смолы и высверливания цилиндрического образца непосредственно на трещине.

4.2.3.4 Определение динамики раскрытия трещин следует проводить путем изготовления маяков из гипса или строительного раствора. Маяки наносятся перпендикулярно трещине в месте, где раскрытие трещины приводит к образованию

трещины в гипсовом маяке. Края трещины в гипсе или строительном растворе позволяют точно измерить ширину раскрытия.

4.2.3.5 Долгосрочную динамику раскрытия трещин следует проводить с использованием деформометров (для периодического фиксирования параметров трещины) или датчиков линейных перемещений, обеспечивающих непрерывную регистрацию изменений параметров трещины.

4.3 Диагностика состояния арматуры в бетоне

4.3.1 Наличие и характер коррозионных повреждений арматуры

4.3.1.1 Оценку степени коррозии арматуры следует выполнять по остаточному диаметру измеряемому с точностью 0,1мм. Для этого на вскрытом участке следует удалить продукты коррозии механическим способом, например с помощью мягкой стальной щетки.

4.3.1.2 При отсутствии визуальных признаков коррозии арматуры, состояние арматуры в бетоне следует определять путем измерения потенциала стали в бетоне и измерения электрического сопротивления бетона.

4.3.1.3 Электрохимический потенциал измеряется на поверхности бетона при помощи высокоомного вольтметра по сравнению с контрольным электродом. Положительный вывод вольтметра подключается к арматуре, что требует локального вскрытия защитного слоя бетона и удаления продуктов коррозии с оголенной арматуры. В противном случае электрическое соединение между вольтметром и арматурой может оказаться ненадежным. Соединение с арматурой следует выполнять при помощи зажима или соединительной вилки.

4.4 Оценка остаточной несущей способности железобетонной конструкций

4.4.1 Оценку остаточной несущей способности конструкций следует устанавливать на основании поверочных расчетов, с учетом имеющихся дефектов и повреждений, а также фактических характеристик бетона, в соответствии с общими правилами по СП 63.13330.

5 Выбор материалов и систем для ремонта и подготовка к ремонту

5.1. Общие положения

5.1.1 В настоящем разделе приведены общие методики и типы материалов для ремонта и защиты бетонных конструкций. Большинство методов в качестве первой операции при выполнении ремонтных работ требуют подготовки бетонной поверхности.

5.2. Подготовка бетонной поверхности

5.2.1 Для обеспечения надлежащего и долговечного сцепления ремонтного материала с бетонным основанием следует выполнять подготовку поверхности. При выборе метода подготовки поверхности необходимо руководствоваться данными, приведенными в таблице 1, в которой дано краткое описание отобранных и наиболее распространенных методов подготовки поверхности.

Таблица 1

Тип	Методика		Используется для ^а					Типовые области применения	Требование	Требуемая последующая обработка
	Инструменты		1	2	3	4	5			
1	2		3					4	5	6
Механическое ударное воздействие	Молоток (чеканочный)	Вручную	x	x	x			Небольшие площади ^б	Следует избегать повреждения арматуры, особенно напрягаемой стальной арматуры	Дробеструйная обработка
	Долото	Электрическое или пневматическое								
	Пучковый зачистной молоток		x	x			(x)			
Зачистка щеткой	Вращающаяся стальная щетка		x	x			(x)	В зависимости от типа инструмента		Очистка
Фрезеровка	Фрезеровочная машина		x	x	x			Большие площади снятия на горизонтальных поверхностях	Как правило, снятие ≤ 5 мм в ходе каждой операции; для больших площадей требуются самоуставливающиеся уровни	Дробеструйная обработка
Перемалывание	Перемалывающая машина		x	x				Небольшие площади		Очистка
Огневая очистка	Оборудование для огневой очистки ^с		x	x				Вертикальные и горизонтальные поверхности		Очистка
Беспылевая дробеструйная обработка	Дробеструйная обработка с дополнительным пылесосом		x	x	(x)	x		Вертикальные и горизонтальные поверхности — в зависимости от используемого оборудования		
Дробеструйная обработка	Дробеструйная обработка с использованием сжатого воздуха		x	x	(x)	x		Вертикальные и горизонтальные поверхности	Защита от пыли; не содержащий масел сжатый воздух	Очистка
	Дробеструйная обработка с использованием влажного абразива		x	x	(x)	(x) ^е				
	Гидроструйная очистка высокого давления		x	x	(x) ^д	(x) ^е				
Очистка	Сжатый воздух						x	Не горизонтальные поверхности ^б	Защита от пыли не требуется; не содержащий масел сжатый воздух	
	Пылесос						x	Горизонтальные поверхности		
	Гидроструйная очистка		(x)				x	Удаление, например моха и аналогичных загрязнений		

^а Используется для: 1 = удаление пропиток, покрытий или отверждающих реагентов; 2 = удаление цементного молока; 3 = удаление непрочного бетона и оголение арматурных стержней; 4 = удаление пыли; 5 = очистка бетонной поверхности

^б Риск повреждения качественного бетона.

^с Требуется удаление термически разрушенного бетона.

5.3 Замена поврежденного бетона

5.3.1. Общие положения

5.3.1.1 В зависимости от состояния конструкционного бетона или загрязнения бетона хлоридами, а также глубины карбонизации, определенный объем бетона, повреждается вследствие коррозии бетона или арматурных стержней или снимается во время ремонта. Такие удаленные участки подлежат замене подходящим материалом. В целом для ремонта бетона следует использовать следующие материалы:

- цементные растворы или бетон;
- торкретируемые цементные растворы или бетон;
- полимер-модифицированные цементные растворы или бетон;
- полимерные растворы.

5.3.2. Бетон и торкрет-бетон

5.3.2.1 Для значительной толщины ремонтируемого бетона следует применять бетон ГОСТ 26633–2012 и торкрет-бетон ВСН 126-90. Бетон и торкрет-бетон характеризуется минимальным размером заполнителя 8 мм и обычно наносится слоями толщиной не менее 30 мм (торкрет-бетон) или 50 мм (монолитный бетон).

5.3.3. Цементные растворы

5.3.3.1 Для цементных растворов максимальный размер зерен ограничен 4 мм, а наносимые слои должны иметь толщину от 20 до 40 мм. Цементные растворы нормированы и также должны соответствовать требованиям, обусловленным внешними факторами воздействия, а также несущими характеристиками конструкции. Цементные растворы, следует использовать для создания более тонких слоев по сравнению со слоями бетона. Нанесение должно осуществляться путем заливки в опалубку или путем торкретирования. При нанесении цементных растворов торкретированием в сухую смесь добавляются полимеры, и такие материалы называются полимер-модифицированными торкретируемыми цементными растворами/бетоном.

5.3.4. Полимер-модифицированные растворы

5.3.4.1 Основу полимер-модифицированных растворов составляет цементный раствор, содержащий дополнительные полимеры. Такие растворы следует наносить вручную (полимерцементный бетон) или торкретированием (торкретируемый полимерцементный бетон). Выбор метода нанесения осуществляется с учетом ориентации поверхности.

5.3.5 Полимерные растворы

5.3.5.1 В отличие от бетона, цементных растворов или полимер-модифицированных растворов полимерные растворы состоят исключительно из полимеров и не содержат цемента в качестве вяжущего вещества.

5.3.6 Грунтовочное и мелкозернистое покрытие

5.3.6.1 Грунтовочное и мелкозернистое покрытие следует наносить перед и после нанесения полимерцементного бетона. Грунтовочные покрытия следует наносить на бетонную поверхность и на арматуру. Это обеспечивает сцепление с бетоном и стальными

СП

(Проект, первая редакция)

поверхностями. Оба покрытия содержат наполнитель с максимальным размером зерна менее 1 мм, что обеспечивает нанесение с небольшой толщиной. Нанесение покрытия следует выполнять кистью или эквивалентными инструментами.

5.3.7 Противокоррозионное защитное покрытие

5.3.7.1 Перед ремонтом бетона на арматурные стержни наносят противокоррозионные защитные покрытия. Противокоррозионные защитные покрытия состоят из эпоксидных смол или материалов на основе цемента.

5.3.7.2 Противокоррозионные защитные покрытия на основе цемента следует использовать в сочетании с грунтовочным покрытием и применяются без ограничений, поскольку такие материалы обеспечивают активную защиту стали за счет собственной щелочности, а не путем создания барьера вокруг стали, как это делают системы на основе эпоксидных смол.

5.4 Заполнение трещин

5.4.1. Общие положения

5.4.1.1 Для заполнения трещин следует использовать инъекционно-уплотняющие составы на цементной или полимерной основах. В соответствии с ГОСТ 33762-2016 заполнение трещин осуществляют одним из методов:

нагнетанием состава под принудительным давлением;

нагнетанием состава под действием гравитации и капиллярного впитывания.

5.4.1.2 В результате нагнетания в трещине образуют уплотнения следующих видов:

уплотнение конструкционное с адгезионно-силовым замыканием (группа АС);

уплотнение неконструкционное с адгезионно-герметизирующим замыканием (группа АГ);

уплотнение неконструкционное с компрессионным-герметизирующим замыканием (КГ)

5.4.1.3 Подвижки трещины в пределах 10-15 мкм вследствие воздействия транспортной нагрузки не влияют на адгезию составов на полимерной основе.

5.4.1.4 Уплотнения группы КГ не используют при подвижках трещин в течение суток, за исключением случаев, когда уплотнение имеет некоторый излишек материала уплотнения, выходящий за пределы внешней границы конструкции. Данную группу уплотнений следует применять для трещин, находящихся в следующих состояниях: влажном, мокром и с активной протечкой.

5.4.1.5 Уплотнения группы АС из составов на цементной основе следует применять при подвижках трещин в течение суток, если имеется подтверждение, что их адгезионная связь (прочность сцепления) с бетоном конструкции составляет более 2 н/мм² и не будет нарушена в течение 10 ч при наименьшей допустимой температуры использования, определенной производителем состава.

5.4.1.6 Вне зависимости от вида уплотнения трещины необходимо учитывать ее влажностное состояние для выбора подходящего инъекционно-уплотняющего состава. На выбор материала влияют следующие показатели:

минимальная ширина трещины;
влажностное состояние трещины,
подвижность трещины.

5.4.2. Эпоксиды

5.4.2.1 Эпоксидные смолы используются для силового замыкания трещин с шириной свыше 0,1 мм. Они представляют собой двухкомпонентные материалы, которые, не содержат растворителей и имеют достаточно низкую вязкость в диапазоне примерно от 150 до 400 мПа*с. Эпоксидные смолы всегда обеспечивают отличную адгезию к бетону. В зависимости от типа эпоксидной смолы, содержание влаги в трещине варьируется, как и минимальная ширина трещин, а также максимальная рабочая температура. Требуемый уровень влаги в трещине зависит от типа эпоксидной смолы. В трещинах, через которые течет вода, требуется использовать полиуретановые смолы.

5.4.3 Полиуретановые смолы

5.4.3.1 Полиуретановые смолы представляют собой реактивные полимеры, используемые для эластичного заполнения трещин. Они могут применяться во влажных трещинах и даже в трещинах с постоянным протеканием воды. В зависимости от типа полиуретановой смолы для инъектирования требуется один или два компонента. Однокомпонентные полиуретановые смолы образуют пену при смешивании с водой; двухкомпонентные полиуретановые смолы (изоцианаты и полиолы) образуют стабильную и непроницаемую гель после смешивания двух компонентов друг с другом.

5.4.4 Акриловые гели

5.4.4.1 Гели данного типа должны использоваться для инъектирования почвы или неармированных конструкций в целях снижения переноса воды в конструкцию. Если предполагается использование акриловых гелей в контакте со сталью, должен быть представлен сертификат, подтверждающий эффективную и долговечную защиту от коррозии.

5.5 Назначение системы защиты для восстановления поверхности бетонных и железобетонных конструкций

5.5.1. Общие положения

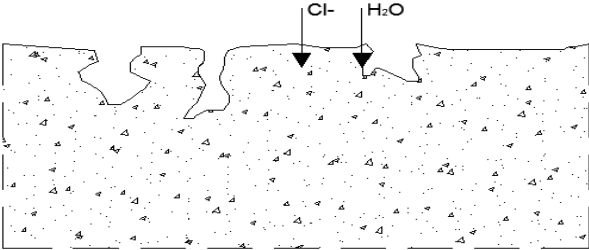
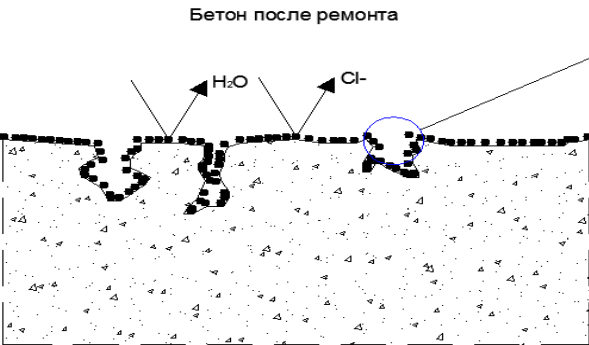
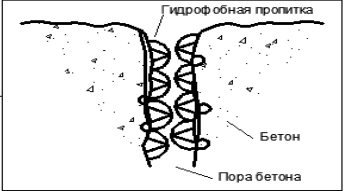
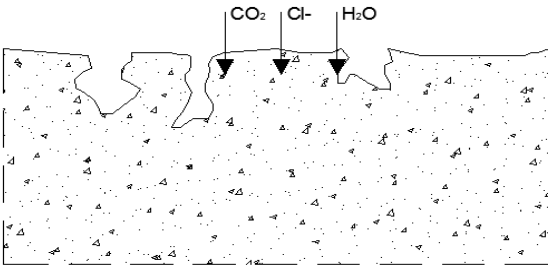
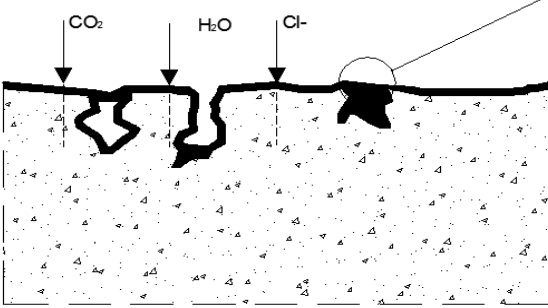
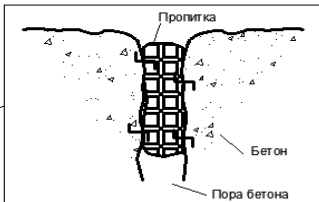
5.5.1.1 Системы защиты поверхности являются главным элементом ремонта и восстановления бетонных конструкций. В стандарте ГОСТ 32017-2012 рассматриваются следующие типы систем защиты поверхности:

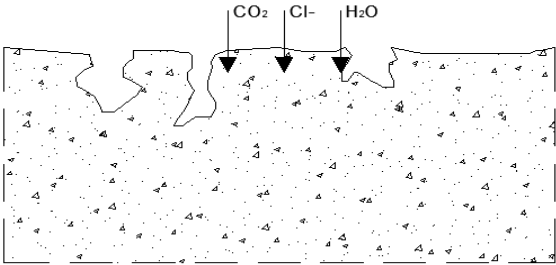
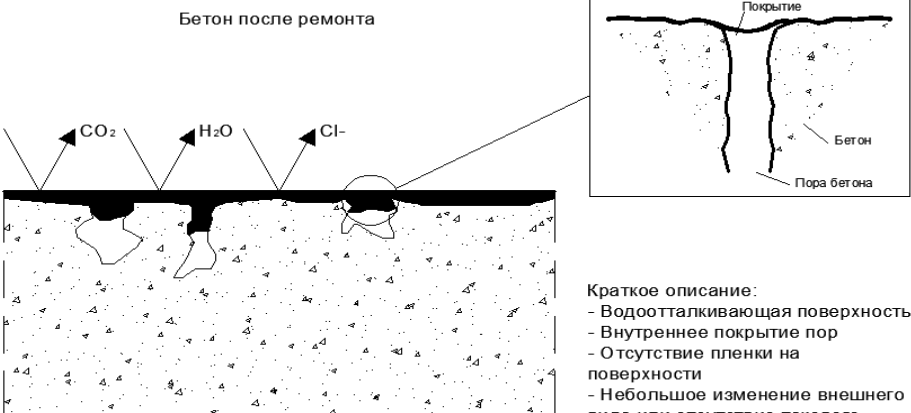
гидрофобная пропитка;
пропитка;
покрытие.

5.5.1.2 В таблице 2 представлено схематичное изображение данных трех различных типов систем защиты поверхности вместе с кратким описанием.

5.5.1.3 В последующих разделах дано краткое описание основных характеристик указанных трех типов систем защиты поверхностей, а также наиболее распространенных материалов, применяемых для каждой системы защиты поверхности.

Таблица 2

Наименование метода	Описание метода
Гидрофобная пропитка	<p style="text-align: center;">Бетон до ремонта</p>  <p style="text-align: center;">Бетон после ремонта</p>  <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Гидрофобная пропитка</p>  <p>Бетон</p> <p>Пора бетона</p> </div> <p>Краткое описание:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Водоотталкивающая поверхность - Внутреннее покрытие пор - Отсутствие пленки на поверхности - Небольшое изменение внешнего вида или отсутствие такового
Пропитка	<p style="text-align: center;">Бетон до ремонта</p>  <p style="text-align: center;">Бетон после ремонта</p>  <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Пропитка</p>  <p>Бетон</p> <p>Пора бетона</p> </div> <p>Краткое описание:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Не сплошная тонкая пленка на бетонной поверхности - Видимая пленка - Частичное или полное запечатывание пор

Наименование метода	Описание метода
Покрытие	<p style="text-align: center;">Бетон до ремонта</p>  <p style="text-align: center;">Бетон после ремонта</p>  <p>Краткое описание: - Водоотталкивающая поверхность - Внутреннее покрытие пор - Отсутствие пленки на поверхности - Небольшое изменение внешнего вида или отсутствие такового</p>

5.5.2. Гидрофобные пропитки

5.5.2.1 Гидрофобные пропитки применяются для защиты конструкций из натурального камня или бетона и обеспечивают образование невидимой пленки на поверхности основы, значительно снижая уровень водопоглощения конструкции.

5.5.2.2 В качестве средств пропитки используются силаны или силоксаны, разбавляемые водой или спиртом. Данные материалы поставляются в виде готовых к применению продуктов, при этом нанесение на месте осуществляться распылителем или кистью в зависимости от вязкости материала. Вязкость варьируется от водянистой до кремообразной консистенции. Высыхание всех материалов после нанесения происходит путем испарения раствора. Жидкие системы обеспечивают достаточно быстрое высыхание, однако гидрофобные пропитки с кремообразной консистенцией дольше остаются на поверхности. Это обычно приводит к повышенной глубине проникновения, что является синонимом более высокой эффективности, а значит – лучшей и более эффективной защиты основания.

5.5.2.3 Гидрофобная пропитка покрывает стенки пор. Вследствие повышенного угла контакта стенки поры вода не способна проникнуть в основание. Тем не менее, водяные пары или вода под давлением проникают в системы пор основания.

5.5.2.4 Преимущество гидрофобных пропиток состоит в обеспечении водоотталкивающей поверхности без изменения внешнего вида и оказания негативного влияния на перенос водяных паров внутри материала. В случае применения гидрофобных

пропиток в сочетании с покрытиями основная их функция заключается в повышении прочности адгезии покрытия к поверхности в долгосрочной перспективе.

5.5.3 Пропитки

5.5.3.1 Пропитки используются для снижения пористости поверхности в целях уменьшения проникновения паров или жидкостей и повышения механической прочности самой поверхности. В отличие от гидрофобных пропиток, поры основания запечатываются частично или полностью, а на поверхности основания образуется не сплошная и тонкая пленка. Кроме того, нанесение пропитки приводит к изменению внешнего вида поверхности. Тем не менее, пропитка не приводит к образованию слоя с явно выраженной толщиной.

5.5.3.2 Пропитки изготавливаются на основе органических полимеров, например эпоксидных, полиуретановых смол или акриловых дисперсий, не содержащих наполнитель или пигменты. Нанесение в основном осуществляется кистью, а если требуется обработка горизонтальных участков с большой площадью, пропитка выливается на поверхность и разравнивается при помощи специального шпателя. Если пропитка используется в составе системы защиты поверхности, ее необходимо присыпать песком для обеспечения надежного сцепления между пропиткой и последующими слоями.

5.5.4 Системы покрытий на основе полимеров

5.5.4.1 Покрытия образуют сплошной защитный слой на поверхности бетона определенной заданной толщиной. Они наносятся для исключения проникновения вредных веществ, повышения механической стойкости бетона и перекрытия трещин – как подвижных, так и неподвижных. Стандартная толщина покрытий варьируется в диапазоне от 0,1 до 5,0 мм увеличивается в зависимости от предельных условий.

5.5.4.2 В зависимости от предполагаемого назначения покрытия могут изготавливаться, например, на основе эпоксидных или полиуретановых смол, акрилатов, полимерных дисперсий или цементных составов. Они могут содержать наполнитель, в качестве которого обычно используется кварцевый песок с размером зерна до 1 мм.

5.5.5 Системы покрытий на основе битумных материалов

5.5.5.1 Системы защиты поверхности на основе полимеров характеризуются толщиной всего в пару миллиметров, в результате чего дополнительный вес получается крайне незначительным. Данные системы защиты поверхности подходят для движения низкоскоростного транспорта, например на подземных парковках или в аналогичных условиях. При использовании системы защиты поверхности на основе полимеров для движения высокоскоростного или большегрузного транспорта, например грузового, необходимо более механически стойкое техническое решение. Для данных областей применения используются покрытия на основе битумных материалов, в основном асфальтовые мастики. Если для защиты от проникновения предполагается использовать асфальтовую мастику, на бетонную поверхность может наноситься не только асфальт, поскольку асфальтовая мастика не обеспечивает достаточной герметизации и защиты от проникновения.

6. Основные принципы проектирования ремонта и усиления несущих конструкций и реализующие их методы

6.1. Принцип 1. Защита от проникания в конструкцию агрессивных веществ

6.1.1. Общие положения

6.1.1.1 В соответствии со стандартом ГОСТ 32016-2012, подход, используемый в рамках принципа Защита от проникания в конструкцию агрессивных веществ заключается в снижении или исключении проникновения неблагоприятных реагентов, например воды, других жидкостей, паров, газов, химических веществ или биологических реагентов в бетон. Типичными неблагоприятными реагентами являются CO_2 , хлориды или сульфаты. Данный принцип 1 не связан с химическими веществами, воздействующими на бетон непосредственно у поверхности, например кислотами. Вопросы повышения стойкости к химическим веществам рассматриваются в рамках принципа 6. Соответствие принципу 1 достигается семью различными методами, описание которых приведено в последующих разделах.

6.1.2 Метод 1.1 Гидрофобизирующая пропитка

6.1.2.1 Гидрофобизирующая пропитка бетона следует применять для исключения проникновения воды вместе с растворенными вредными веществами. На рисунке 2 схематично показан процесс нанесения согласно данному методу.

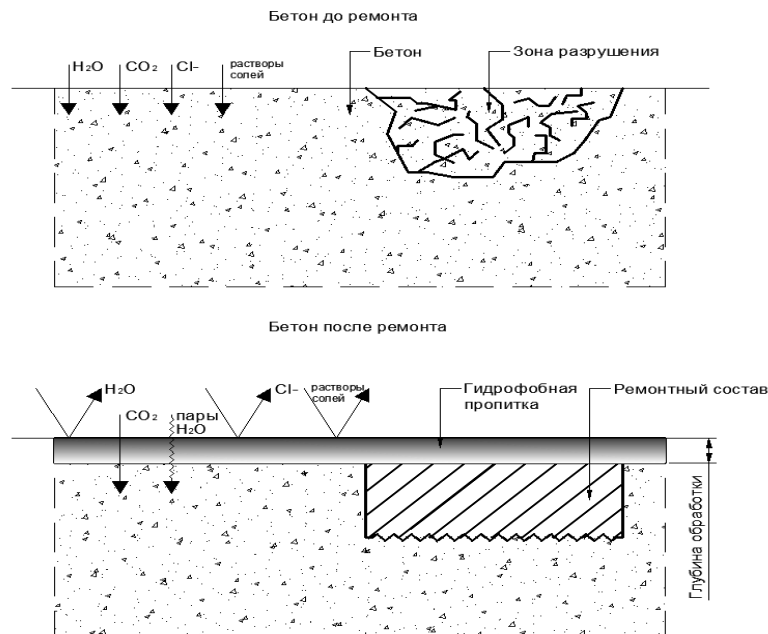


Рисунок 2-Схематичное изображение метода 1.1 до и после применения

6.1.2.2 Метод 1.1 обеспечивает получение водоотталкивающей бетонной поверхности с низким уровнем водопоглощения путем нанесения гидрофобного реагента.

6.1.2.3 Типовыми областями применения метода 1.1 являются вертикальные поверхности, например фасады, а также горизонтальные поверхности, а также в случаях сохранения декоративного вида бетона.

6.1.2.4 При проектировании ремонта по методу 1.1 следует учитывать ограниченное движение трещин, срок службы конструкции и т. д.

6.1.2.5 Основные требования к материалам и системам для метода 1.1 изложены в ГОСТ 32017-2012.

6.1.2.6 При выполнении работ необходимо обеспечивать тщательную подготовку поверхности. Поверхность бетона должна быть достаточно просушенной. Необходимо обеспечить глубину проникновения пропитки до 6 мм от поверхности, а также контролировать глубину проникновения состава и гидрофобность.

6.1.2.7 Для обеспечения долговечности покрытия необходимо проведение регулярных осмотров.

6.1.2.8 Дополняющие методы: как правило, метод 1.5, а также методы с 3.1 по 3.3.

6.1.3 Метод 1.2 Пропитка

6.1.3.1. В целях заполнения пор бетона у поверхности и исключения переноса жидкостей или газов через бетонную поверхность производится пропитка конструкции. Кроме заполнения пор в бетоне на бетонной поверхности дополнительно образуется тонкая пленка из материала, используемого для пропитки. Полученный результат часто называется блокированием пор. На рисунке 3 показан процесс нанесения согласно данному методу.

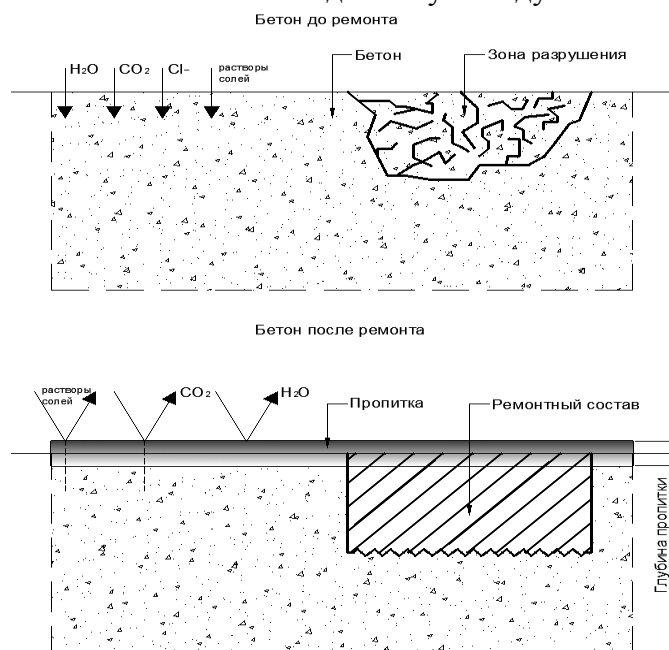


Рисунок 3-Схематичное изображение метода 1.2 до и после применения

6.1.3.2 Пропитка обеспечивает запечатывание пор у поверхности бетона (блокирование пор).

6.1.3.3 Типовыми областями применения пропитки являются полы и горизонтальные поверхности.

6.1.3.4 При проектировании необходимо учитывать отсутствие раскрытия существующих трещин или образовании новых.

6.1.3.5 Требования к материалу и системам для метода 1.2 необходимо учитывать в соответствии с ГОСТ 32017-2012.

6.1.3.6 При выполнении работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- осуществлять просушку поверхности;
- контролировать глубину проникновения материала и толщину пленки.

6.1.3.7 Данный метод обладает высокой долговечностью в зависимости от интенсивности использования.

6.1.3.8 Дополняющие методы: если требуется, методы 1.5 и 3.1 или 3.2.

6.1.4. Метод 1.3 Нанесение покрытия

6.1.4.1 Метод нанесения покрытия на бетон необходимо использовать, в основном, для защиты и ремонта. В качестве покрытия следует применять обычные краски, а также материалы для перекрытия трещин, пешеходного движения, автомобильного движения, отвечающие наивысшим требованиям. Метод 1.3 следует использовать для защиты бетона от проникновения вредных реагентов, в том числе, когда ожидается заметное раскрытие трещин конструкции. На рисунке 4 схематично показано применение данного метода.

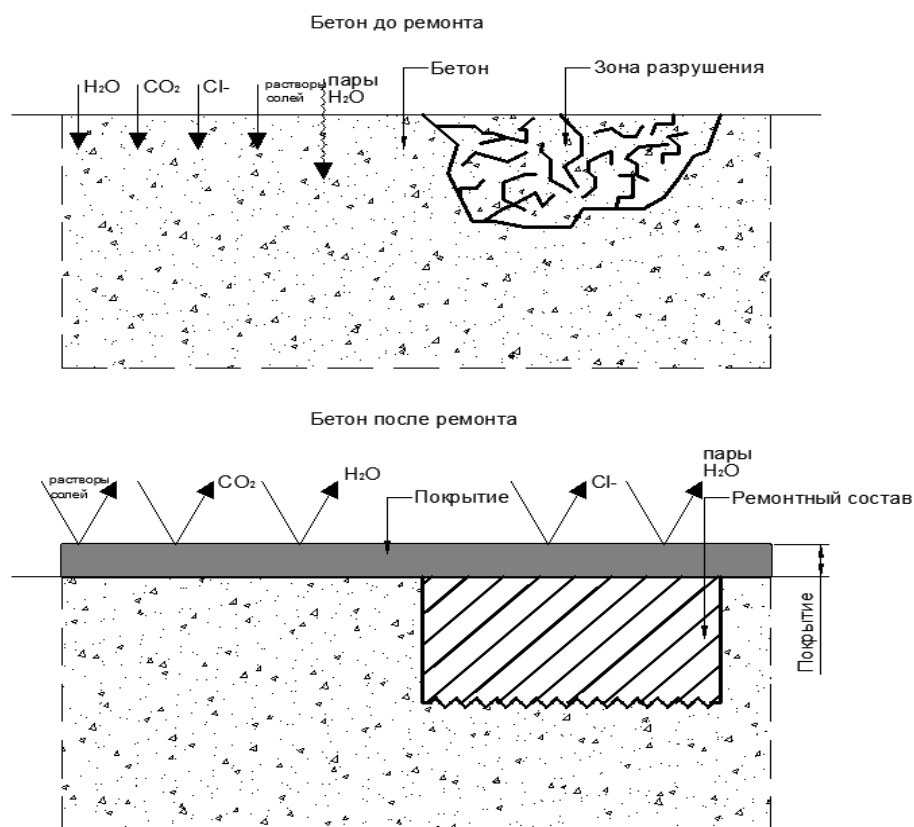


Рисунок 4-Схематичное изображение метода 1.3 до и после применения

6.1.4.2 В результате применения метода 1.3. образуются покрытия, препятствующего проникновению вредных реагентов.

6.1.4.3 Типовыми областями применения метода 1.3 являются все типы бетонных конструкций.

6.1.4.4 При проектировании ремонта конструкции выбор системы и материалов необходимо осуществлять в соответствии с требованиями ГОСТ 32017-2012.

6.1.4.5 При выполнении работ с использованием указанного метода необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- контролировать требуемый уровень влажности поверхности;
- обеспечить минимальную толщину покрытия.

6.1.4.6 При производстве работ необходимо контролировать следующие параметры: адгезию к бетону, толщину покрытия.

6.1.4.7 Для обеспечения долговечности требуется проведение осмотров в зависимости от режима использования.

6.1.4.8 Дополняющие методы: метод 1.5, а также методы с 3.1 по 3.3

6.1.5. Метод 1.4 Бандаж устья трещин

6.1.5.1 Метод 1.4 следует применять для предотвращения проникновения вредных реагентов в трещины в бетоне. На трещину накладывается эластичный поверхностный бандаж, обеспечивающий защиту трещины, наносимому согласно методу 1.3. Порядок нанесения покрытия согласно методу 1.4 показан на рисунке 5.

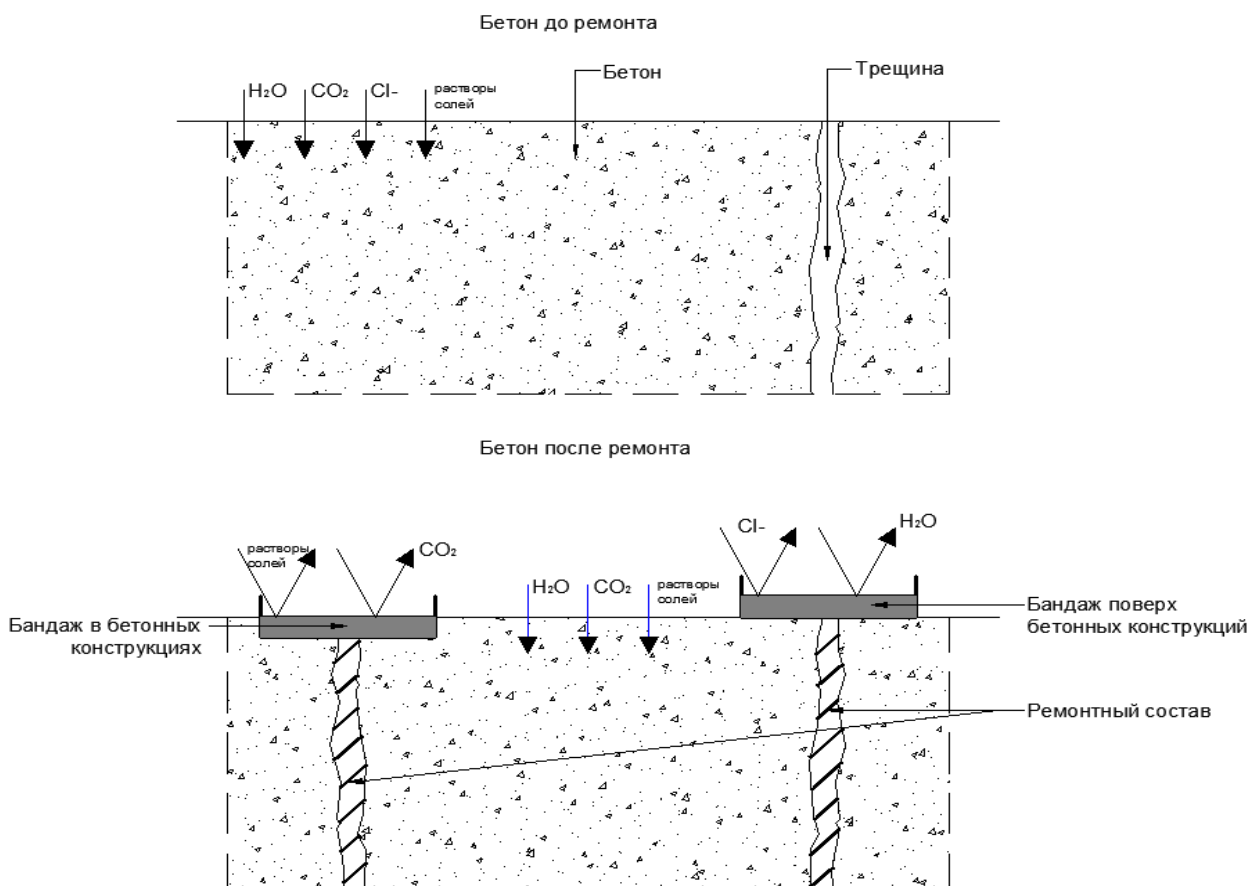


Рисунок 5-Схематичное изображение метода 1.4 после нанесения

6.1.5.2 Метод реализуется путем нанесения поверх трещины эластичного банджа, исключающего проникновение вредных реагентов.

6.1.5.3 Типовыми областями применения метода 1.4 являются одиночные трещины или трещины со значительным движением.

6.1.5.4 При проектировании ремонта с учетом метода 1.4 необходимо указать ожидаемые параметры движения трещин и т. д.

6.1.5.5 Требования к материалам и системам метода 1.4: способность обеспечить перекрытие трещин и стойкость к механическим воздействиям.

6.1.5.6 При выполнении работ необходимо:

- выполнять тщательную подготовку поверхности с учетом заданной очередности слоев;
- контролировать следующие параметры: адгезию к бетону и толщину банджа.

6.1.5.7 Для обеспечения долговечности необходимо выполнять регулярное проведение осмотров в зависимости от режима использования.

6.1.5.8 Дополняющие методы: метод 3.1 для локальных дефектов в бетоне.

6.1.6. Метод 1.5 Заполнение трещин.

6.1.6.1 Метод 1.5 представляет собой альтернативу методам 1.4 и 1.6 и используется для исключения проникновения вредных реагентов в трещины в бетоне. Трещины заполняются подходящим материалом, который остается в трещине и обеспечивает ее закрытие. Использование данного метода схематично показано на рисунке 6.

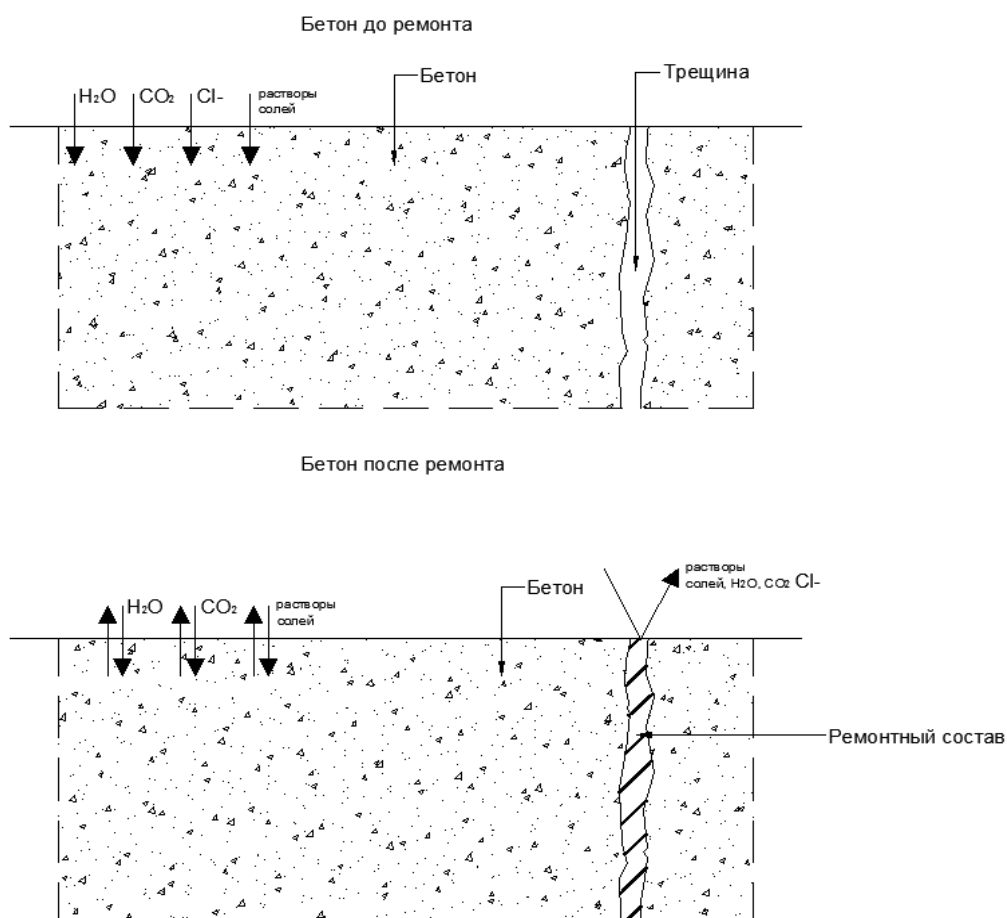


Рисунок 6-Схематичное изображение метода 1.5 после нанесения

6.1.6.2 Метод 1.5. реализуется путем заполнения трещин герметизирующим материалом.

6.1.6.3 Типовыми областями применения метода 1.5 являются все типы трещин бетонных и железобетонных конструкций

6.1.6.4 При проектировании данный метод следует использовать только при ограниченном раскрытии трещин и т. д.

6.1.6.5 Требования к материалам и системам необходимо применять в соответствии с ГОСТ 56378-2015.

6.1.6.6 При выполнении работ следует:

- максимально полно заполнять трещины;
- контролировать качество работ путем высверливания цилиндрических образцов для проверки степени заполнения конструкции.

6.1.6.7 Для обеспечения долговечности следует проводить регулярные осмотры в зависимости от режима использования.

6.1.6.8 Дополняющие методы: используется в сочетании с методами 4.5 и 4.6.

6.1.7. Метод 1.6 Преобразование трещин в швы

6.1.7.1 Метод 1.6 применяется в дополнении к методам 1.4 и 1.5. Это третий альтернативный вариант заделывания трещин в целях исключения проникновения вредных реагентов. Трещина расширяется, например при помощи отрезной машинки, и заполняется герметизирующим материалом с использованием распространенных методик герметизации швов. Данный метод схематично показан на рисунке 7.

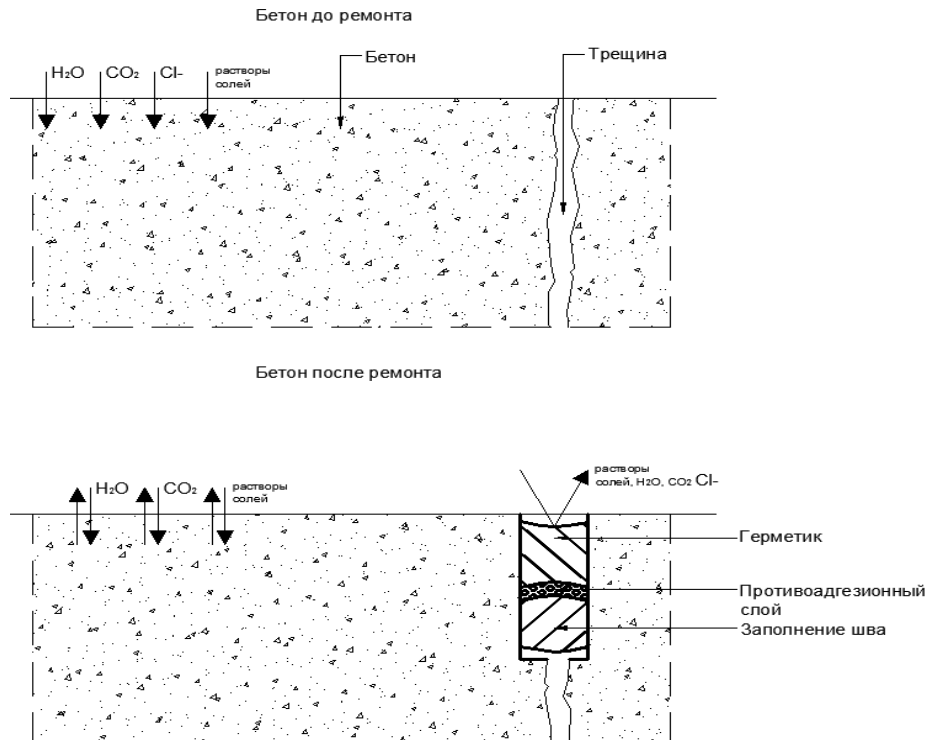


Рисунок 7-Схематичное изображение метода 1.6 после нанесения

6.1.7.2 Метод 1.6. следует выполнять путем расширения трещины и ее герметизации как шва.

6.1.7.3 Типовыми областями применения метода 1.6 являются одиночные трещины или трещины со значительным раскрытием.

6.1.7.4 При проектировании данного метода следует оценить последствия расширения трещины для конструкции.

СП

(Проект, первая редакция)

6.1.7.5 Требования к материалам и системе: нормы, регулирующие системы герметизации стыков.

6.1.7.6 В процессе выполнения работ контролируется заданная очередность слоев и адгезия герметика к обеим сторонам бетона.

6.1.7.7 Для обеспечения долговечности шва требуются регулярные осмотры и техническое обслуживание бетонной и железобетонной конструкции.

6.1.7.8 Дополняющие методы: метод 3.1 для локальных дефектов в бетоне.

6.1.8. Метод 1.7 Установка наружной облицовки

6.1.8.1 Метод 1.7 представляет собой защиту от вредных реагентов путем устройства внешних панелей. Данный метод необходимо использовать для всех типов бетонных поверхностей, но более всего он подходит для вертикальных поверхностей, например фасадов. Использование данного метода схематично показано на рисунке 8.

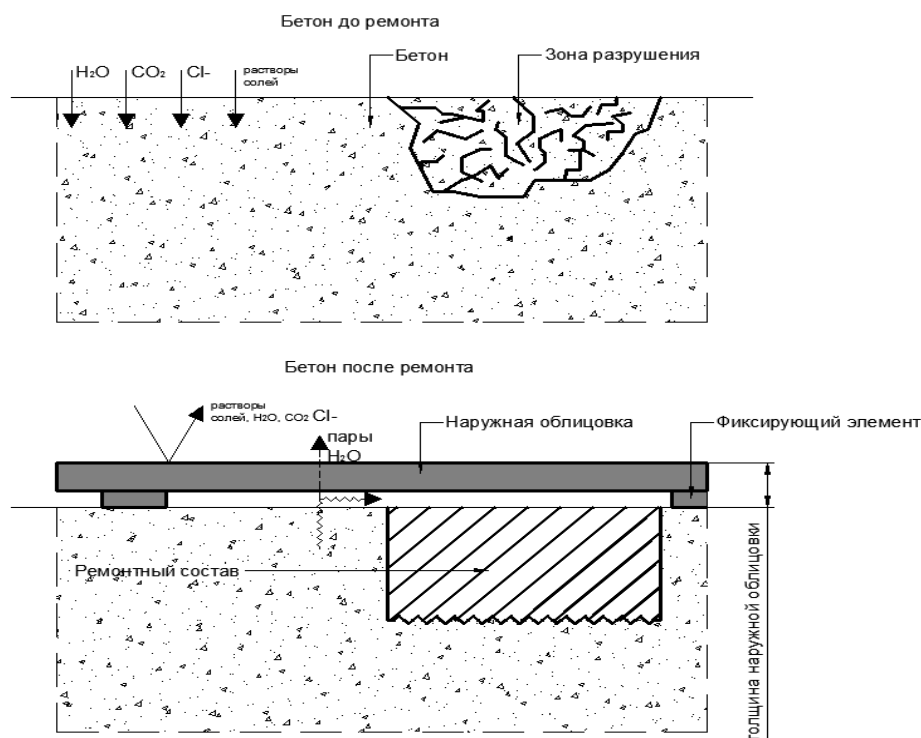


Рисунок 8 -Схематичное изображение метода 1.7 до и после применения

6.1.8.2 Метод применяется путем установки системы герметичных панелей на бетонную поверхность.

6.1.8.3 Типовой областью применения метода 1.7 является бетон, контактирующий с агрессивными веществами.

6.1.8.4 При проектировании данного метода следует учесть дополнительные нагрузки и провести проверочные расчеты конструкции.

6.1.8.5 При выполнении работ необходимо контролировать заданную очередность слоев, герметичность и устойчивость панелей.

6.1.8.6 Для обеспечения долговечности метода 1.7 требуется проведение периодических осмотров на предмет протечек

6.1.8.7 Дополняющие методы: дополнительно – метод 1.5, а также методы с 3.1 по 3.3

6.1.9. Метод 1.8 Устройство мембран

6.1.9.1 Назначением метода 1.8 является защита бетона от проникновения вредных реагентов путем устройства мембран. В отличие от панелей, предусмотренных в методе 1.7, мембраны не являются твердыми и жесткими, а обеспечивают эластичность и пластичность, аналогичную свариваемым битумным облицовочным покрытиям или листам. Схема установки мембран согласно методу 1.8 схематично показана на рисунке 9.

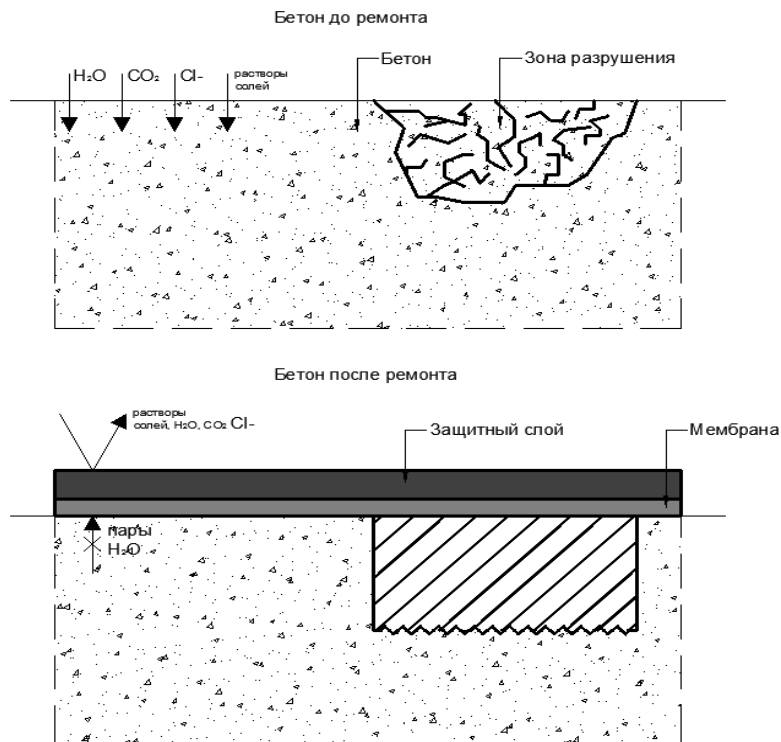


Рисунок 9-Схематичное изображение метода 1.8 до и после применения

6.1.9.2 Метод 1.8 заключается в установке на бетонную поверхность мембраны, исключающая проникновение вредных реагентов.

6.1.9.3 Типовой областью применения метода 1.8 являются все типы бетонных поверхностей.

6.1.9.4 При проектировании данного метода необходимо учитывать раскрытие трещин, технические решения для стыков, защитных слоев и т. д.

6.1.9.5 При выполнении работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- обеспечивать требуемый уровень влажности поверхности бетона;
- необходимо обеспечить минимальную толщину;
- контролировать адгезию мембраны к бетону, толщину мембраны и т. д.

6.1.9.6 Долговечность мембраны необходимо обеспечивать зависимости от типа системы и интенсивности использования.

6.1.9.7 Дополняющие методы: методы 3.1–3.3 для дефектов в бетоне; дополнительно, метод 1.5; для некоторых систем – метод 1.2 («Пропитка») перед устройством мембраны.

6.2. Принцип 2: Регулирование влагосодержания в бетоне конструкции

6.2.1. Общие положения

6.2.1.1 Подход, используемый в рамках принципа 2, заключается в регулировании и поддержании содержания влаги в бетоне в заданном диапазоне значений в целях контроля нежелательных реакций. Бетон высыхает и исключается повышение уровня влаги. Данный метод часто используется для контроля реакции щелочей с кремнеземом, воздействия сульфатов или повреждений в результате циклов замерзания-оттаивания.

6.2.1.2 Системы защиты, наносимые на вертикальные поверхности и нижние поверхности перекрытий, должны быть проницаемыми для водяных паров и обеспечивать возможность выхода влаги из бетона. На верхние поверхности горизонтальных бетонных элементов, например подвесные плиты перекрытия автостоянок, могут наноситься непроницаемые системы защиты поверхности. Если бетон характеризуется аномально высоким содержанием влаги, нанесение систем защиты поверхностей недопустимо.

6.2.1.3 Для обеспечения контроля содержания влаги используются пять методов, описание которых приведено в последующих главах. Первые три метода – гидрофобная пропитка, пропитка и нанесение покрытия – уже описывались в рамках принципа 1, и позднее будет продемонстрировано их использование в рамках принципа 8.

6.2.1.4 При контроле коррозии в бетоне необходимо учитывать, что эффект высыхания бетона требует определенного периода времени. Особенно, если бетон имеет высокое содержание влаги, для достаточного снижения скорости коррозии в целях исключения повреждений может пройти несколько месяцев или даже лет. Во время планирования ремонтных мероприятий следует учесть, что в течение некоторого периода времени коррозия продолжится. При распространении коррозии за пределы защитного слоя бетона и наступлении предельных состояний конструкции и принятие мер по контролю содержания влаги уже неэффективно необходимо использовать альтернативные методы для немедленного прекращения коррозии.

6.2.2. Метод 2.1 Гидрофобизирующая пропитка

6.2.2.1 Контроль содержания влаги следует обеспечивать гидрофобной пропиткой. Для использования данного метода важно исключить проникновение воды и дать бетону просохнуть путем испарения через гидрофобный слой, как это показано на рисунке 10

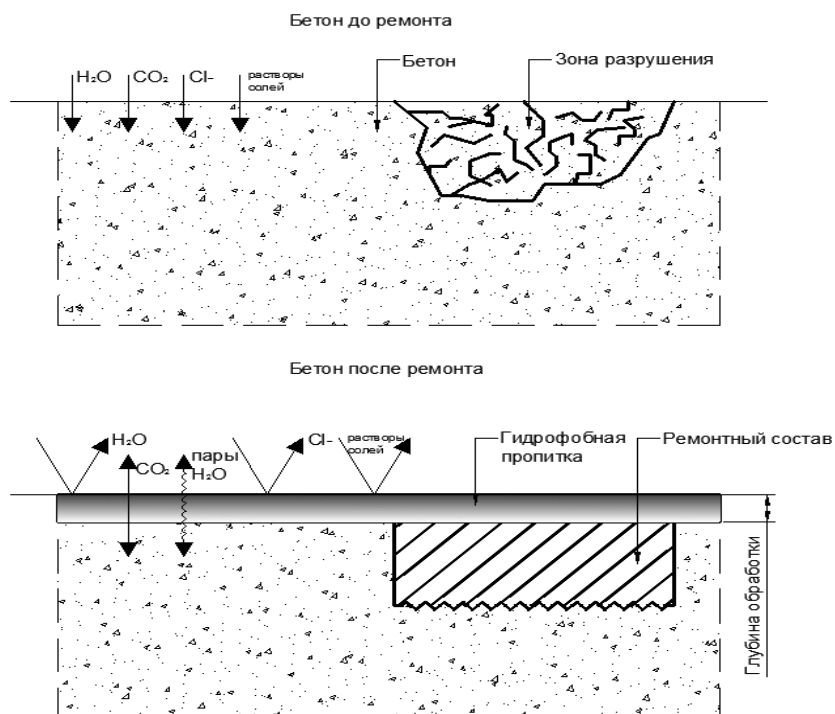


Рисунок 10-Схематичное изображение метода 2.1 до и после применения

6.2.2.2 Метод 2.1 обеспечивает снижения скорости коррозии в бетоне путем сушки бетона.

6.2.2.3 Типовыми областями применения метода 2.1 являются коррозия в бетоне в результате реакции щелочей с кремнеземом, воздействия сульфатов или повреждений в результате циклов заморозания-оттаивания на раннем этапе.

6.2.2.4 При проектировании ремонта по методу 2.1 следует учитывать время на просушку. Коррозия после гидрофобной обработки продолжится и будет постепенно замедляться и т. д.

6.2.2.5 Требования к материалам и системам необходимо учитывать в соответствии с ГОСТ 32017-2012.

6.2.2.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательная подготовка поверхности;
- обеспечивать поверхность бетона просушенной;
- обеспечить большую глубину проникновения пропитки.
- контролировать глубину проникновения пропитки, гидрофобность.

6.2.2.7 Для обеспечения долговечности необходимо проведение регулярных осмотров.

6.2.2.8 Дополняющие методы: как правило, метод 1.5, а также методы с 3.1 по 3.3.

6.2.3. Метод 2.2 Пропитка

6.2.3.1 Контроль содержания влаги необходимо обеспечивать путем обработки бетона пропиткой, которая заполняет поры в зоне поверхности бетона. В качестве подготовки

бетонной поверхности, если потребуется, необходимо выполнить восстановление бетона и заполнение трещин, как это показано на рисунке 11.

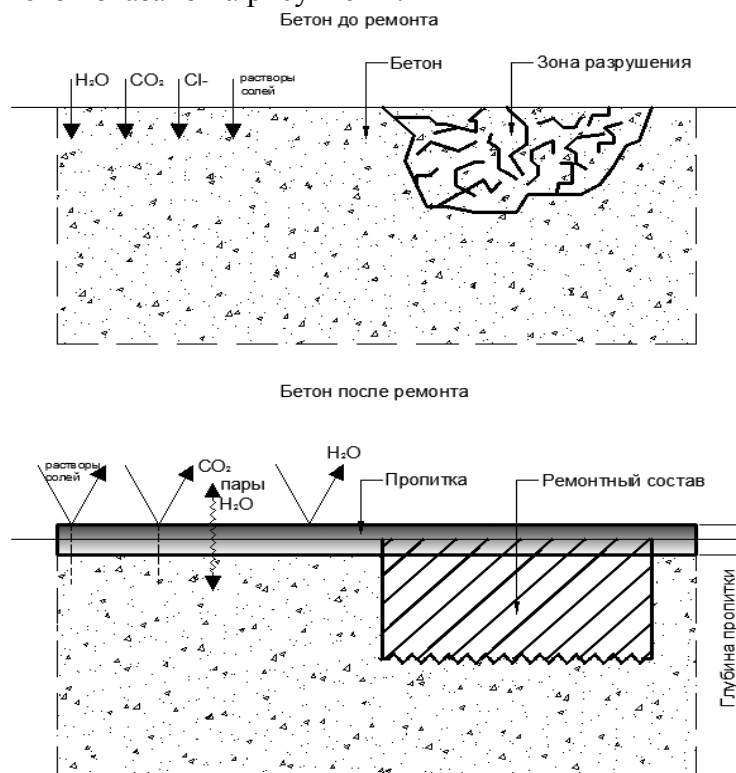


Рисунок 11 -Схематичное изображение метода 2.2 до и после применения

6.2.3.2 Метод 2.2 обеспечивает запечатывание пор в поверхности бетона для снижения содержания воды и скорости коррозии в бетоне.

6.2.3.3 Типовыми областями применения метода 2.2 являются полы и горизонтальные поверхности.

6.2.3.4 При проектировании ремонта по методу 2.2. следует учитывать отсутствие защиты при раскрытии существующих трещин или образовании новых. По мере просушки бетона скорости коррозии будут постепенно снижаться.

6.2.3.5 Требования к материалам и системам необходимо учитывать в соответствии с ГОСТ 32017-2012.

6.2.3.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- обеспечивать поверхность бетона просушенной.
- контролировать глубину проникновения пропитки, толщина пленки.

6.2.3.7 Метод обеспечивает высокую степень долговечности в зависимости от интенсивности использования.

6.2.3.8 Дополняющие методы: если потребуется, методы 1.5 и 3.1 или 3.2.

6.2.4. Метод 2.3 Покрытие

6.2.4.1 Системы покрытий следует использовать для контроля содержания влаги. На рисунке 12 схематично показано применение данного метода. При необходимости выполняется подготовка бетонной поверхности, восстановление бетона и заполнение трещин. По сравнению с методами 2.1 и 2.2 преимущество заключается в наличии покрытий, способных обеспечить перекрытие трещин. Для контроля содержания влаги необходимо, чтобы покрытия были проницаемы для воды снаружи и открыты для испарения водяных паров из бетона.

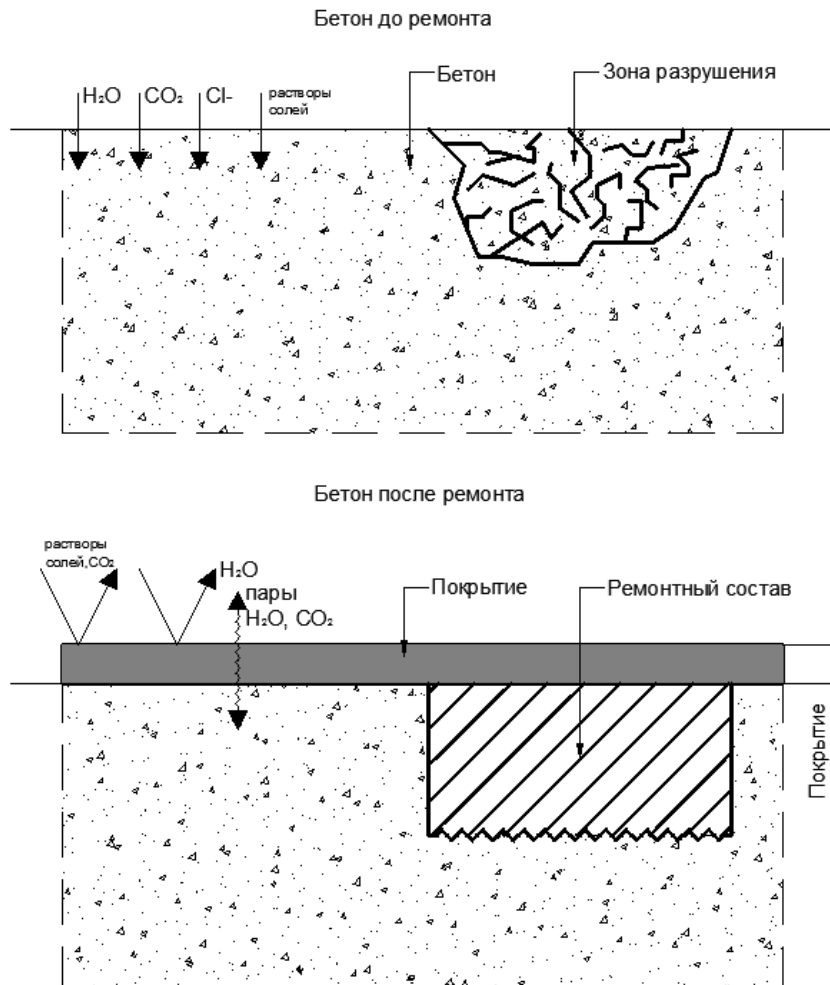


Рисунок 12 -Схематичное изображение метода 2.3 до и после применения

6.2.4.2 Согласно методу 2.3, обеспечивается нанесение покрытия, препятствующего проникновению воды и обеспечивающего возможность испарения воды из бетона.

6.2.4.3 Типовыми областями применения является коррозия в бетоне в результате реакции щелочей с кремнеземом, воздействия сульфатов или повреждений в результате циклов замораживания-оттаивания на раннем этапе.

6.2.4.4 При проектировании ремонта по методу 2.3 следует учитывать требования согласно стандарту ГОСТ 32017-2012.

6.2.4.5 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- обеспечивать требуемой уровень влажности поверхности бетона;
- обеспечить минимальную толщину покрытия;
- контролировать адгезию к бетону, толщину покрытия.

6.2.4.6 Для обеспечения долговечности необходимо проведение осмотров в зависимости от режима использования.

6.2.4.7 Дополняющие методы: метод 1.5, а также методы с 3.1 по 3.3.

6.2.5. Метод 2.4 Установка наружной облицовки

6.2.5.1 Наружная облицовка из внешних панелей, устанавливаемая перед бетонной поверхностью, применяется для снижения содержания воды в бетоне. Состав конструкции наружной облицовки подобен методу 1.7, однако применительно к методу 2.4 дополнительным важным условием является обеспечение возможности испарения воды из бетона через систему панелей, как показано на рисунке 13.

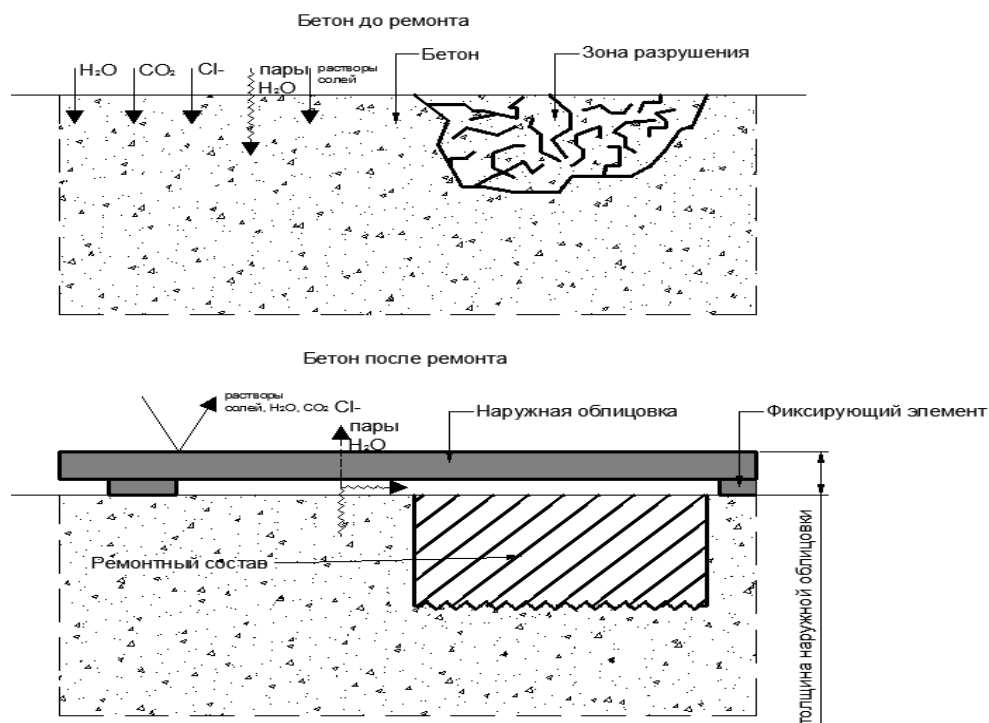


Рисунок 13 -Схематичное изображение метода 2.4 до и после применения

6.2.5.2 Для контроля содержания влаги следует применять метод 2.4 по установке системы водонепроницаемых панелей, обеспечивающих возможность испарения.

6.2.5.3 Типовыми областями применения метода 2.4 является коррозия в бетоне в результате реакции щелочей с кремнеземом, воздействия сульфатов или повреждений в результате циклов заморозания-оттаивания на раннем этапе, предпочтительно для фасадов и крыш.

6.2.5.4 При проектировании ремонта по методу 2.4 следует учитывать дополнительные нагрузки и технические решения для крепления панелей.

6.2.5.5 В процессе выполнения работ необходимо:

- руководствоваться составом конструкторской документации согласно спецификациям;
- контролировать герметичность, устойчивость, возможность испарения.

6.2.5.6 Для обеспечения долговечности необходимо проведение осмотров на предмет протечек.

6.2.5.7 Дополняющие методы: дополнительно, метод 1.5, а также методы 3.1–3.3

6.2.6. Метод 2.5 Электрохимическая обработка

Для реализации метода 2.5 следует применять электрохимические способы сушки бетона, например электроосмотический метод или электроосмотический импульсный метод.

6.3. Принцип 3: Восстановление бетона конструкций

6.3.1 Общие положения

6.3.1.1 Подход, используемый в рамках принципа 3, заключается в восстановлении исходного бетона элемента конструкции до изначально заданной формы и назначения или восстановлении бетонной конструкции путем ее частичной замены.

6.3.1.2 Восстановление бетона следует выполнять путем ручного локального ремонта путем повторной отливки при помощи подвижной бетонной смеси или строительного раствора или нанесения бетона или строительного раствора методом торкретирования. Восстановление бетона следует осуществлять для всей площади поверхности или ее части (так называемый локальный ремонт).

6.3.1.3 Вопросы усиления бетонных конструкций, которые необходимо решать с помощью бетонирования, рассматриваются в принципе ремонта 4.

6.3.1.4 В последующих разделах свода правил изложено описание четырех методов восстановления бетона, предусмотренных стандартом ГОСТ 32016-2012.

6.3.2. Метод 3.1 Нанесение вручную растворной смеси

6.3.2.1 Восстановление бетона при помощи нанесения раствора вручную следует применять для ремонта относительно небольших участков. Для участков большей площади более обоснованным с технической и экономической точек зрения способом ремонта является повторная отливка согласно методу 3.2 или использование торкрет-раствора согласно методу 3.3. Строительные растворы регламентированы в стандарте ГОСТ 56378-2015. Целью данного метода является замена бетона плохого качества новым строительным раствором или бетоном, без укрепления конструкции.

6.3.2.2 Метод 3.1 необходимо применять для замены дефектного бетона строительным раствором или бетоном вручную (рис. 14.)

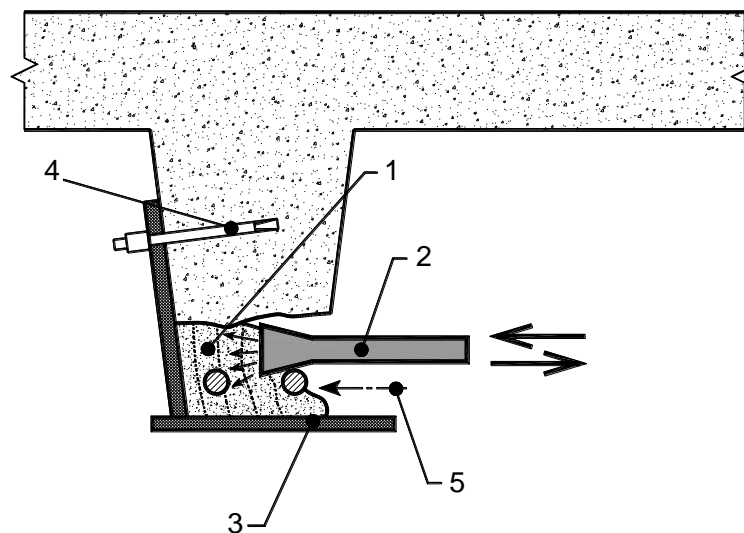


Рисунок 14-Укладка ремонтного состава в опалубку вручную с помощью трамбовки

6.3.2.3 Типовыми областями применения метода 3.1 являются все типы бетонных поверхностей.

6.3.2.4 При проектировании ремонта по методу 3.1. следует учитывать требования к внешнему виду восстанавливаемой конструкции.

6.3.2.5 Требования к материалам и системам необходимо учитывать в соответствии с ГОСТ 56378-2015.

6.3.2.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- выполнять подготовку поверхности;
- обеспечивать полное удаление дефектного бетона;
- выполнять визуальный контроль восстанавливаемой поверхности.

6.3.2.7 Дополняющие методы: метод 3.1 часто необходимо применять раньше других методов.

6.3.3. Метод 3.2 Укладка (заливка) бетонной смеси

6.3.3.1 Укладка (заливка) бетонной смеси дефектных участков при помощи бетона или строительного раствора следует использовать как альтернативу нанесению бетона или раствора вручную или торкретированием. Для метода 3.2. предъявляются требования как для новой бетонной конструкции. При выполнении работ необходимо учитывать совместимость существующего бетона и возможность передачи усилий через переходную зону между старым и новым бетоном (рис. 15).

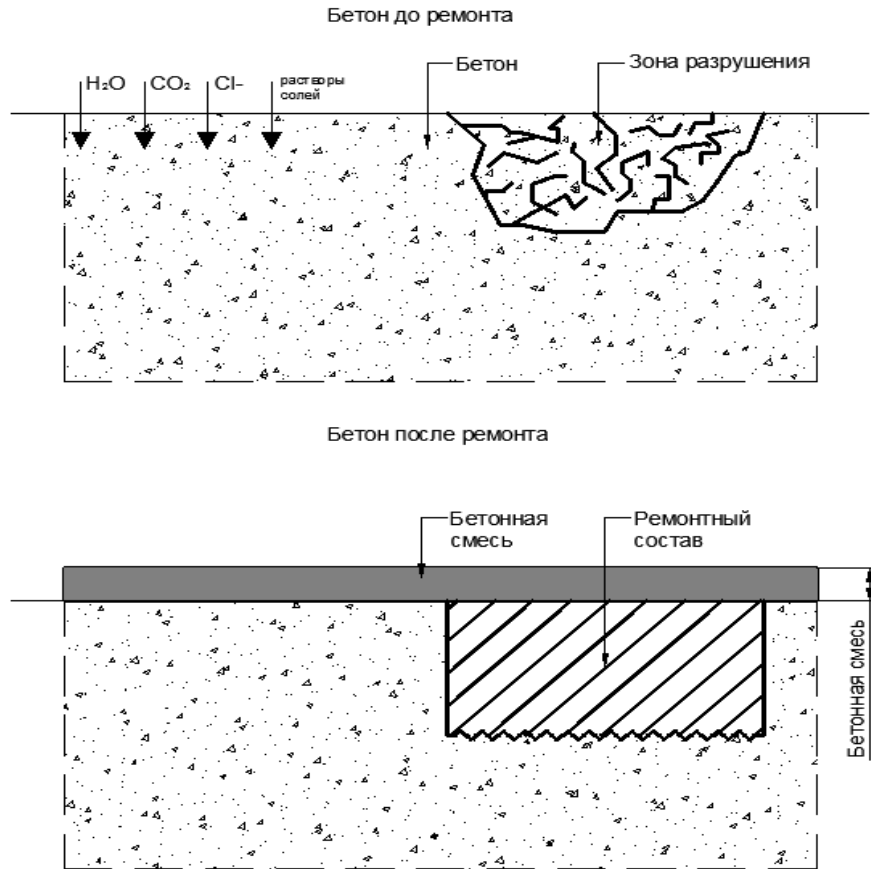


Рисунок 15-Укладка (заливка) бетонной смеси дефектных участков

6.3.3.2 Укладка бетонной смеси (Метод 3.2) осуществляется при помощи бетона или строительного раствора и применяется для замены дефектного бетона строительным раствором или бетоном.

6.3.3.3 Типовыми областями применения являются все типы бетонных поверхностей, за исключением нижних поверхностей плит перекрытия.

6.3.3.4 При проектировании ремонта по методу 3.2 следует обеспечивать передачу усилий от старого бетона к новому.

6.3.3.5 Требования к материалам и системам необходимо учитывать в соответствии с ГОСТ 56378-2015.

В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять подготовку поверхности;
- выполнять полное удаление дефектного бетона;
- осуществлять визуальный контроль.

6.3.3.6 Дополняющие методы: метод 1.8 (горизонтальная поверхность) или 1.3; метод 8.3 (вертикальная поверхность) или другие, например 1.1, 5.1, 6.1, 8.1.

6.3.4. Метод 3.3 Укладка набрызгбетонной или растворной смеси

6.3.4.1 Нанесение бетона или раствора торкретированием является эффективным методом для вертикальных поверхностей или нижних поверхностей плит перекрытий. Перед

СП

(Проект, первая редакция)

нанесением необходимо соблюдать условие, чтобы бетонное основание имело поверхностную прочность на разрыв - минимальное значение $1,0 \text{ Н/мм}^2$ и минимальное среднее значение $1,5 \text{ Н/мм}^2$ (рис. 16)

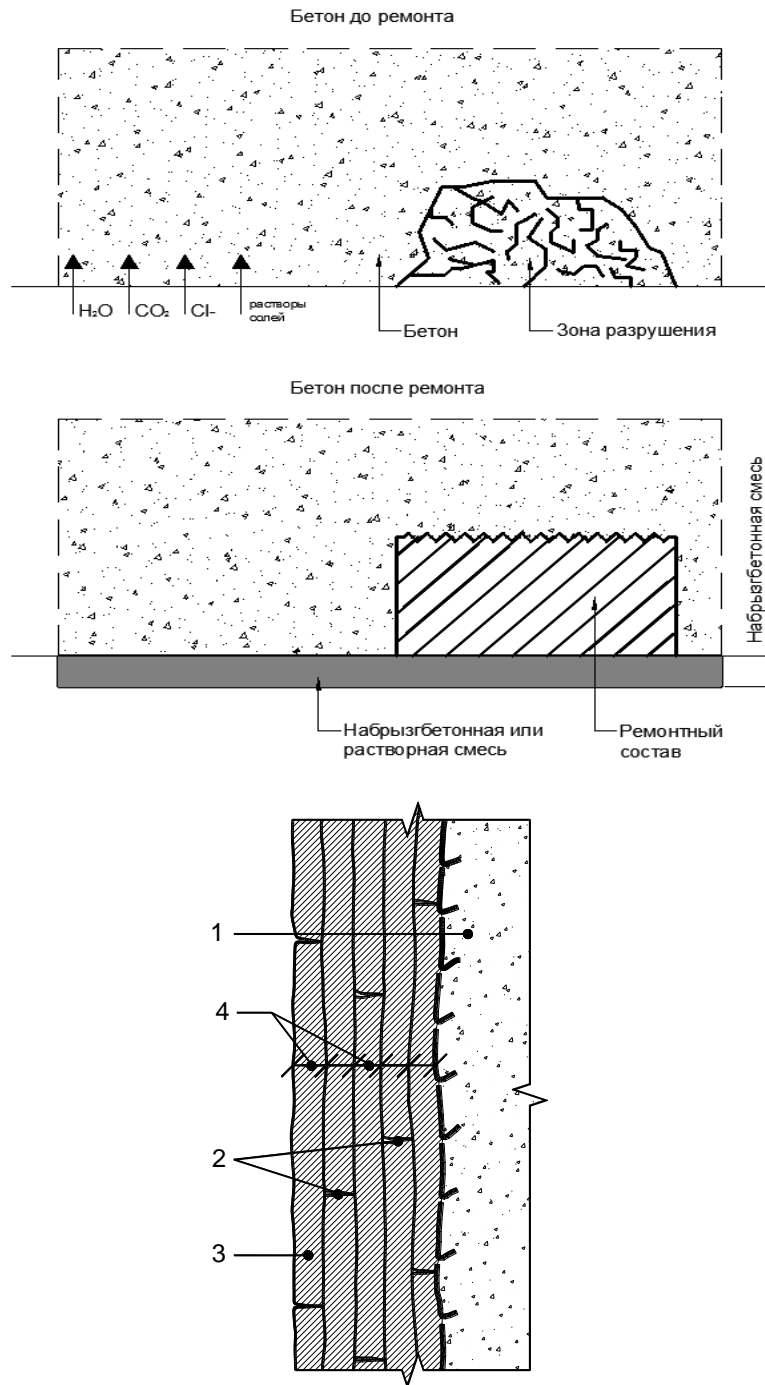


Рисунок 16-Нанесение набрызгбетонной смеси на нижние и вертикальные поверхности бетонной конструкции: 1 – старый бетон; 2 – усадочные трещины; 3 – слой торкрета/набрызгбетона; 4 – толщина слоев торкрета/набрызгбетона от 2 до 7 см

6.3.4.2 Метод 3.3 необходимо применять для замены дефектного бетона строительным раствором или бетоном путем торкретирования.

6.3.4.3 Типовыми областями применения метода 3.3 являются вертикальные поверхности и нижние поверхности плит перекрытия или настилов.

6.3.4.4 При проектировании ремонта по методу 3.3 необходимо обеспечивать передачу усилий от старого бетона к новому.

6.3.4.5 Требования к материалам и системам необходимо согласно ВСН 126-90.

6.3.4.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять подготовку поверхности;
- обеспечивать удаление дефектного бетона;
- осуществлять визуальный контроль.

6.3.4.7. Дополняющие методы: методы 1.3, 8.3 или другие, например 1.1, 5.1, 6.1, 8.1

6.3.5. Метод 4.4 Замена элементов

6.3.5.1 При ремонте бетонных и железобетонных конструкций для определенных задач требуется замена элементов, которые могут быть из различных строительных материалов, что определяется конкретным проектом.

6.4. Принцип 4: усиление и упрочнение конструкций

6.4.1. Общие положения

6.4.1.1 В соответствии со стандартом ГОСТ 32016-2012, подход, предусмотренный принципом 4, состоит в увеличении или восстановлении несущей способности элемента бетонной конструкции. При использовании принципа 4 важно учесть все нагрузки, связанные с ремонтом первоначальной или изношенной конструкции. Определенные системы создают дополнительные нагрузки в отремонтированной конструкции, ведущие к изменению первоначальных конструктивных допущений и характеристик.

6.4.1.2 Инъектирование и заполнение трещин (методы 4.5 и 4.6) применяется для восстановления элемента до его структурного состояния перед растрескиванием, например, когда имела место временная перегрузка.

6.4.1.3 В рамках принципа 4 предусмотрено семь методов, пояснения по которым представлены в последующих разделах. Методы 4.1–4.3 описывают способы повышения несущей способности путем добавления арматуры, метод 4.4 – способ увеличения несущей способности при сжатии путем добавления строительного раствора или бетона, методы 4.5 и 4.6 – способы укрепления трещин, пустот или расселин, а метод 4.7 – способ усиления элемента конструкции в целом путем создания преднапряжения.

6.4.2 Метод 4.1 Добавление или замена замоноличенных или наружных арматурных стержней.

6.4.2.1 Метод добавления или замены замоноличенных или внешних арматурных стержней необходимо применять для усиления конструкций с целью увеличения несущей способности путем добавления или замены поврежденных арматурных стержней.

6.4.2.2 Типовыми областями применения данного метода являются конструкции с недостаточной несущей способностью из-за коррозии арматуры или увеличения нагрузок.

6.4.2.3 Применение указанного метода требует проведения расчета прочности конструкции, результатом применения которого является новая конструкция.

6.4.2.4 Контроль качества выполненных работ необходимо осуществлять как для новой конструкции.

6.4.2.5 Согласно методу 4.1, арматурные стержни следует заменять, добавлять в отверстия или углубления в бетоне или добавлять снаружи существующей конструкции в составе нового внешнего слоя бетона (см. рисунок 17).

6.4.2.6 Дополняющий метод: метод 4.2

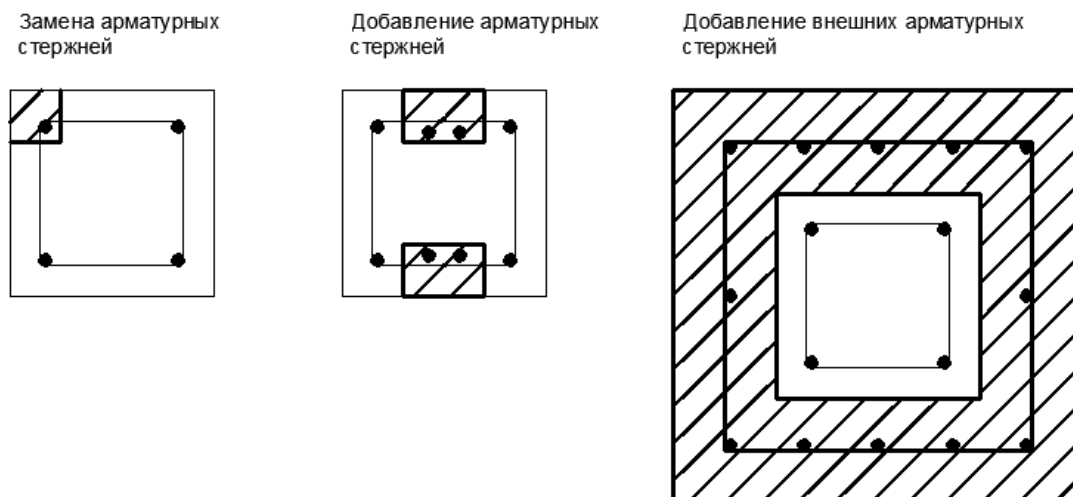


Рисунок 17-Схематичное изображение метода 4.1 после применения

6.4.3 Метод 4.2 Добавление арматуры, закрепляемой в заранее сформированных или пробуренных каналах.

6.4.3.1 Метод добавления арматуры, закрепляемой в заранее сформированных или пробуренных каналах осуществляется с целью усиления конструкций путем добавления арматуры, заанкерванной в подготовленные или просверленные отверстия для соединения новых армированных слоев бетона или элементов с существующей конструкцией (Рис. 18.)

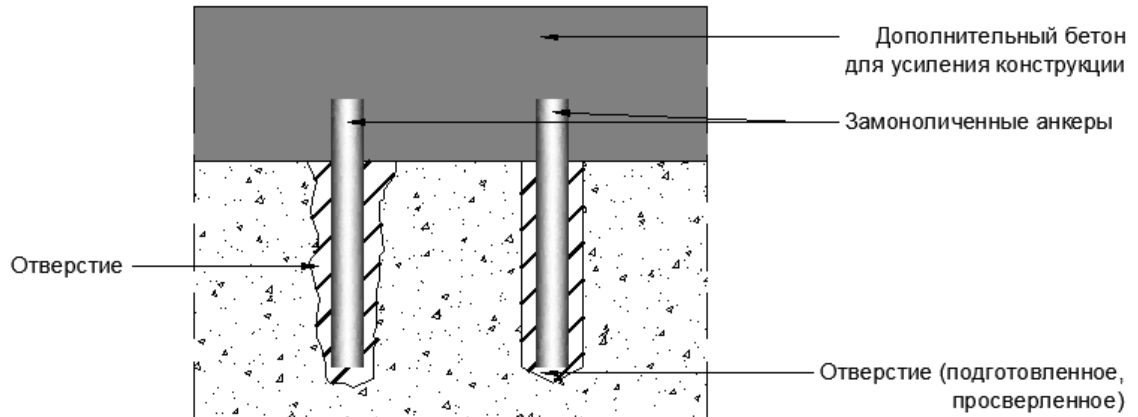


Рисунок 18-Схематичное изображение метода 4.2 после применения

6.4.3.2 Основными этапами выполнения работ являются подготовка отверстия выдалбливанием или гидроструйной обработкой, вставка арматурного стержня и замоноличивание строительным раствором.

6.4.3.3 Основными областями применения метода 4.2 является устройство соединений между новыми и старыми бетонными элементами.

6.4.3.4 Применение указанного метода требует проведения расчета прочности конструкции.

6.4.3.5 При выполнении работ по анкерровке арматурных стержней требуется тщательная подготовка отверстия и максимальная степень заполнения его раствором.

6.4.3.6 Контроль качества выполнения работ должен осуществляться путем испытания на выдергивающее усилие арматуры.

6.4.3.7 Данный метод применяется совместно с методами 4.1 или 4.4.

6.4.4. Метод 4.3 Внешнее армирование приклеиванием ламинатов, холстов, активных сеток

6.4.4.1 Внешнее армирование приклеиванием ламинатов, холстов, активных сеток заключается в установки соответствующих элементов системы внешнего армирования на бетонные поверхности (рис. 19)

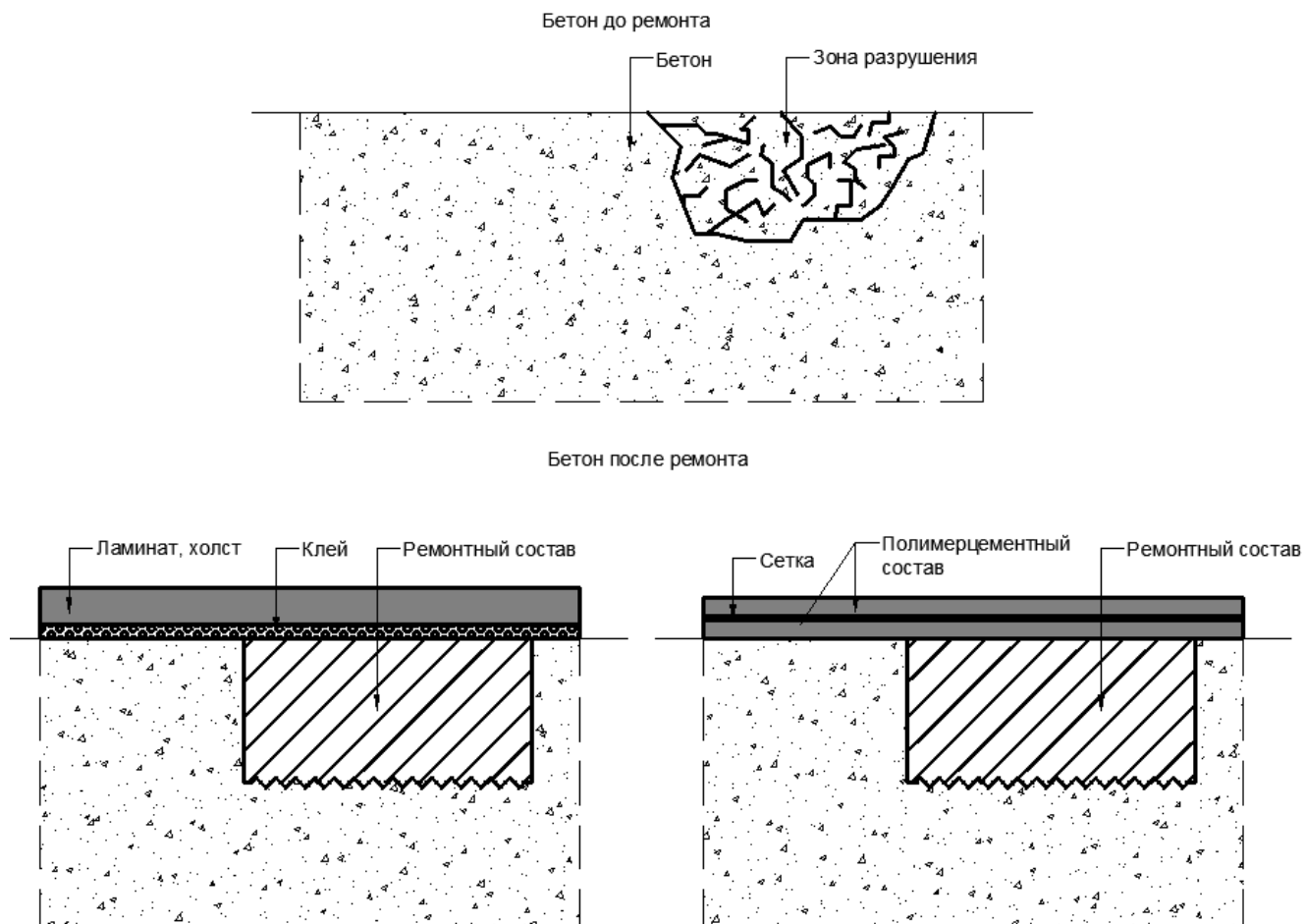


Рисунок 19 -Схематичное изображение метода 4.3 до и после применения

6.4.4.2 Приклеивание ламинатов и холстов следует осуществлять при помощи материалов на основе эпоксидных смол. Присоединение активных сеток следует осуществлять при использовании полимерцементной матрицы в растворе полимеров.

6.4.4.3 Типовая область применения метода 4.3. распространяется на конструкции с недостаточной несущей способностью, например, по причине коррозии, а также в случае увеличения нагрузок на действующие конструкции.

6.4.4.4 При реализации данного метода требуется расчет прочности конструкции, выполнение противопожарных мероприятий для ламинатов и холстов.

6.4.4.5 Основные требования к материалам представлены в стандарте ГОСТ 32943-2014.

6.4.4.6 Для реализации данного метода должен производиться ремонт участков с некачественным бетоном с заполнение трещин. Поверхность бетона должна обладать достаточной прочностью на разрыв, защитным слоем бетона и ровностью в соответствии с разрешениями на конкретные системы. Особое внимание следует уделить защите от пожара. В зависимости от фактических условий разрешения требуют установки противопожарных панелей или принятия иных мер.

6.4.4.7 Метод 4.3. дополняется методами 3.1 и 1.5 или 4.5, или 4.6.

6.4.5. Метод 4.4 Добавление бетона или раствора

6.4.5.1 Метод 4.4. заключается в добавлении строительного раствора или бетона в существующую бетонную конструкцию. Сущность данного метода состоит в нанесении нового бетона поверх старого. Как следствие, увеличивается толщина элемента конструкции и его несущая способность. Данный метод схематично показан на рисунке 20.

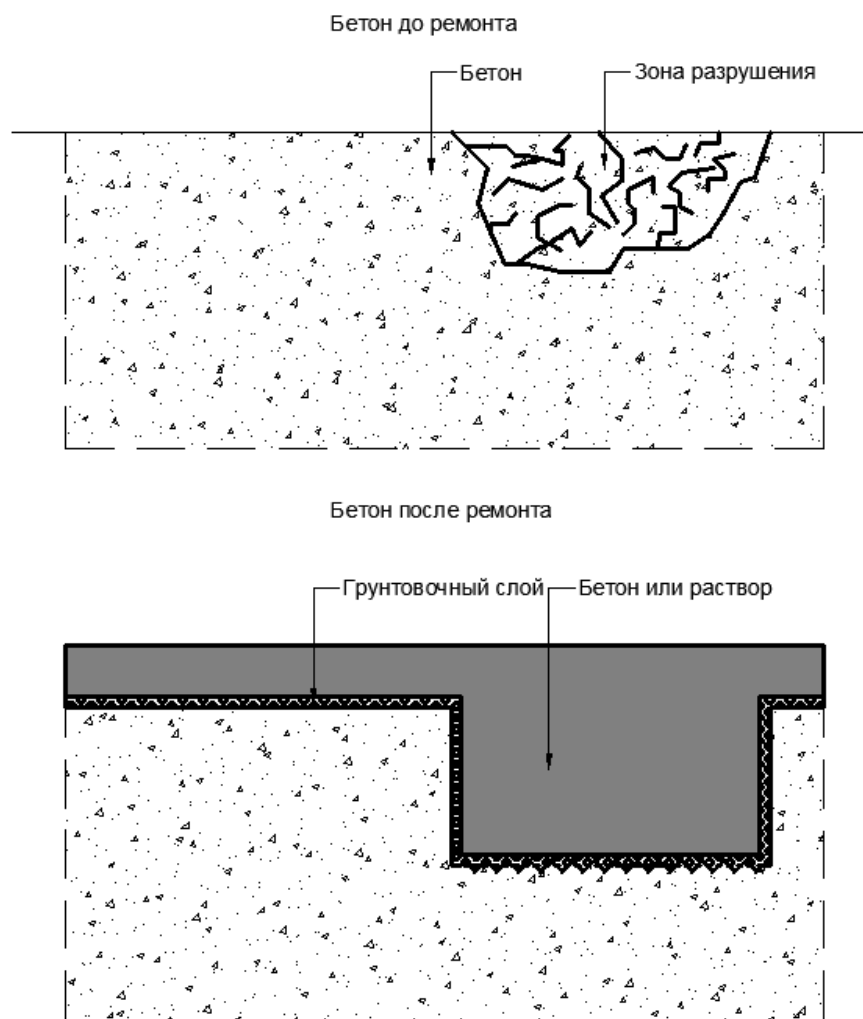


Рисунок 20-Схематичное изображение метода 4.4 до и после применения

6.4.5.2 Типовые области применения метода 4.4 распространяются на все типы бетонных конструкций.

6.4.5.3 При проектировании данного метода следует производить расчет прочности конструкции.

6.4.5.4 Основные требования к продукту приведены в стандартах ГОСТ Р 56378-2015 и ГОСТ 32943-2014 для новых конструкций.

6.4.5.5 При реализации данного метода требуется:

- тщательная подготовка поверхности;
- контроль адгезия между слоями бетона.

6.4.5.6 Дополняющие методы: метод 1.5, 4.2, 4.5 или 4.6.

6.4.6 Метод 4.5 Инъектирование в трещины, пустоты или полости

6.4.6.1 Стандартным методом усиления бетона в зоне трещин, пустот или расселин является его инъектирование заполняющими материалами, способные обеспечить передачу нагрузок, например эпоксидными смолами, цементными растворами или суспензиями. Метод 4.5 схематично показан на рисунке 21.

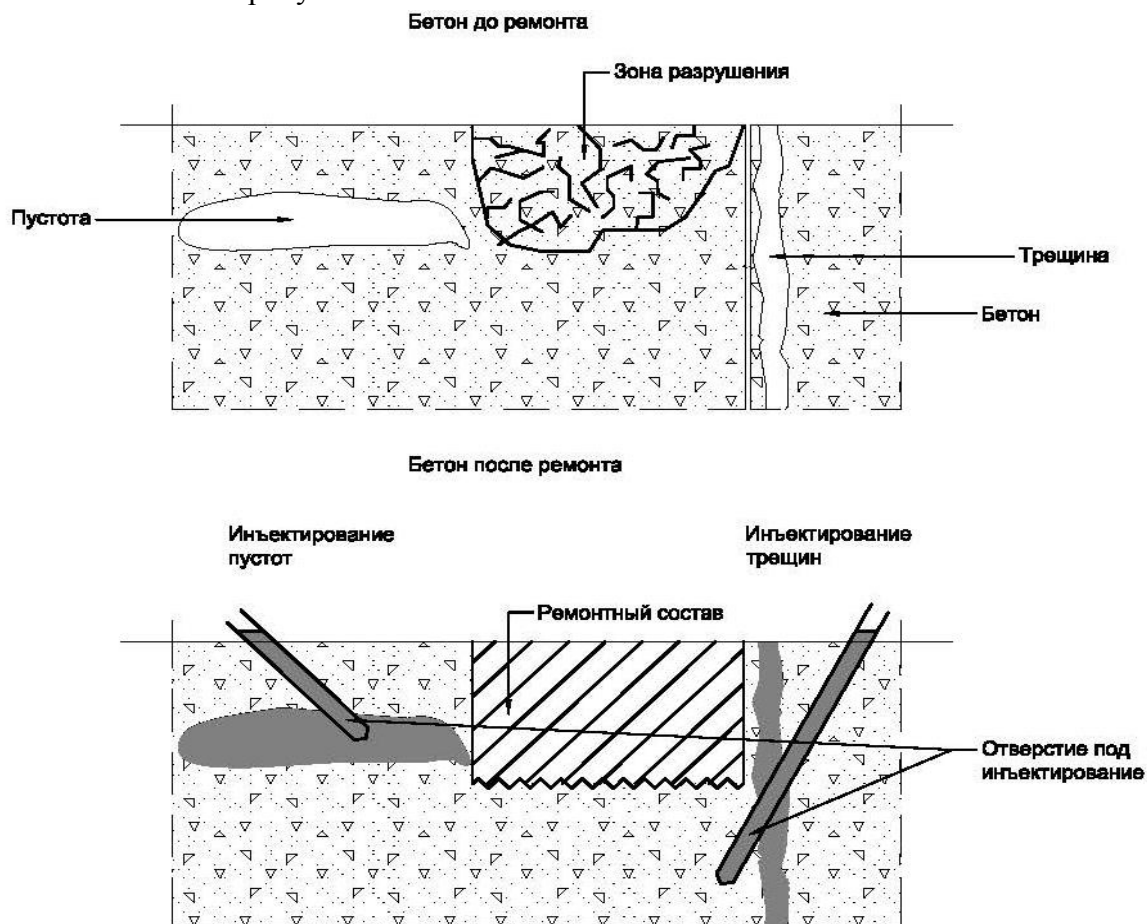


Рисунок 21 -Схематичное изображение метода 4.5 до и после применения

6.4.6.2 Метод 4.5. реализуется путем максимального заполнения участков с дефектом путем инъектирования затвердевающего материала для обеспечения несущей способности на уровне качественного бетона.

6.4.6.3 Типовыми областями применения метода 4.5 являются трещины, пустоты или расселины в зонах с высокими требованиями к несущей способности.

6.4.6.4 При проектировании метода 4.5. следует предусматривать контроль уровня влаги в трещине и движение трещин.

6.4.6.5 Основные требования к методу 4.5. приведены в ГОСТ Р 56378-2015.

6.4.6.6 В процессе выполнения работы контролируется степень заполнения бетонной конструкции инъекционными составами.

6.4.6.7 Дополняющие методы: метод 3.1 или покрытие для улучшения внешнего вида

6.4.7 Метод 4.6 Заполнение трещин, пустот или полостей

6.4.7.1 Метод 4.6 предусматривает усиление конструкций путем заполнения участка с дефектом без использования давления посредством заливки. Поэтому необходимо обеспечить максимально возможную степень заполнения участков с дефектом рис. 22.

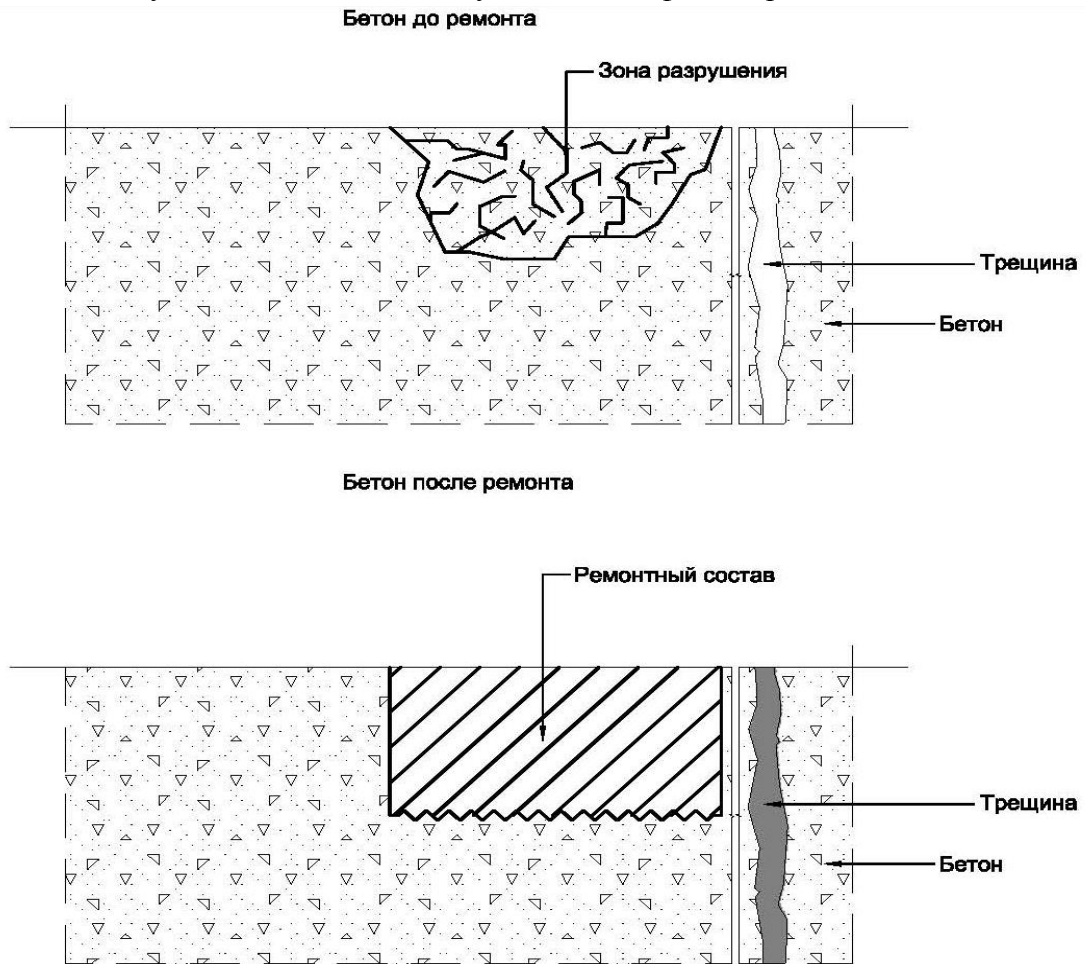


Рисунок-22 Схематичное изображение метода 4.6 до и после применения

6.4.7.2 Метод 4.6. реализуется при максимально возможном заполнении участков с дефектом путем заливки затвердевающего материала для обеспечения несущей способности на уровне качественного бетона.

6.4.7.3 Типовой областью применения метода 4.6 является бетонные и железобетонные конструкции с широкими не насыщенными водой трещинами.

6.4.7.4 При проектировании метода 4.6. необходимо пробное применение для проверки возможной степени заполнения; альтернатива – метод 4.5 (нагнетание вместо заливки) и т. д.

6.4.7.5 Требования к показателям свойств материалов и показателем эксплуатационных качеств образуемых систем приведены в стандарте ГОСТ Р 56378-2015.

6.4.7.6 При выполнении работ необходимо контролировать степень заполнения трещин конструкции.

6.4.7.8 Дополняющие методы: метод 3.1 или покрытие для улучшения внешнего вида.

6.4.8 Метод 4.7 Установка предварительно напряженной арматуры (с натяжением на бетон)

6.4.8.1 Реализация данного метода ведет к изменению конструктивной схемы работы бетонной конструкции. Установка новой напрягаемой стальной арматуры в бетонную конструкцию с последующим натяжением на бетон приводит к изменению статической работы, при которой значительно изменяется несущая способность. Это требует проведения полноценных повторных расчетов и перепроектирования конструкции, включая этапы по предварительному напряжению. К типовым областям применения данного метода относятся мосты, резервуары или несущие балки. Проектирование данного метода рассматриваются в стандартах на предварительно напрягаемые бетонные конструкции.

6.5. Принцип 5: Повышение физической стойкости материала конструкции

6.5.1 Общие положения

6.5.1.1 Подход, предусмотренный принципом 5, заключается в увеличении стойкости к физическим и механическим воздействиям. Согласно стандарту ГОСТ 32016-2012, это достигается тремя способами, описание которых приведено в последующих разделах.

6.5.2. Метод 5.1: Покрытие;

6.5.2.1 Метод 5.1 предусматривает нанесение покрытия на бетонную поверхность для повышения ее стойкости к физическим воздействиям, например к абразивному износу или ударным нагрузкам. Данный метод схематично показан на рисунке 23. В качестве подготовки поверхности необходимо произвести замену бетона на участках с неудовлетворительным качеством, а также выполнить закрытие трещин.

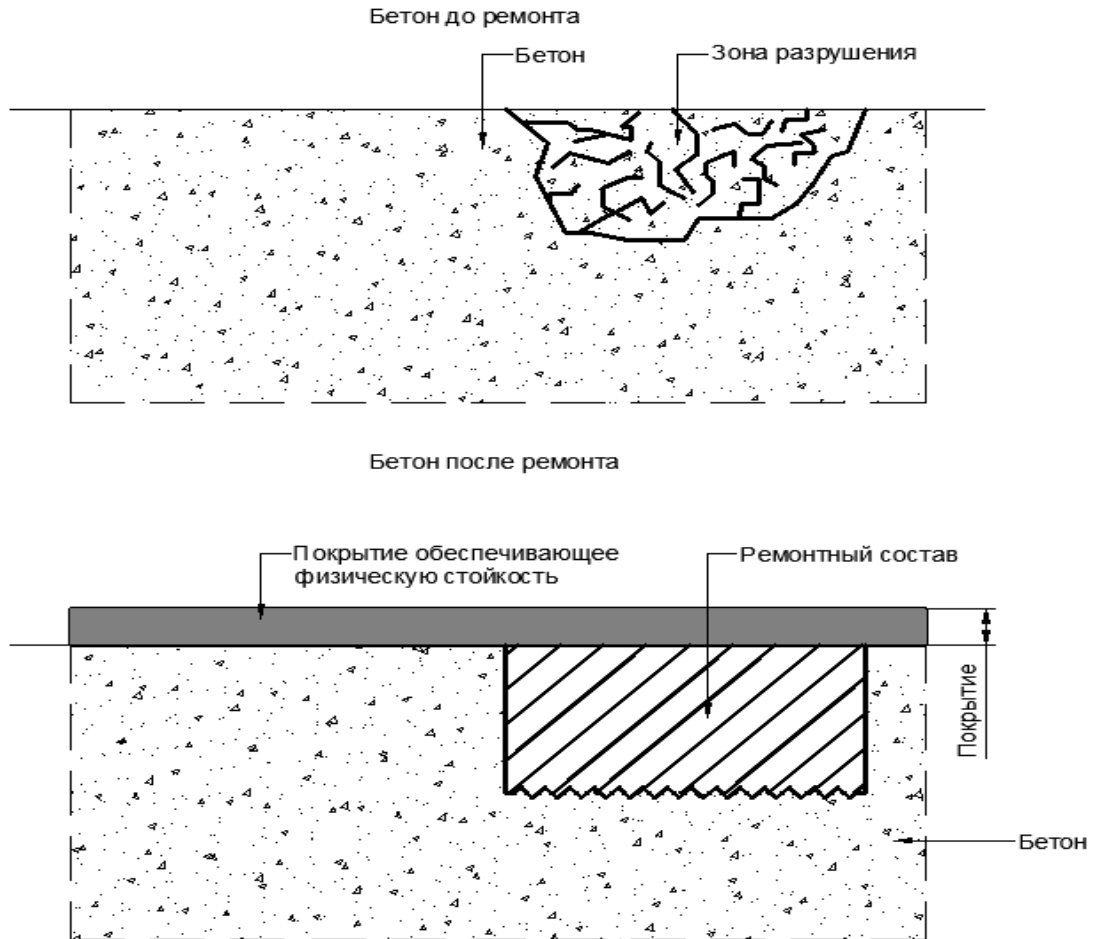


Рисунок 23 -Схематичное изображение метода 5.1 до и после применения

6.5.2.2 Нанесение покрытия (метод 5.1) применяется для повышения стойкости к физическим воздействиям бетонных и железобетонных конструкций.

6.5.2.3 Типовыми области применения метода 5.1 являются полы, поверхности, подвергающиеся абразивному износу или ударным нагрузкам.

6.5.2.4 При проектировании ремонта по методу 5.1. следует учитывать раскрытие трещин или появление новых трещины, а также механические нагрузки.

6.5.2.5 Требования к материалам и системам необходимо учитывать согласно стандарту ГОСТ 32017-2012.

6.5.2.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности,
- контролировать толщину слоя покрытия;
- осуществлять контроль величины адгезии слоя покрытия.

6.5.2.7 Для обеспечения долговечности рекомендуется проведение осмотров в зависимости от режима использования.

6.5.2.8 Дополняющие методы: методы 3.1–3.3, 1.5, 4.5 или 4.6

6.5.3 Метод 5.2: Пропитка

6.5.3.1 В качестве альтернативы нанесению покрытий для повышения стойкости бетонной поверхности к механическим воздействиям необходимо использовать пропитку. Метод 5.2 схематично показан на рисунке 24.

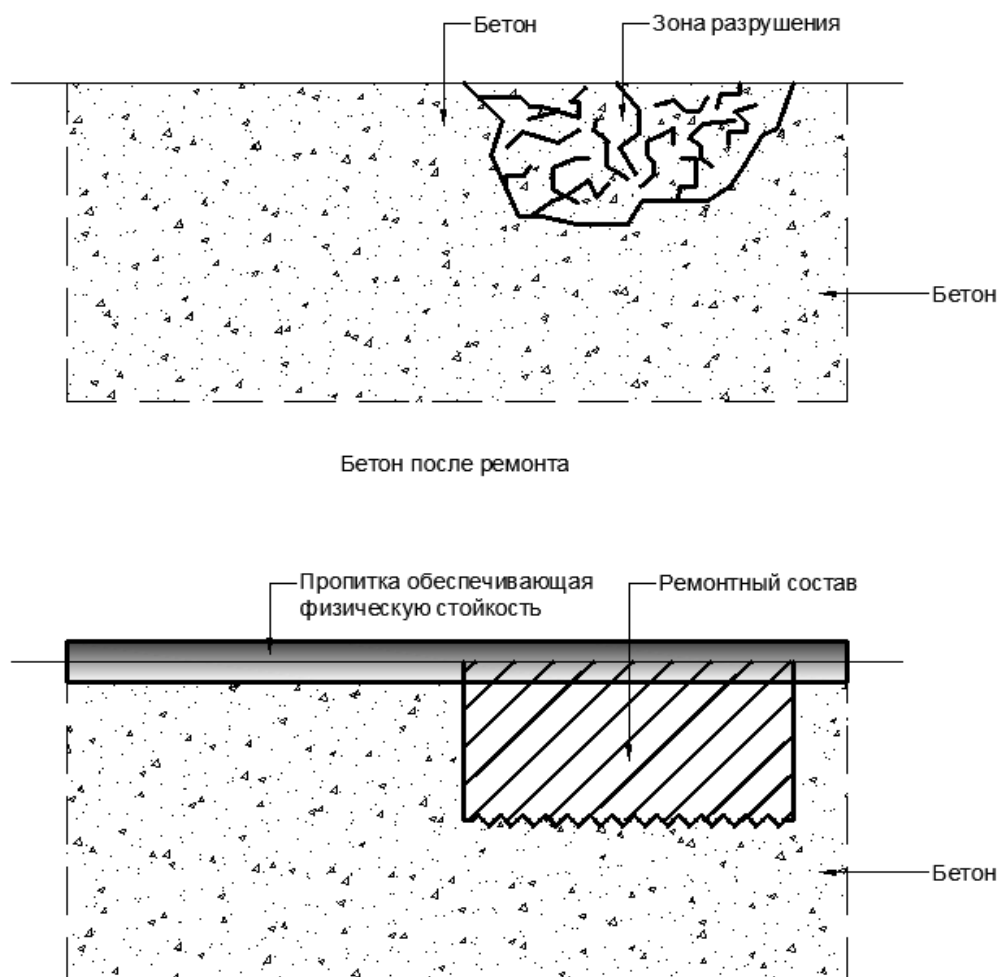


Рисунок 24-Схематичное изображение метода 5.2 до и после применения

6.5.3.2 Пропитка по методу 5.2 следует использовать для повышения стойкости к физическим воздействиям.

6.5.3.3 Типовыми областями применения метода 5.2 являются полы и поверхности, подвергающиеся абразивному износу или ударным нагрузкам.

6.5.3.4 При проектировании ремонта по методу 5.2 следует учитывать движение трещин или новые трещины, механические нагрузки и т. д.

6.5.3.5 Требования к материалам и системам по методу 5.2 необходимо учитывать согласно стандарту ГОСТ 32017-2012.

6.5.3.6 При выполнении работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- контролировать адгезионная прочность поверхности бетона.

6.5.3.7 Для обеспечения долговечности необходимо проведение осмотров в зависимости от режима использования.

6.5.3.8 Дополняющие методы: методы 3.1–3.3, 1.5, 4.5 или 4.6.

6.5.4 Метод 5.3: Добавление раствора или бетона;

6.5.4.1 Повышение стойкости конструкции к физическим воздействиям обеспечивается путем добавления строительного раствора или бетона на бетонную поверхность. Метод 5.3 схематично показан на рисунке 25.

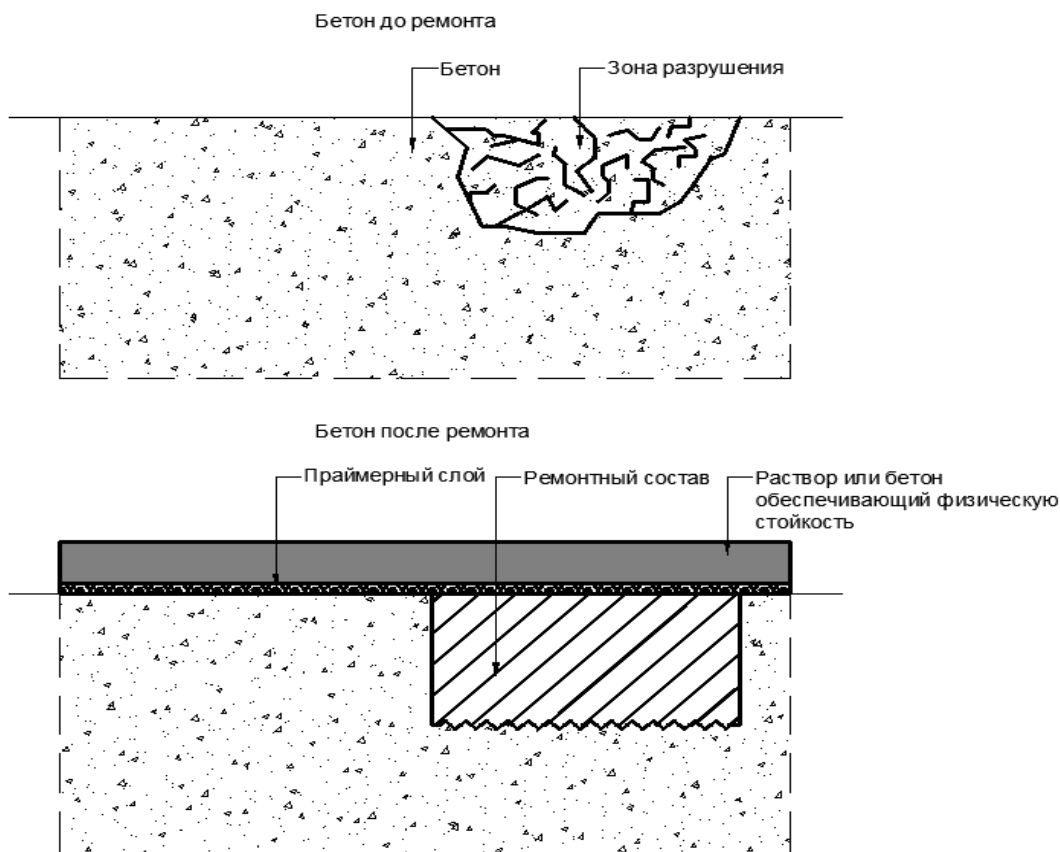


Рисунок 25-Схематичное изображение метода 5.3 до и после применения

6.5.4.2 Добавление слоя строительного раствора или бетона по Методу 5.3. обеспечивает повышение стойкости существующей бетонной поверхности к физическим воздействиям.

6.5.4.3 Типовыми областями применения метода 5.3 являются полы и поверхности, подвергающиеся абразивному износу или ударным нагрузкам.

6.5.4.4 При проектировании ремонта по методу 5.3 следует учитывать движение трещин или новые трещины, механические нагрузки и т. д.

6.5.4.5 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- контролировать величину адгезии бетона, толщину слоя бетона.

6.5.4.6 Для обеспечения долговечности необходимо проведение осмотров в зависимости от режима использования.

6.5.4.7 Дополняющие методы: методы 3.1–3.3, 1.5, 4.5, 4.6 или 5.2

6.6. Принцип 6: Повышение химической стойкости бетона конструкции

6.6.1. Общие положения

Подход, предусмотренный принципом 6, заключается в повышении стойкости бетонной поверхности к разрушениям, вызванным воздействием химических веществ. Стойкость бетона к различным классам воздействия окружающей среды определена в [ГОСТ 26633–2012]. Требования к конструкциям при химическом воздействии рассматриваются в [ГОСТ 31383-2008, ГОСТ 12020] . Материалы, применяемые в рамках перечисленных трех методов для соблюдения данного принципа, должны отвечать требованиям эксплуатационного параметра «Стойкость к сильному химическому воздействию», проверка которого выполняется согласно [ГОСТ 31383-2008, ГОСТ 12020].

6.6.2. Метод 6.1: Покрытие

6.6.2.1 Метод 6.1 представляет собой нанесение покрытия на бетонную поверхность для повышения стойкости к воздействию химических веществ и показан схематично на рисунке 26

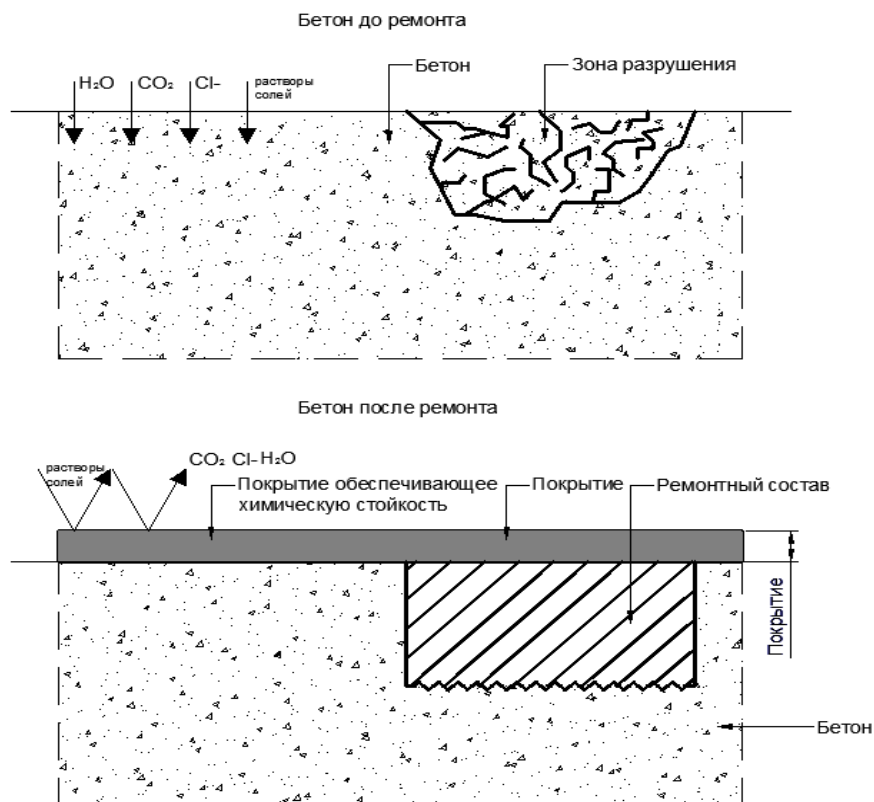


Рисунок 26 -Схематичное изображение метода 6.1 до и после применения

6.6.2.2 Нанесение покрытия по методу 6.1 следует применять для повышения стойкости к воздействию химических веществ.

6.6.2.3 Типовыми областями применения метода 6.1 являются поверхности, подверженные сильному химическому воздействию.

6.6.2.3 При проектировании ремонта по методу 6.1 следует учитывать раскрытие трещин или появление новых трещин и т. д.

6.6.2.4 Требования к материалам и системам по методу 6.1 необходимо учитывать согласно стандарту ГОСТ 32017-2012.

6.6.2.5 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности.
- контролировать величину адгезии, толщину слоя покрытия и т. д.

6.6.2.6 Для обеспечения долговечности необходимо проведение осмотров в зависимости от режима использования.

6.6.2.7 Дополняющие методы: методы 3.1–3.3, 1.5.

6.6.3. Метод 6.2: Пропитка

6.6.3.1 Повышения химической стойкости конструкции осуществляется путем пропитки бетона по методу 6.2, как показано на рисунке 27..

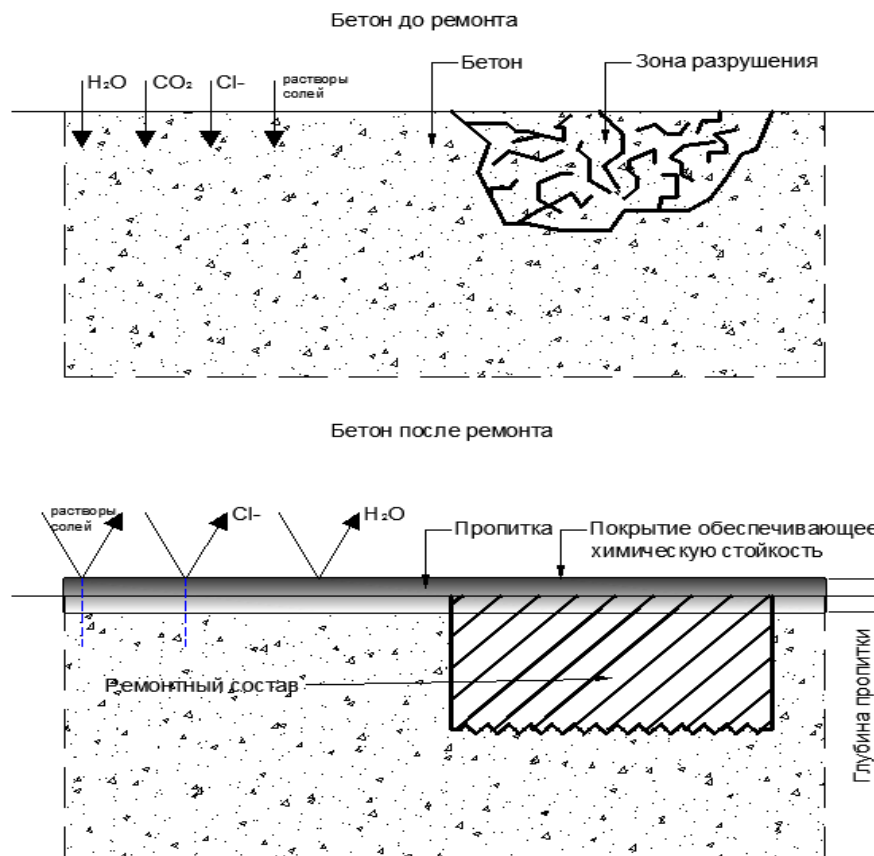


Рисунок 27-Схематичное изображение метода 6.2 до и после применения

6.6.3.2 Пропитка бетонной поверхности по методу 6.2. производится для повышения химической стойкости конструкции.

6.6.3.3 Типовыми областями применения метода 6.2 являются поверхности, подверженные сильному химическому воздействию, предпочтительно, в условиях отсутствия не заделанных трещин.

6.6.3.4 При проектировании ремонта по методу 6.2. следует учитывать раскрытие трещин или появление новых трещин.

6.6.3.5 Требования к материалам и системам по методу 6.2 необходимо учитывать согласно стандарту ГОСТ 32017-2012.

6.6.3.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- контролировать адгезионную прочность бетона.

6.6.3.7 Для обеспечения долговечности необходимо проведение осмотров в зависимости от режима использования.

6.6.3.8 Дополняющие методы: методы 3.1–3.3, 1.5.

6.6.4. Метод 6.3: Добавление раствора или бетона

6.6.4.1 Метод 6.3 предусматривает добавление строительного раствора или бетона для повышения химической стойкости конструкции. Химическая стойкость конструкции обеспечивается при добавлении раствора или бетона, имеющих большую химическую стойкость, чем существующий бетон. На рисунке 28 представлено схематичное изображение данного метода.

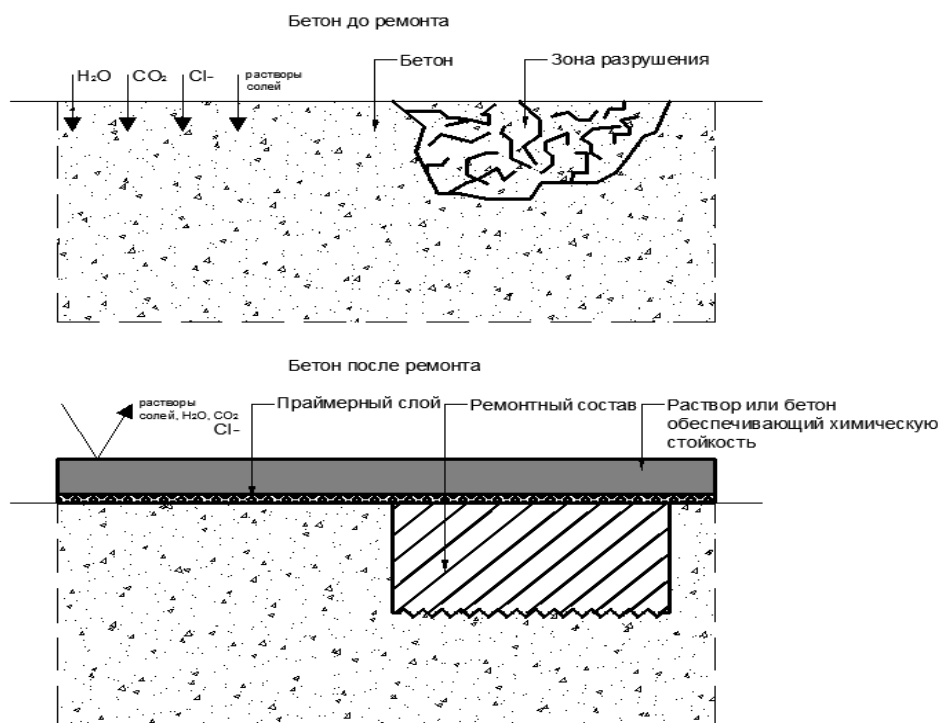


Рисунок 28-Схематичное изображение метода 6.3 до и после применения

6.6.4.2 Добавление слоя строительного раствора или бетона по методу 6.3. необходимо для повышения химической стойкости бетонной поверхности.

6.6.4.3 Типовыми областями применения метода 6.3. являются поверхности, подверженные сильному химическому воздействию, предпочтительно, в условиях отсутствия не заделанных трещин.

6.6.4.4 При проектировании ремонта по методу 6.3. следует учитывать раскрытие трещин или появление новых трещин.

6.6.4.5 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- контролировать величину адгезии бетона или раствора, толщину слоя бетона или раствора и т. д.

6.6.4.6 Для обеспечения долговечности необходимо проведение осмотров в зависимости от режима использования.

6.6.4.7 Дополняющие методы: методы 3.1–3.3, 1.5.

6.7. Принцип 7: Сохранение или восстановление пассивного состояния арматуры в бетоне

6.7.1. Общие положения

6.7.1.1 Согласно стандарту ГОСТ 32016-2012, подход, предусмотренный принципом 7, состоит в создании химических условий, при которых поверхность арматуры поддерживается или возвращается в пассивированное состояние и применяется в качестве превентивного метода защиты до начала коррозии или для ремонта уже разрушающейся арматуры.

6.7.2. Метод 7.1: Увеличение защитного слоя за счет дополнительного раствора или бетона

6.7.2.1 Метод 7.1 способствует продлению оставшегося срока службы конструкции за счет увеличения периода эксплуатации конструкции до начала коррозии (рис. 29). Если карбонизация и загрязнение бетона хлоридами отсутствуют, метод 7.1 следует применяться до тех пор, пока фронт карбонизации не достиг арматуры, т. е. при наличии определенной толщины некарбонизированного бетона над арматурой. Если бетон находится под воздействием хлоридов, метод 7.1 следует применяться только при наличии определенного расстояния между глубиной с критическим уровнем содержания хлоридов и арматурой.

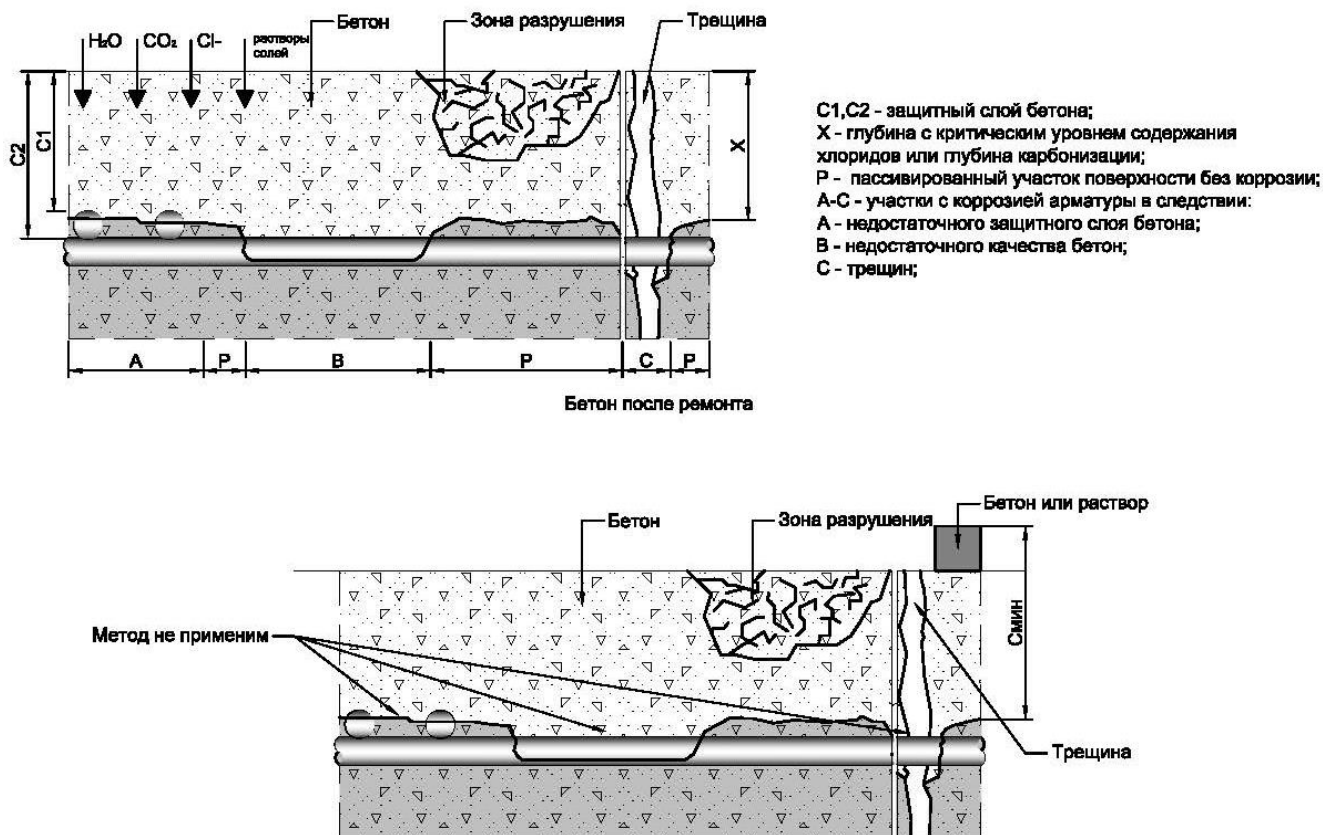


Рисунок 29-Схематичное изображение метода 7.1 для коррозии, вызванной воздействием хлоридов

6.7.2.2 Метод 7.1 применяется в целях увеличения толщины защитного слоя и создания барьера, исключающего дальнейшую карбонизацию или проникновение хлоридов.

6.7.2.3 Типовыми областями применения метода 7.1 являются конструкции с недостаточным защитным слоем бетона на этапе, когда арматура еще сохранила пассивированное состояние.

6.7.2.4 При проектировании ремонта по методу 7.1 следует учитывать перераспределение хлоридов.

6.7.2.5 Требования к материалам и системам по методу 7.1 необходимо учитывать согласно стандарту ГОСТ Р 56378-2015.

6.7.2.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- обеспечивать тщательную подготовку поверхности;
- контролировать величину адгезионной прочности строительного раствора или цемента.

6.7.2.7 Дополняющие методы: метод 1.5.

6.7.3. Метод 7.2: Замена загрязненного или карбонизированного бетона

6.7.3.1 Согласно методу 7.2 весь карбонизированный бетон или бетон с критическим уровнем содержания хлоридов удаляется, выполняется очистка арматуры, а затем удаленный участок заполняется бетоном (см. рис. 30).

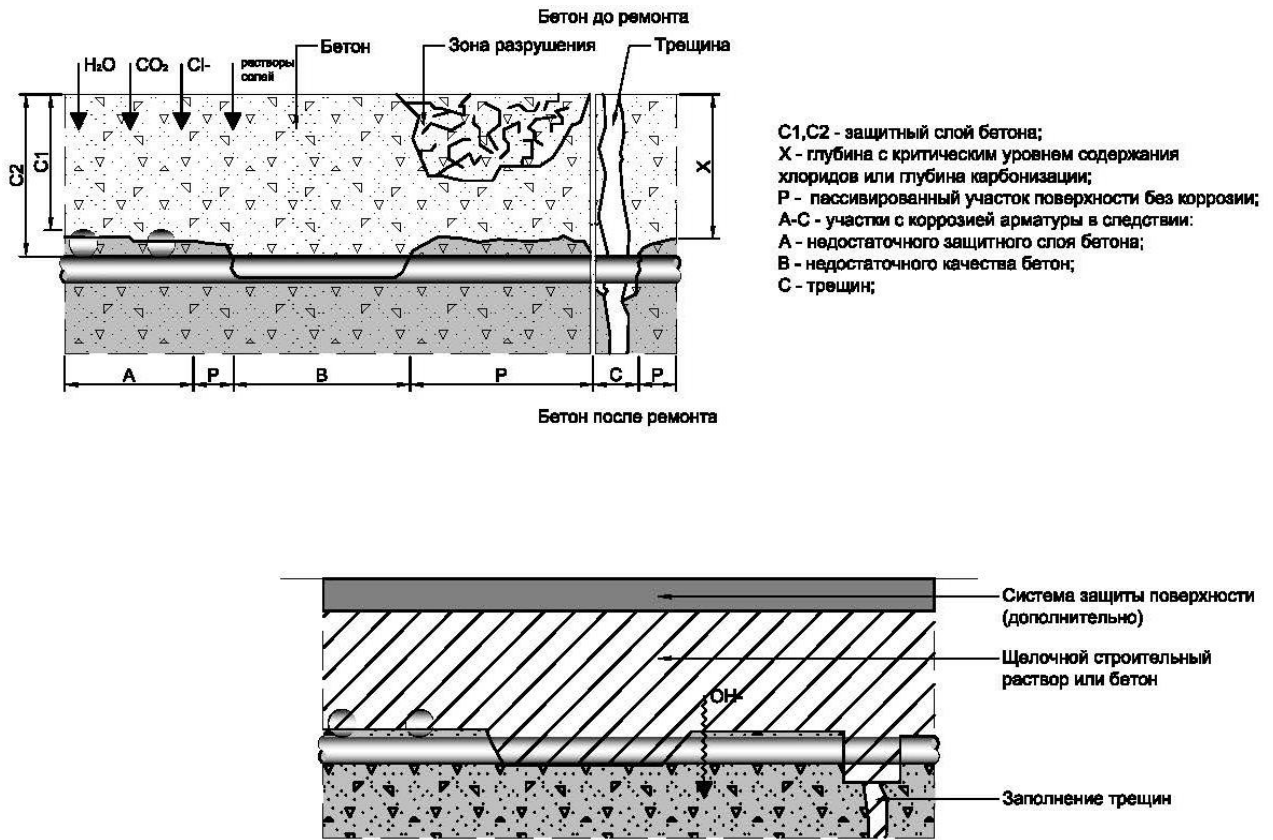


Рисунок 30-Схематичное изображение метода 7.2 до и после применения

6.7.3.2 Для реализации метода 7.2 следует произвести демонтаж всего карбонизированного или загрязненного хлоридами бетона и укладка щелочного бетона.

6.7.3.3 Типовой областью применения метода 7.2 являются бетонные и железобетонные конструкции всех типов.

6.7.3.4 При проектировании: ремонта по методу 7.2 следует производить расчет прочности конструкции для системы или элемента и т. д.

6.7.3.5 Требования к материалам и системам по методу 7.2 необходимо учитывать согласно стандарту ГОСТ Р 56378-2015.

6.7.3.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- контролировать величину адгезии и прочность бетона.

6.7.3.7 Дополняющие методы: методы 4.1, 1.3 в качестве системы защиты поверхности.

6.7.4. Метод 7.3: Электрохимическое восстановление щелочности карбонизированного бетона

6.7.4.1 В условиях активного или пассивного состояния арматуры дополнительная защита от коррозии обеспечивается повторным электрохимическим подщелачиванием, которое позволяет повысить щелочность карбонизированного бетона и, таким образом, придать арматуре пассивированные свойства. Использование данного метода схематично показано на рисунке 31.

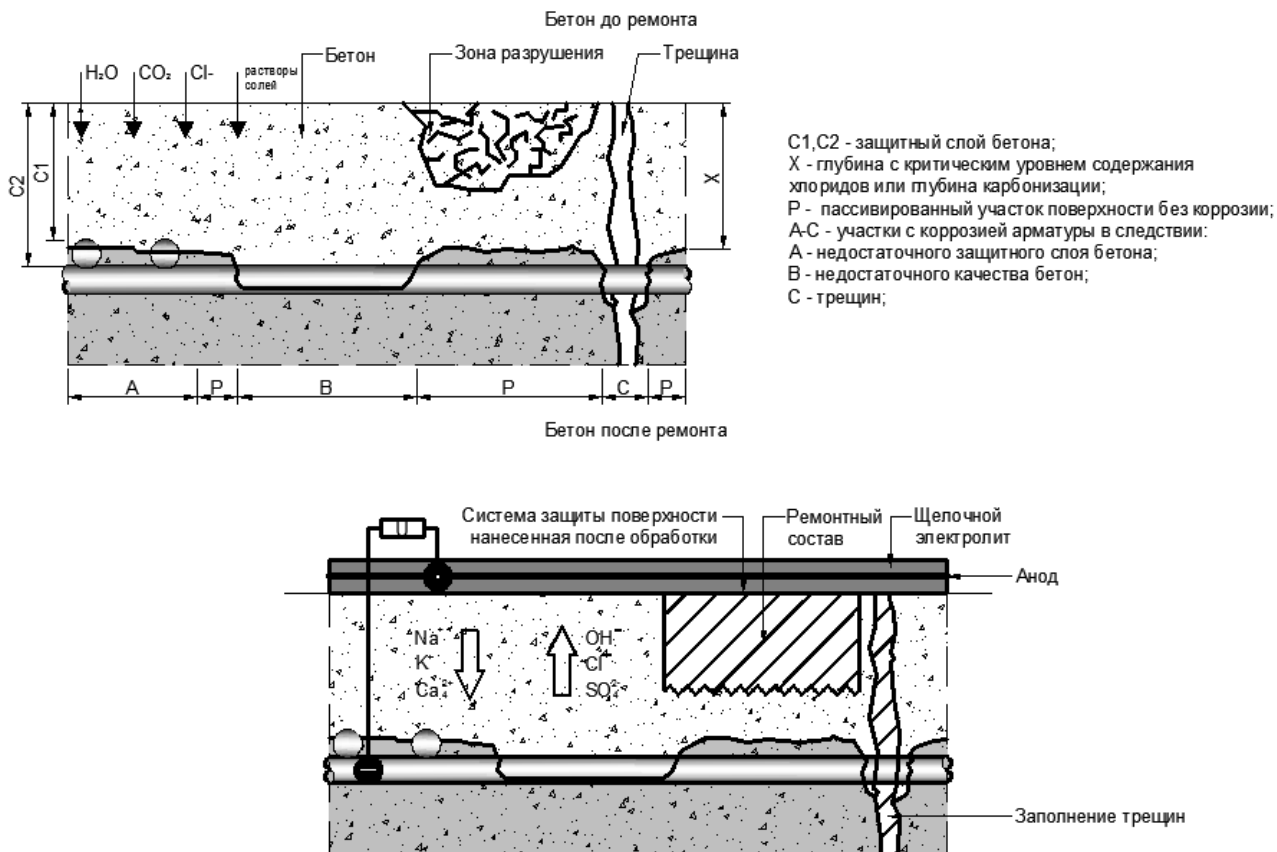


Рисунок 31-Схематичное изображение метода 7.3 до и после применения

6.7.4.2 Метод 7.3, реализующий принцип 7 по сохранению или восстановлению пассивированного состояния осуществляется путем принудительной подачи тока на арматуру в целях повышения значения рН в бетоне вокруг стали.

6.7.4.3 Типовые области применения метода 7.3 ограничены.

6.7.4.4 При проектировании ремонта по методу 7.3 следует учитывать согласно нормативно-технической документации, а также ограниченный срок службы без нанесения покрытия.

6.7.4.5 Требования к материалам и системам по методу 7.3 необходимо учитывать в соответствии с нормативно-технической документацией.

6.7.4.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- соблюдать требования нормативно-технической документации;
- осуществлять контроль качества.

6.7.4.7 Для обеспечения долговечности после обработки необходим контроль карбонизации.

6.7.4.8 Дополняющие методы: нанесение покрытия по методу 1.3

6.7.5. Метод 7.4: Диффузионное восстановление щелочности карбонизированного бетона.

6.7.5.1 Метод 7.4. заключается в нанесении сильнощелочного вяжущего бетона или строительный раствора на поверхность карбонизированного бетона для повторного подщелачивания бетона путем диффузии через поверхность. Данный подход предусматривает выдерживание бетона во влажных условиях для обеспечения эффективной диффузии до глубины арматурных стержней в течение периода обработки, который может занимать несколько месяцев. Использование данного метода схематично показано на рисунке 32.

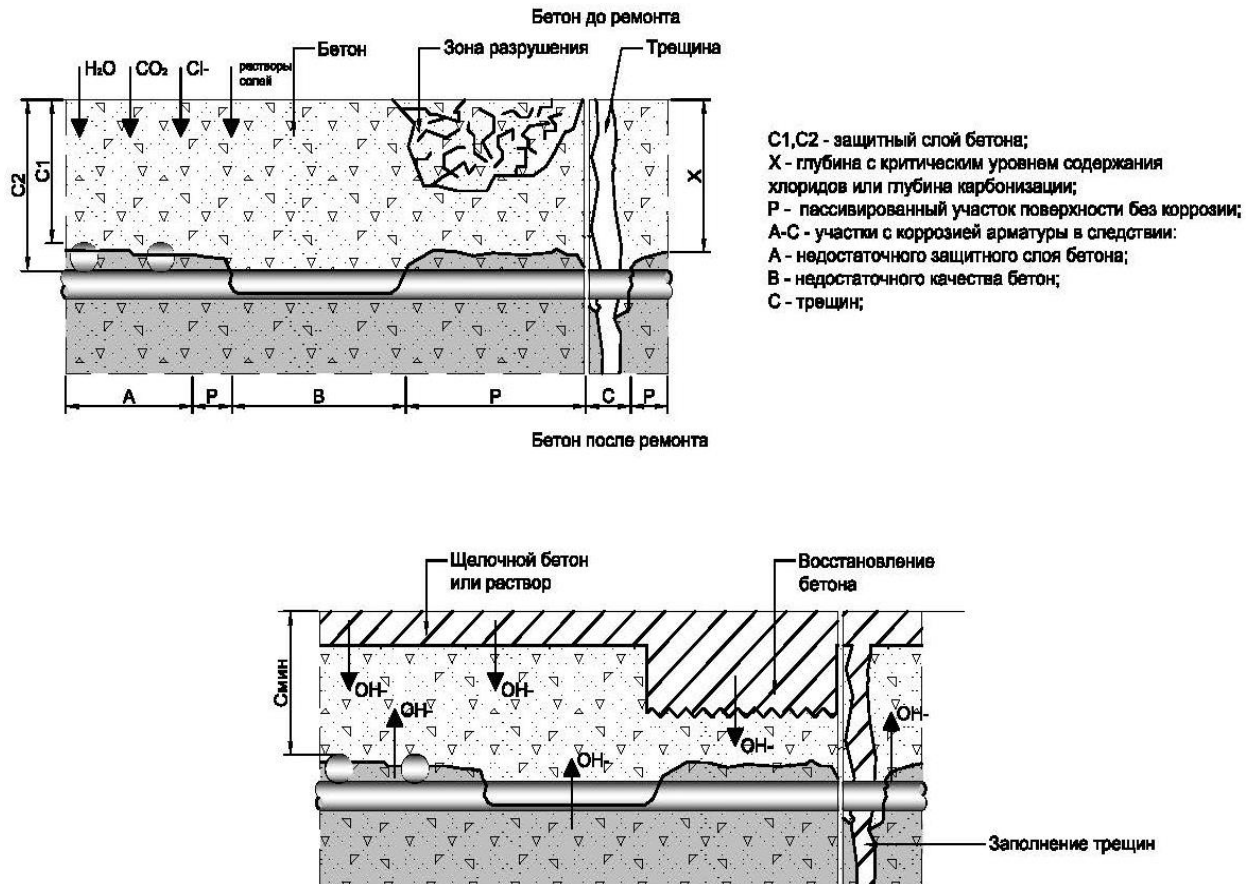


Рисунок 32-Схематичное изображение метода 7.4 до и после применения

6.7.5.2 Согласно методу 7.4. повторное подщелачивание карбонизированного бетона путем диффузии производится путем нанесения щелочного раствора или бетона на поверхность конструкции для повышения значения рН в зоне карбонизации путем диффузии ОН⁻.

6.7.5.3 Типовой областью применения метода 7.4 являются все типы карбонизированных бетонных и железобетонных конструкций.

6.7.5.4 При проектировании ремонта по методу 7.4. следует учитывать достаточную толщину слоя раствора/бетона и т. д.

6.7.5.5 Требования к материалам и системам по методу 7.4 заключаются в необходимости применять материал на основе цемента с высоким значением рН.

6.7.5.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- обеспечить достаточное сцепление с существующим бетоном;
- контролировать толщину и адгезию бетона или строительного раствора.

6.7.5.7 Дополняющие методы: не требуются.

6.7.6. Метод 7.5: Электрохимическое извлечение хлоридов

6.7.6.1 В случаях, когда арматура находится в активном или пассивном состоянии, обусловленном проникновением ионов хлоридов, дополнительная защита от коррозии обеспечивается путем электрохимической извлечения хлоридов. Это приводит к снижению концентрации ионов хлоридов в бетоне, окружающей арматуру, и обеспечивает пассивацию при условии достаточного удаления хлоридов из зоны размещения стальной арматуры. Использование данного метода схематично показано на рисунке 33.

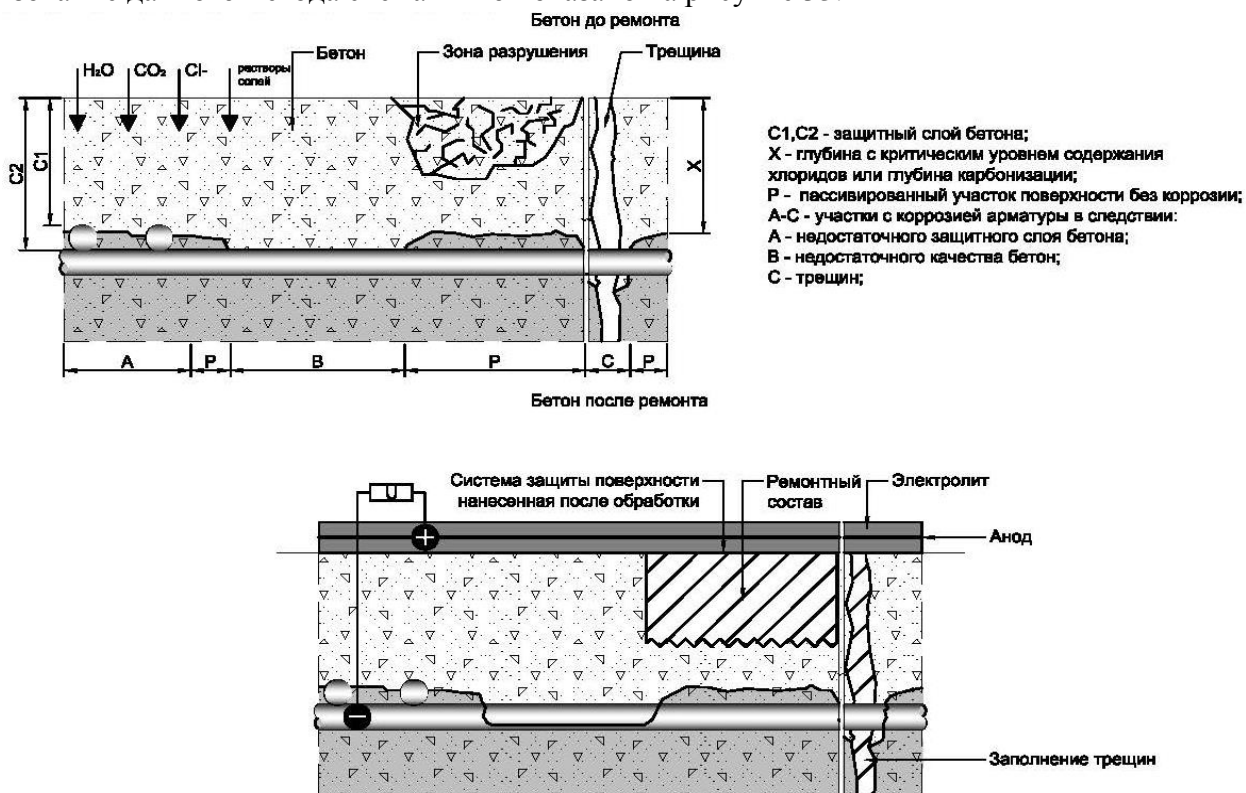


Рисунок 33-Схематичное изображение метода 7.5 до и после применения

6.7.6.2 Сохранение или восстановление пассивированного состояния бетона конструкции (метод 7.5.) осуществляется путем временного воздействия электрическим полем при помощи анода и электролита в целях вызвать принудительный перенос хлоридов из бетона.

6.7.6.3 Типовыми областями применения метода 7.5 являются случаи, когда невозможен демонтаж бетона или постоянная подача электропитания.

6.7.6.4 При проектировании ремонта по методу 7.5. следует руководствоваться нормативно-технической документацией. Если остаточные уровни содержания хлоридов слишком высоки, то требуется использование дополнительных методов.

6.7.6.5 Требования к материалам и системам необходимо учитывать в соответствии с нормативно-технической документацией.

6.7.6.6 Контроль качества выполнения работ следует выполнять в соответствии с нормативно-технической документацией.

6.7.6.7 Для обеспечения долговечности необходимо измерение остаточного содержания хлоридов после обработки поверхности. В случае, если уровни хлоридов слишком высоки, рекомендуется обеспечить мониторинг коррозии.

6.7.6.8 Дополняющие методы: нанесение покрытия (метод 1.3)

6.8 Принцип 8: Повышение электрического сопротивления бетона конструкции

6.8.1 Общие положения

6.8.1.1 Согласно стандарту ГОСТ 32016-2012, подход, предусмотренный принципом 8, состоит в повышении удельного электрического сопротивления бетона до уровня, при котором скорость коррозии арматуры имеет минимальные значения.

6.8.2. Метод 8.1: Гидрофобизирующая пропитка

6.8.2.1 Метод гидрофобной пропитки применяется для различных принципов ремонта бетонных и железобетонных конструкций. Контроль уровня влаги применительно к коррозии бетона выполняется методом 2.1, а применительно к коррозии арматуры – методом 8.1. Для использования обоих методов необходимо исключить проникновение воды и дать бетону просохнуть путем испарения через гидрофобный слой, как это показано на рисунке 34.

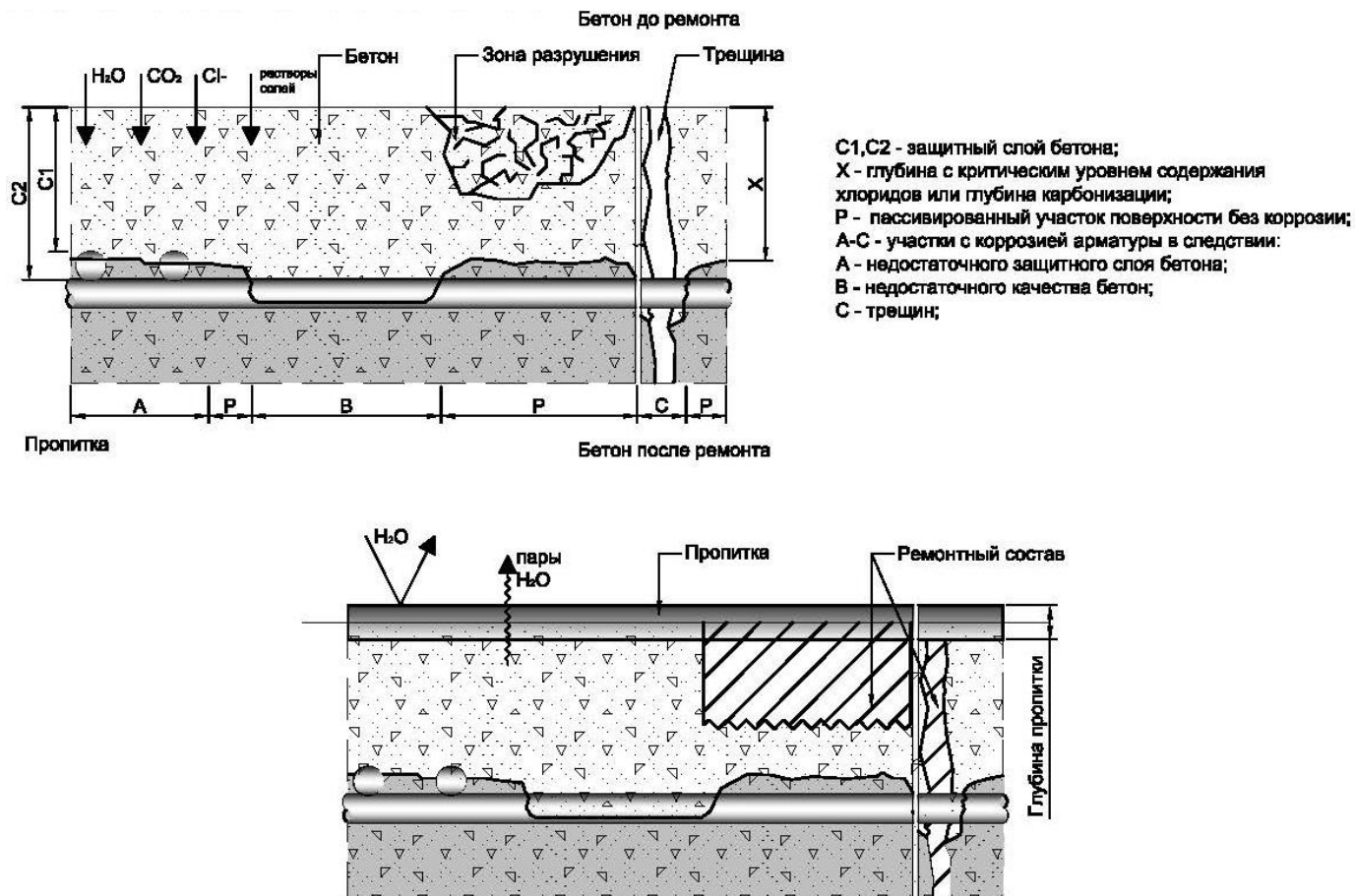


Рисунок 34-Схематичное изображение метода 8.1 после применения

6.8.2.2 Гидрофобная пропитка (метод 8.1) обеспечивает уменьшение скорости коррозии арматуры путем просушивания бетона и последующего повышения удельного электрического сопротивления.

6.8.2.3 Типовой областью применения метода 8.1 является обусловленная карбонизацией коррозия арматуры бетонных и железобетонных конструкций на раннем этапе.

6.8.2.4 При проектировании ремонта по методу 8.1 следует учитывать, что по мере высыхания гидрофобной пропитки коррозия продолжается и постепенно замедляется.

6.8.2.5 Требования к материалам и системам необходимо учитывать в соответствии с ГОСТ 32017-2012.

6.8.2.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- обеспечить минимальную влажность поверхность бетона;
- обеспечить большую глубину проникновения пропитки;
- контролировать глубину проникновения пропитки, гидрофобность поверхности конструкции .

6.8.2.7 Для обеспечения долговечности необходимо проведение регулярных осмотров.

6.8.2.8 Дополняющие методы: метод 1.5, а также методы с 3.1 по 3.3.

6.8.3. Метод 8.2: Пропитка

6.8.3.1 Аналогично контролю уровня влаги применительно к коррозии бетона (метод 2.2) метод пропитки применяется для повышения удельного сопротивления бетона и снижения скорости коррозии арматуры, до достижения безопасного уровня. Для достижения высокой степени заполнения пор пропиточным материалом необходимо произвести подготовку поверхности бетона, как показано на рисунке 35. На участках с непрочным бетоном выполняется его восстановление и закрытие трещин.

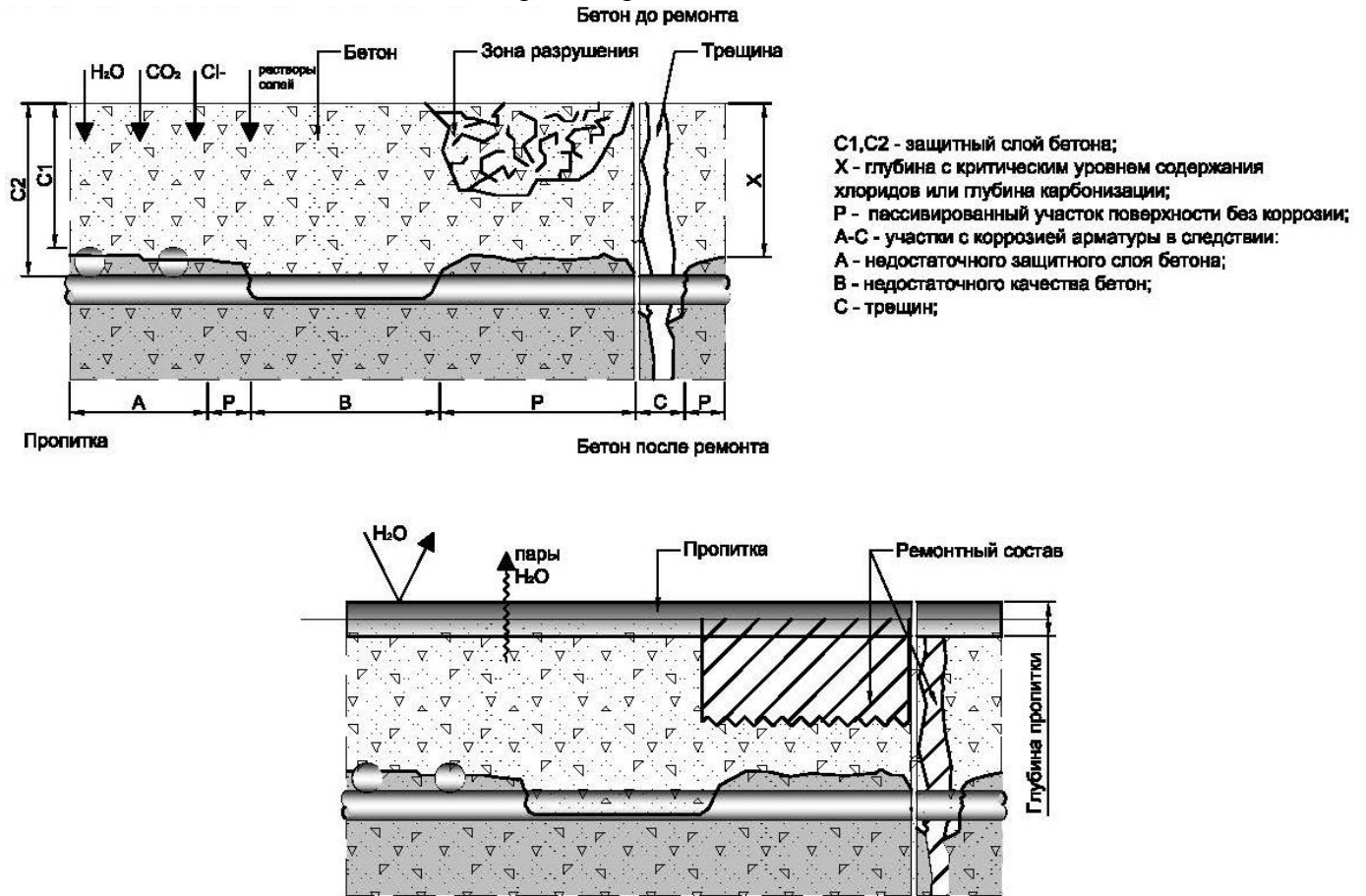


Рисунок 35-Схематичное изображение метода 8.2 после применения

6.8.3.2 Пропитка (метод 8.2) обеспечивает запечатывание пор в поверхности бетона для снижения содержания воды, повышение удельного сопротивления бетона и снижение скорости коррозии арматуры.

6.8.3.3 Типовыми областями применения метода 8.2 являются полы и горизонтальные поверхности.

6.8.3.4 При проектировании ремонта по методу 8.2. следует учитывать:

- отсутствие защиты при движении существующих трещин или образовании новых;

- уменьшение скорости коррозии по мере просушки поверхности бетона.

6.8.3.5 Требования к материалам и системам по методу 8.2 необходимо учитывать в соответствии с ГОСТ 32017-2012.

6.8.3.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- обеспечивать минимальную влажность поверхность бетона;
- контролировать глубину проникновения и толщину пленки.

6.8.3.7 Метод 8.2. обладает высокой степенью долговечности, зависящей от интенсивности использования.

6.8.3.8 Дополняющие методы: методы 1.5 и 3.1–3.3.

6.8.4 Метод 8.3: Нанесение покрытия

6.8.4.1 Системы покрытий используются во множестве областей, поскольку их характеристики адаптируются практически к любым фактическим условиям применения. Для обеспечения повышенного удельного сопротивление бетона путем его просушки, системы покрытия должны быть непроницаемыми для воды и, по возможности, максимально открытыми для испарения водяных паров из бетона. Использование данного метода схематично показано на рисунке 36.

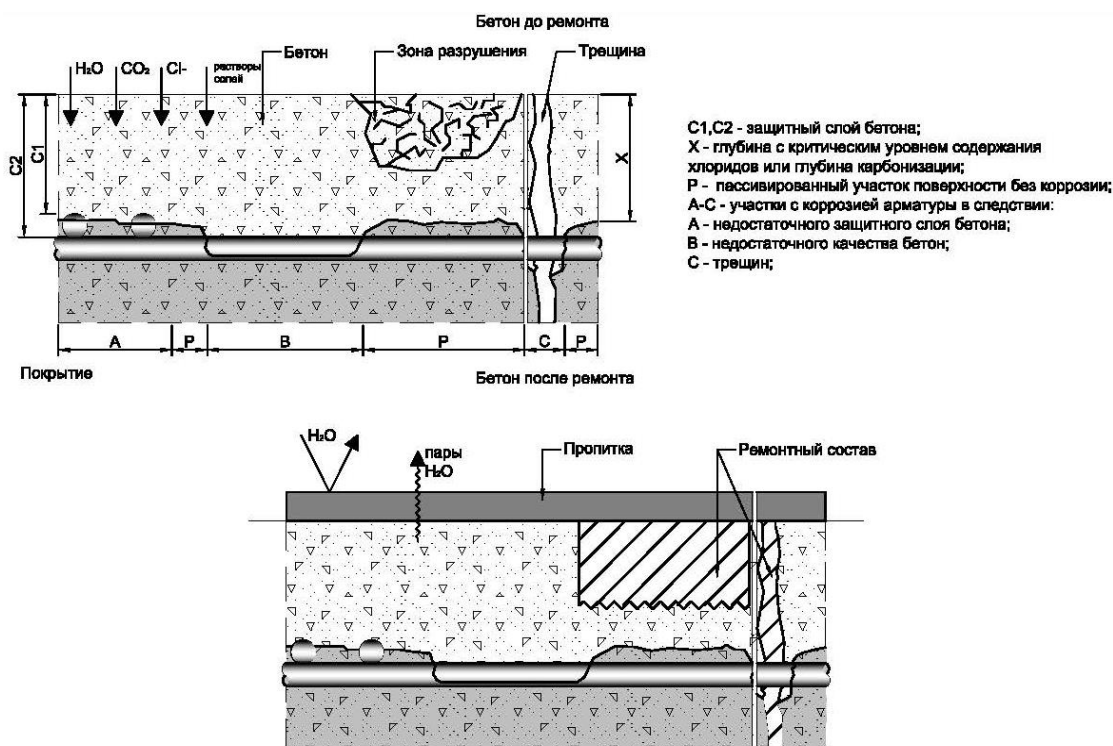


Рисунок 36-Схематичное изображение метода 8.3 до и после применения

6.8.4.2 Нанесение системы покрытия по методу 8.3., предотвращающего проникновения воды и обеспечивающего возможность испарения воды из бетона, применяется в целях повышения удельного сопротивления бетона и ограничения скорости коррозии арматуры.

6.8.4.3 Типовыми областями применения метода 8.3. являются:

- стандартный метод для коррозии вследствие карбонизации;
- для коррозии, обусловленной воздействием хлоридов (данный метод применим на раннем этапе при низком уровне содержания хлоридов).

6.8.4.4 Требования к материалам и системам по методу 8.3 необходимо учитывать в соответствии с ГОСТ 32017-2012.

6.8.4.5 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную подготовку поверхности;
- обеспечить требуемый уровень влажности поверхности бетона;
- обеспечить минимальную толщину покрытия;
- контролировать величину адгезии покрытия к бетону, толщина покрытия..

6.8.4.6 Для обеспечения долговечности рекомендуется проведение осмотров в зависимости от режима использования.

6.8.4.7 Дополняющие методы: метод 1.5, а также методы с 3.1 по 3.3.

6.9. Принцип 9: Контроль анодных участков арматурного каркаса в бетоне

6.9.1. Общие положения

6.9.1.1 В ситуациях с обширным загрязнением бетона, когда возможность демонтажа всего загрязненного бетона отсутствует, процесс формирования зарождающегося анода создается путем обработки поверхности арматуры покрытием в ходе локального ремонта, что позволит предотвратить коррозию. Покрытия наносятся непосредственно на арматуру на участках ее оголения в рамках процедуры восстановления бетона (приложение А стандарта ГОСТ 32016-2012). Такие покрытия содержат активные пигменты, выполняющие функцию ингибиторов коррозии или характеризующиеся расходуемым гальваническим эффектом.

6.9.1.2 Другие типы покрытий образуют защитные барьеры на поверхности бетона. Данный метод эффективен только в случае предварительной очистки арматуры от коррозии и нанесения сплошного покрытия; т. е. стержень должен быть полностью загерметизирован покрытием, в котором отсутствуют какие-либо дефекты. Использование данного метода возможно только в том случае, когда возможно нанесение покрытия по всей окружности арматурного стержня. Также необходимо учесть влияние покрытия на сцепление арматуры с бетоном.

6.9.1.3 В качестве альтернативы применяются ингибиторы коррозии, способные изменять химическое состояние поверхности стали или образовывать поверх нее пассивирующую пленку. Ингибиторы коррозии вводятся путем добавления в продукт или систему для ремонта бетона либо путем нанесения на поверхность бетона с последующим переносом на глубину залегания арматуры. Чтобы начать действовать, ингибиторы, наносимые на поверхность бетона, должны проникнуть вглубь бетона до уровня арматуры. В последующих разделах приведено описание и рассмотрение трех ранее упомянутых методов, соответствующих принципу 9.

6.9.2. Метод 9.1: Нанесение на арматуру активного покрытия

6.9.2.1 Нанесение на арматуру активного покрытия предусматривает обнажение арматуры для обеспечения пространства вокруг арматурных стержней, достаточного для нанесения активного покрытия. Перед нанесением покрытия необходимо тщательно очистить поверхность арматуры от ржавчины и свободных частиц. Метод 9.1 схематично показан на рисунке 37.

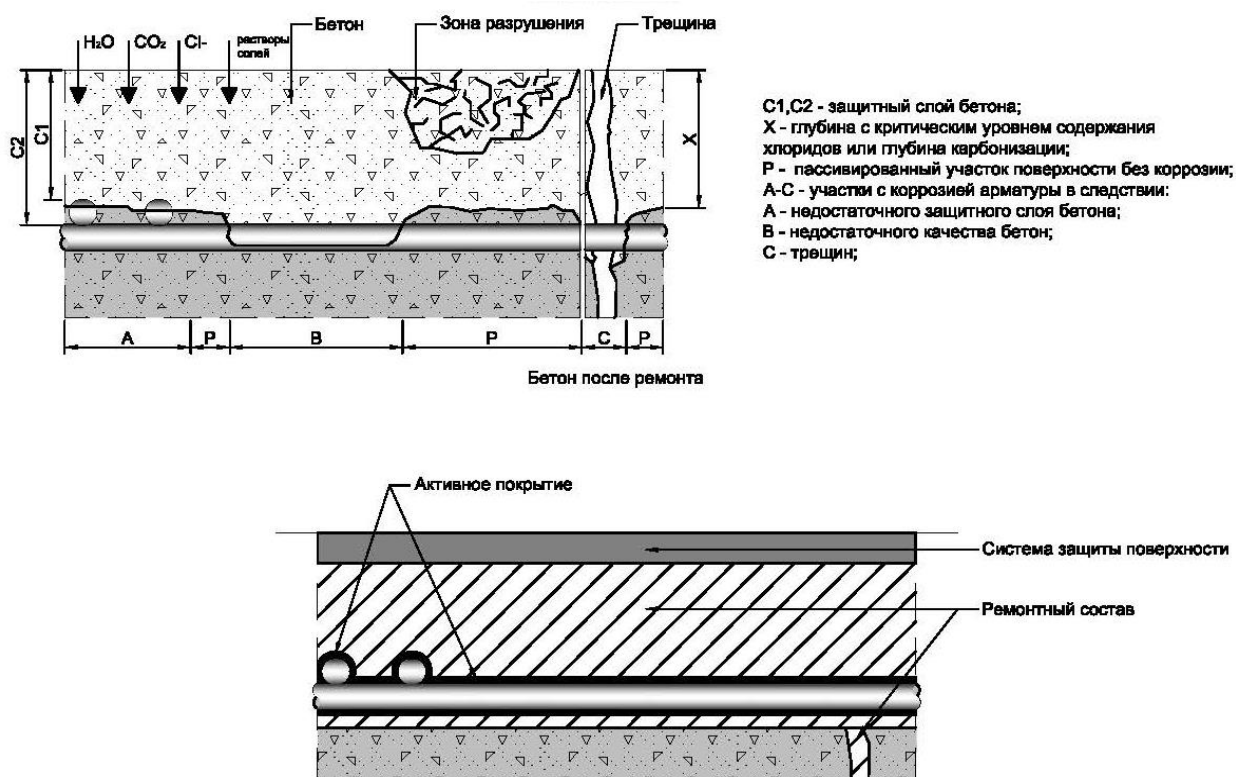


Рисунок 37-Схематичное изображение метода 9.1 после применения

6.9.2.2 Метод 9.1 обеспечивает защиту арматуры от коррозии путем нанесения активного покрытия.

6.9.2.3 Типовыми областями применения метода 9.1 являются конструкции при отсутствии достаточного защитного слоя бетона или невозможности его обеспечения, а также временная защита оголенной арматуры.

6.9.2.4 Требования к материалам и системам по методу 9.1 необходимо учитывать в соответствии с отечественными стандартами.

6.9.2.5 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную очистку арматуры;
- контролировать тщательное нанесение покрытия;
- контролировать толщина слоя активного покрытия.

6.9.2.6 Для обеспечения долговечности необходимо проведение регулярных осмотров.

6.9.2.7 Дополняющие методы: дополнительно, рекомендуется метод 1.3.

6.9.3. Метод 9.2: Нанесение на арматуру барьерного покрытия

6.9.3.1 Барьерные покрытия обеспечивают электрическую изоляцию и предотвращают анодное растворение железа, а также катодную реакцию (восстановление кислорода). Указанные свойства достигаются, например, при использовании эпоксидных смол. На рисунке 38 схематично показано применение данного метода. Аналогично методу 9.1 арматуру необходимо очистить от бетона, и нанести на нее покрытие. После этого отверстие заделывается подходящим строительным раствором или бетоном.

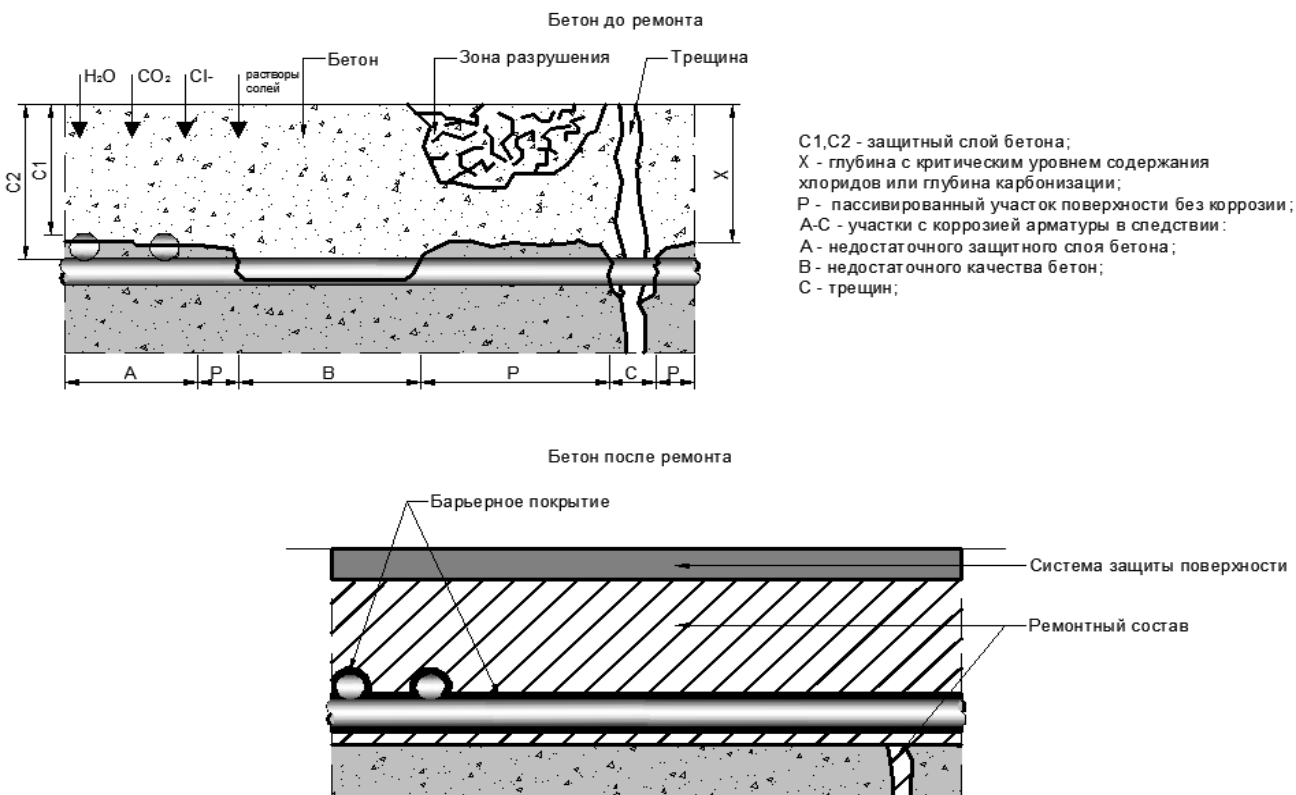


Рисунок 38-Схематичное изображение метода 9.2 после применения

6.9.3.2 Защита арматуры от коррозии осуществляется путем нанесения барьерного покрытия по методу 9.2, изолирующего арматуру от вредных реагентов.

6.9.3.3 Типовыми областями применения метода 9.2 являются конструкции с отсутствием достаточного защитного слоя бетона или невозможности его обеспечения, а также временная защита арматуры, остававшейся незащищенной в течение длительного периода времени.

6.9.3.4 При проектировании ремонта по методу 9.2 следует учитывать риск возникновения коррозии под покрытием в случае недостаточного качества и т. д.

6.9.3.5 Требования к материалам и системам по методу 9.2 необходимо учитывать в соответствии с нормативно-технической документацией.

6.9.3.6 В процессе выполнения работ необходимо:

- осуществлять тщательную очистку арматуры;
- обеспечивать тщательное нанесение покрытия;
- контролировать толщину наносимого покрытия, величину адгезии к арматуре и т. д.

6.9.3.7 Для обеспечения долговечности необходимо проведение регулярных осмотров.

6.9.3.8 Дополняющие методы: метод 9.1 и 1.3.

6.9.4. Метод 9.3. Введение в бетон или нанесение на бетон ингибиторов коррозии

6.9.4.1 Метод 9.3 предусматривает два способа нанесения ингибиторов коррозии на железобетонные конструкции (рис 39 и 40). Они наносятся на поверхность бетона (метод 9.3-1) или смешиваться с ремонтными растворами (метод 9.3-2).

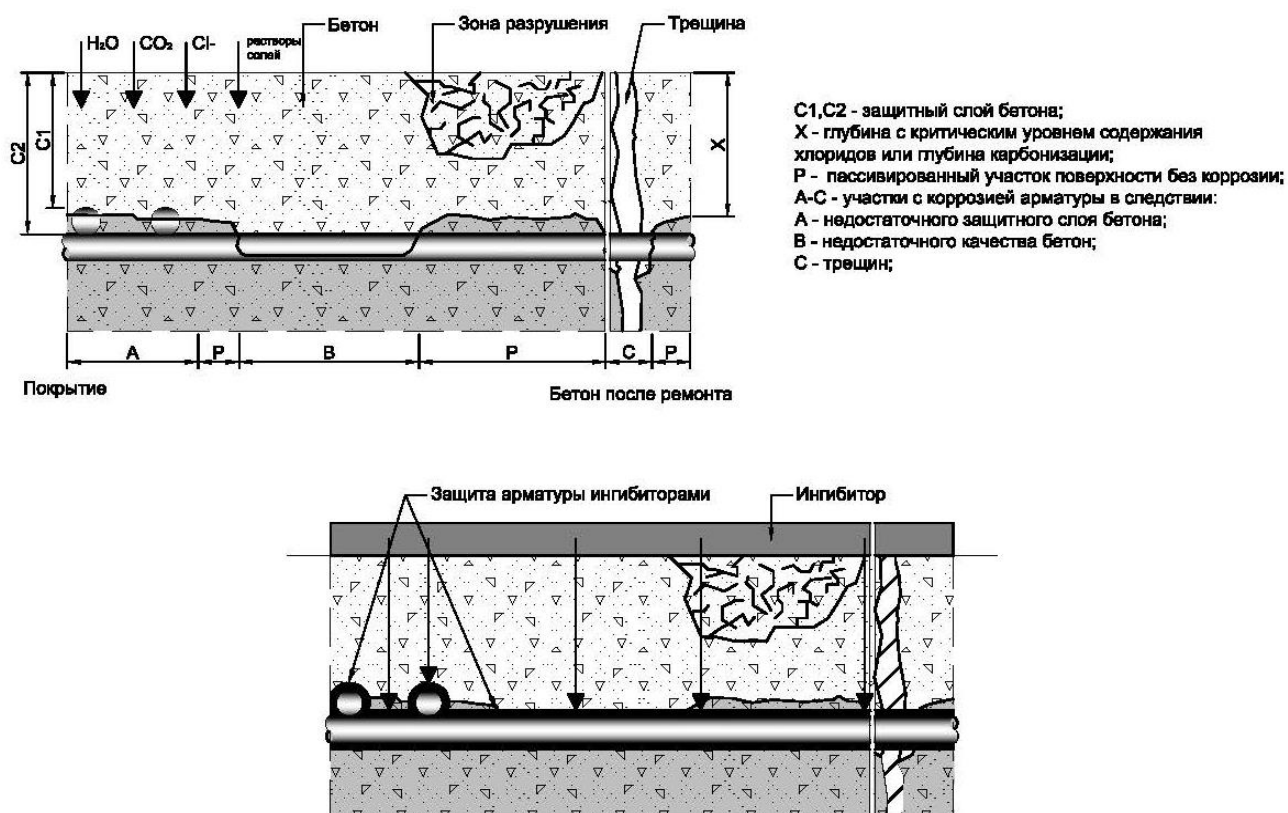


Рисунок 39-Схематичное изображение метода 9.3-1 после применения

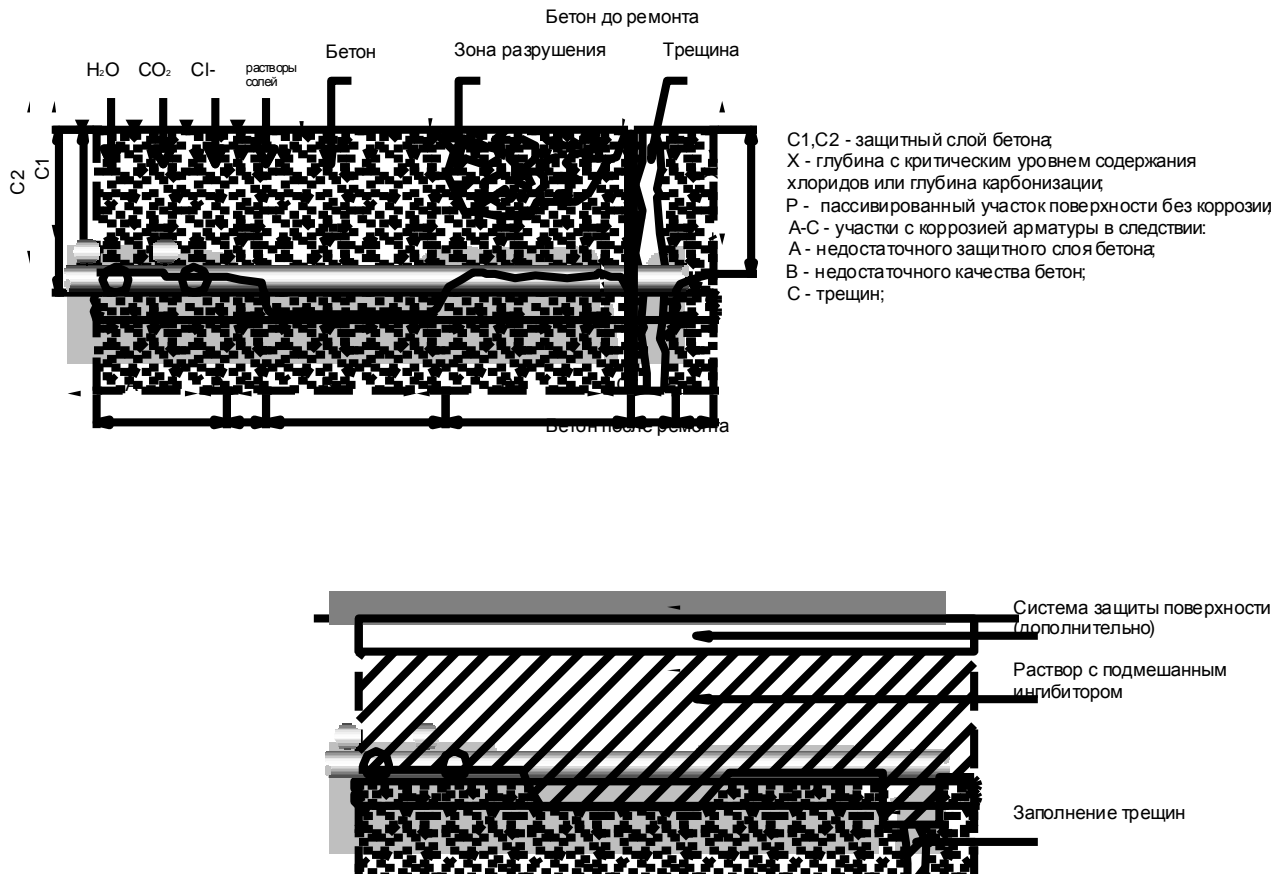


Рисунок 40-Схематичное изображение метода 9.3-2 после применения

6.9.4.2 Предупреждение коррозии или снижение скорости коррозии по методу 9.3 обеспечивается путем нанесения ингибиторов на бетонную поверхность или смешивания с ремонтными растворами или бетоном.

6.9.4.3 Типовой областью применения метода 9.3 является защита арматуры конструкций от коррозии в дополнение к другим методам.

6.9.4.4 При проектировании ремонта по методам 9.3-1 и 9.3-2 необходимо осуществлять тестирование участков конструкции на предмет эффективности и долговечности для конкретных условий (качество бетона, состояние коррозии, условия окружающей среды).

6.9.4.5 В процессе выполнения работ необходимо применять ингибиторы согласно спецификациям на материал.

6.9.4.6 Контроль качества работ необходимо осуществлять на пробных участках конструкций.

6.9.4.7 Для обеспечения долговечности конструкций необходимо проведение регулярных осмотров.

6.9.4.8 Дополняющие методы: метод 1.3 (защита от выщелачивания).

7 Требования к материалам для усиления и соединениям

7.1.1 Требования к бетону

7.1.1.1 Класс бетона усиления следует принимать не ниже фактического класса бетона усиливаемой конструкции и не ниже В15.

7.1.1.2 Для конструкций работающих в агрессивной среде, или имеющих повреждения от коррозии, класс бетона усиления должен приниматься по плотности и по стойкости соответствующим требованиям данной среды.

Материалы для защиты конструкций от коррозии следует принимать в соответствии с СП 28.13330.

7.1.1.3 Для усиления наращиванием (набетонками), рубашками и обоями рекомендуется применять бетон на портландцементе марки не ниже 400 по ГОСТ 10178. При применении быстротвердеющих бетонов и добавок - ускорителей твердения усадка бетона не должна превышать усадку для обычных бетонов с естественным режимом твердения.

7.1.1.4 Максимальную крупность заполнителя следует принимать:

при обоях толщиной 70-120мм – литой бетон с осадкой конуса не менее 18см;

при нанесении набрызгом – не более 1/2 толщины бетонируемой конструкции;

при торкретировании – не более 10мм;

при подливке мелкозернистым бетоном полостей толщиной: до 50мм – не более 5мм; свыше 50мм – не более 10мм;

при уплотнении смеси вибрированием – не более 20мм;

крупность песка следует принимать не ниже 2,2-2,5 с количеством пустот не более 40%.

7.1.1.5 Удобоукладываемость бетонной смеси при вертикальном бетонировании следует назначать в зависимости от толщины бетонируемого элемента и принимать:

до 120мм – осадка конуса не менее 6..8см;

от 120 до 200мм – осадка конуса не менее 3..6см;

свыше 200мм при применении виброулавывы – осадка конуса не менее 1..3см;

7.1.1.6 При производстве работ по усилению в зимнее время температура усиливаемой конструкции и бетонной смеси должна быть не ниже 10⁰С.

7.1.2 Требования к стали

7.1.2.1 Арматурная сталь, прокат для усиления конструкций должны отвечать требованиям ГОСТ Р 52544, ГОСТ 5781.

7.1.2.2 Для усиления большепролетных конструкций, эксплуатируемых в неагрессивной среде рекомендуется применять канаты и пучки из них, отвечающие требованиям ГОСТ 53772, ГОСТ 13840.

Арматурные канаты, применяемые для усиления конструкций, следует предусматривать из проволоки не менее 2,5мм.

7.1.2.3 Для изготовления металлических конструкций усиления следует применять прокат из сталей класса С245, С255, С285, С345, С375 по ГОСТ 27772 и марок Ст-3пс5, Ст-3пс5 по ГОСТ 535, сталь листовую горячекатаную по ГОСТ 19903, сталь прокатную угловую по

ГОСТ 8509 и ГОСТ 8510, швеллеры по ГОСТ 8240, балки двутавровые по ГОСТ 8239, трубы по ГОСТ 8731, болты и гайки нормальной точности по ГОСТ 1759.0 – 1759.5, шайбы по ГОСТ 18123.

7.1.3 Требования к сварным соединениям

7.1.3.1 Приварка дополнительной растянутой арматуры к существующей арматуре усиливаемой конструкции в зависимости от состояния и толщины защитного слоя, а также возможности увеличения размеров поперечного сечения производится: непосредственно нахлесточным соединением с отбивкой защитного слоя по длине дополнительной арматуры; с помощью коротышей диаметром, превышающим толщину защитного слоя; с помощью скоб. После установки в проектное положение дополнительная арматура обетонируется.

7.1.3.2 Сварочные работы при усилении конструкций следует производить в соответствии с ГОСТ 14098 и СП 70.13330.

7.1.3.3 При усилении под нагрузкой рекомендуется избегать конструктивных решений, предусматривающие сварные соединения существующей арматуры со стальными элементами усиления.

7.1.3.4 Не допускается применение сварных соединений при напряжениях в арматуре усиливаемого элемента более 85% от предела текучести арматуры, без временного усиления или разгрузки усиливаемой конструкции.

7.1.3.5 Для избежания поджогов и подрезов существующей арматуры, соединительные элементы (коротыши, скобы, пластины и т.п.) следует изготавливать из стали класса А240 диаметром 10..16мм.

7.1.3.6 При проектировании и выполнении сварных соединений следует руководствоваться следующими указаниями: при выполнении временного разгрузки усиливаемых конструкций сварные швы с катетом до 6мм могут выполняться за один проход; свыше 6 - за два прохода; для конструкций без разгрузки при отрицательной температуре, а также испытывающих динамические нагрузки швы с катетом до 6мм следует выполнять за 2 прохода, свыше 6мм – за три прохода.

В случае сварки листового металла или приварки к нему арматуры в конструкциях, разгружаемых на время усиления, швы с катетом до 9мм выполняют за три прохода при горизонтальном положении и за 4 прохода – при вертикальном и потолочном положениях; при катете 10мм – за три и пять соответственно. При сварке под нагрузкой и отрицательной температуре, а также для конструкций воспринимающих динамические нагрузки, швы с катетом до 9мм выполняют за четыре прохода, с катетом более 10мм – за пять проходов.

7.1.3.7 В элементах, воспринимающих динамические нагрузки следует предусматривать вогнутые сварные швы, при этом не рекомендуется применять поперечные сварные швы в направлении действия растягивающего динамического усилия.

7.1.3.8 Приварка арматуры к существующей предварительно напряженной арматуре, а также не заведенной за грань опоры ненапряженной арматуре усиливаемой конструкции не допускается.

7.1.4 Вклейка арматуры

7.1.4.1 При необходимости установки новых арматурных выпусков в существующие конструкции, вклейку арматуры усиления следует производить с использованием составов на эпоксидной основе, имеющих ТС (Техническое свидетельство), выданное в установленном порядке.

7.1.4.2 Для обеспечения надлежащей анкеровки (нахлестки) выпусков особое внимание при их проектировании следует уделять конструктивным требованиям по размещению: минимальному шагу арматуры, расстоянию до края и др.

7.1.4.3 Работы по вклейке арматуры должны выполняться в соответствии с инструкцией производителя, персоналом имеющий опыт в выполнении данных работ.

8 Конструктивные решения по усилению

8.1 В зависимости от степени разгрузки усиливаемой конструкции схемы усиления разделяют на:

заменяющие, с полным разгрузением усиливаемой конструкции;
с частичным разгрузением, при котором часть нагрузки воспринимается существующими конструкциями, а часть конструкциями усиления.

8.2 Усиление разгружающими конструкциями разделяются на:

усиление без изменения конструктивной схемы и напряженного состояния;
усиление с изменением конструктивной схемы и напряженного состояния;
усиление с изменением напряженного состояния;
специальные случаи усиления.

8.1 Конструктивные решения по усилению на действие изгибающих моментов

8.1.1 Усиление заменяющими конструкциями

8.1.1.1 Усиление несущих конструкций перекрытий, покрытий, балок на действие изгибающих моментов с применением заменяющей схемы может выполняться как отдельными конструктивными элементами (балки, плиты, фермы), так и взаимосвязанными системами из железобетонных, либо стальных элементов.

8.1.1.2 Заменяющую схему усиления рекомендуется применять для усиления небольших участков, а также при значительном дефиците несущей способности, а также для конструкций, находящихся в аварийном техническом состоянии.

8.1.1.3 Заменяющие конструкции, как правило, следует выполнять над существующими усиливаемыми конструкциями. При этом между конструкцией усиления и существующей конструкцией необходимо организовывать зазор для обеспечения свободного прогиба заменяющей конструкции (см. рис.41).

8.1.1.4 При необходимости выполнения заменяющей конструкции расположенной под конструкцией усиления следует устраивать сквозные отверстия в существующей конструкции для пропуска стоек усиления (см. рис.42).

8.1.1.5 При выполнении усиления рагружающими, либо усиливающими элементами, следует максимально разгрузить существующую конструкцию, убрав временную нагрузку.

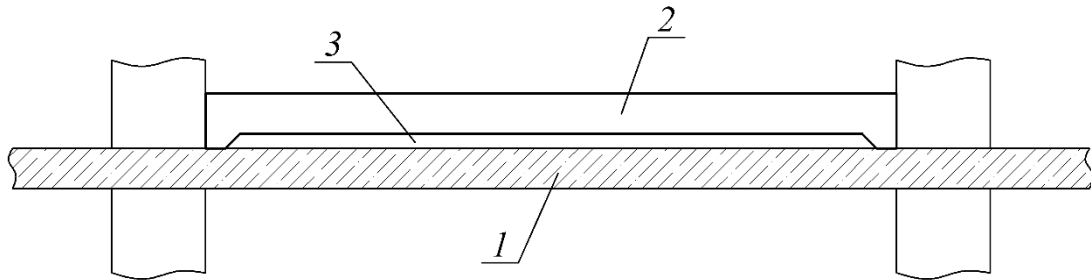


Рисунок 41. Полное разгружение перекрытия железобетонной конструкцией
1 – разгружаемая конструкция; 2 – разгружающая конструкция; 3 - зазор

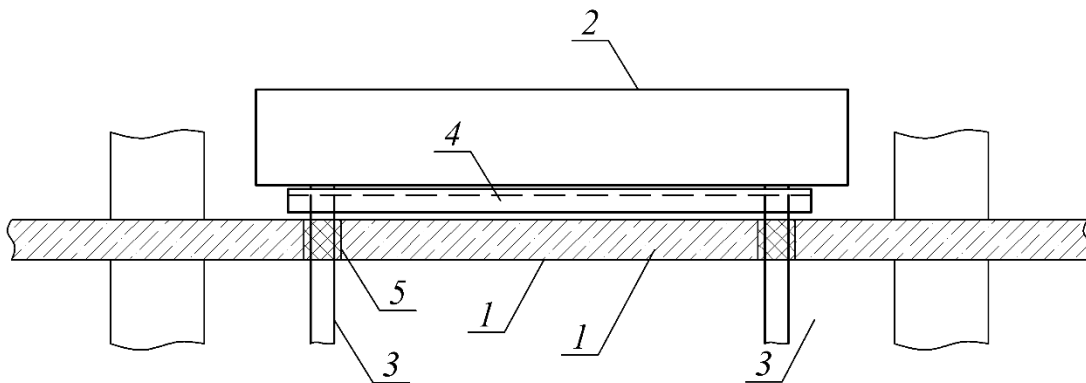


Рисунок 42. Полное разгружение участка перекрытия
1 - разгружаемый участок перекрытия; 2 - оборудование; 3 - стойки; 4 - опорные балки; 5 - отверстия в плите, заделываемые асфальтом

8.1.2 Усиление наращиванием (набетонкой)

8.1.2.1 Усиление набетонкой рекомендуется выполнять в случае ограничения доступа с нижней стороны элемента, а также при отсутствии необходимости усиления вертикальных конструкций и фундаментов.

8.1.2.2 Для обеспечения совместной работы усиливаемой конструкции с набетонкой необходимо устройство поперечных связей в виде поперечной арматуры, либо шпонок. При соответствующей расчетном обосновании и обеспечении адгезии допускается выполнять связь путем насечки и нанесения подготовительного состава.

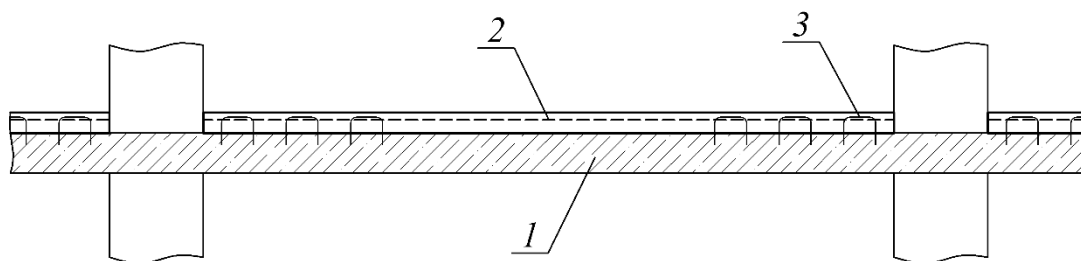


Рисунок 43. Усиление набетонкой

1 – усиливаемая конструкция; 2 – набетонка; 3 – поперечные связи

8.1.2.3 Не рекомендуется применение усиления набетонкой переармированных конструкций при $\xi > \xi_R$ и уровне нагрузки более 80% от несущей способности.

8.1.2.4 Толщину набетонки следует принимать исходя из обеспечения величины защитного слоя бетона согласно СП 63.13330 для армированных набетонок, и не менее 60мм.

8.1.2.5 При устройстве местного усиления только на длине поврежденного участка усиление необходимо распространять и на неповрежденные части, как правило, на длину не менее 500 мм и не менее:

$5h$ (h - высота сечения изгибаемого элемента);

$5l_{an}$ (где l_{an} - длина анкерки продольной арматуры усиления);

$2b$ ($b > a$, где a, b – длины сторон сечения балки).

8.1.3 Усиление приваркой арматуры

8.1.3.1 При необходимости усиления только растянутой зоны элемента рекомендуется усиление путем приварки дополнительной арматуры.

8.1.3.2 Обнажение существующей арматуры выполняется локально, с шагом $20d$.

8.1.3.3 Усиление путем приварки не допускается для конструкций при слое коррозии более 0,3мм, а также без частичного разгрузки при высоких напряжениях в арматуре (см. п.7.1.3.4).

8.1.3.4 Сварка арматуры усиления должна соответствовать требованиям ГОСТ 14098 и данного документа.

8.1.3.5 При напряжении арматуры электротермическим способом температура нагрева арматуры не должна превышать 400°C .

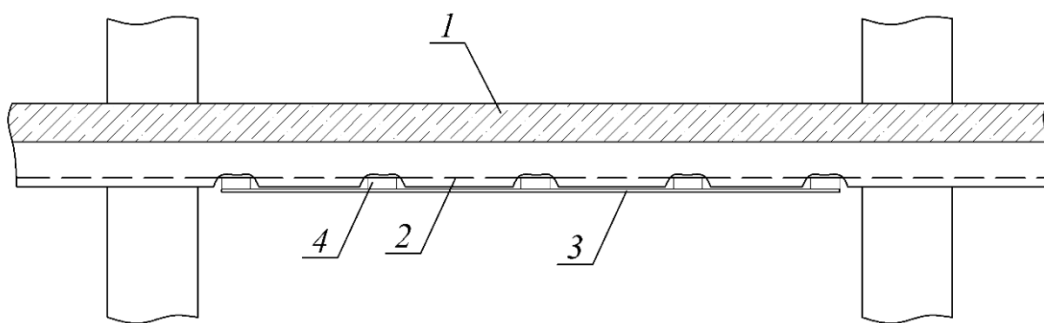


Рисунок 44. Усиление дополнительно предварительно напряженной арматурой
1 – усиливаемая конструкция; 2 – существующая арматура; 3 – дополнительная предварительно напряженная арматура; 4 – коротыш

8.1.4 Усиление шпренгелями и затяжками

8.1.4.1 Усиление конструкций, для которых по условиям эксплуатации невозможно, либо затруднено выполнение частичного разгружения, рекомендуется выполнять предварительно напряженными затяжками и шпренгелями. Предварительное натяжение выполняется механическим, электротермическим или комбинированным способом.

8.1.4.2 В качестве предварительно напряженной арматуры усиления рекомендуется применять арматуру класса не ниже А500С диаметра 16..40мм. Для сильно нагруженных и массивных конструкций следует применять затяжки из стального проката.

8.1.5 Усиление изменением конструктивной схемы

8.1.5.1 В случаях, когда по условиям эксплуатации другие методы усиления приводят к стеснению, либо затрудняют ее, рекомендуется применять усиление с подведением упругих, либо жестких опор.

8.1.5.2 Усиление упругими опорами выполняется путем подведения под усиливаемую конструкцию балочных и ферменных элементов из стального проката, с последующим включением их в работу путем подклинки.

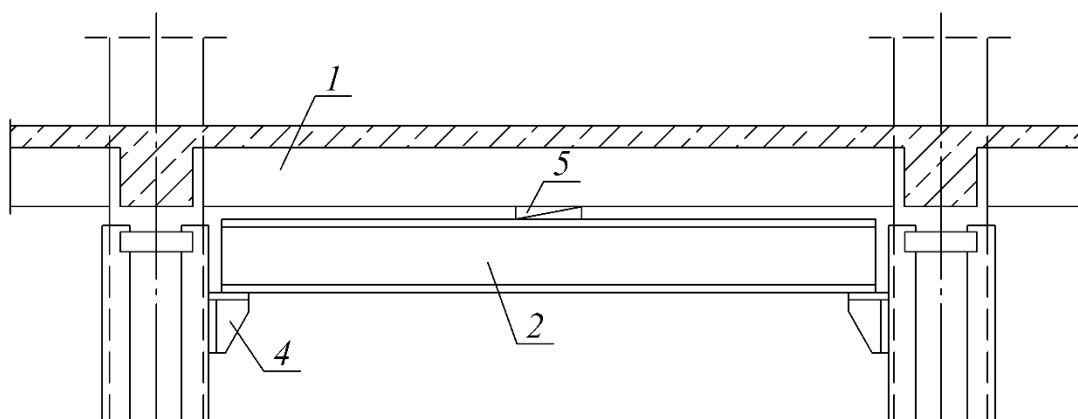


Рисунок 45. Усиление дополнительной упругой опорой (металлической балкой) на кронштейнах

1 – усиливаемая балка; 2 – усиливающая балка; 3 – металлическая обойма колонны; 4 – кронштейны; 5 – клиновидные прокладки.

8.1.5.3 Жесткие опоры выполняют из железобетонных или стальных стоек, устанавливаемых на существующие, либо новые фундаменты. Для снижения податливости опор следует отдавать предпочтение опиранию на существующие фундаменты, даже в случае необходимости их усиления.

8.1.5.4 Для обеспечения включения в работу жестких опор необходимо обеспечение частичного разгрузки усиливаемых конструкций путем снятия временной нагрузки, либо временного подъема.

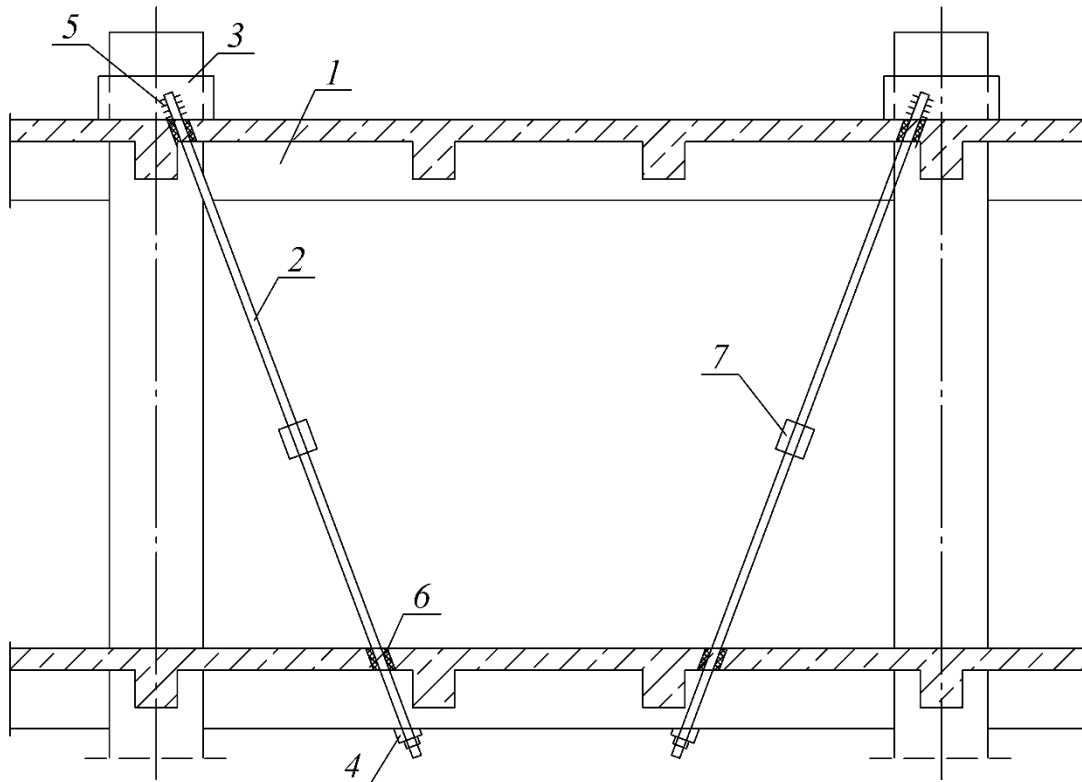
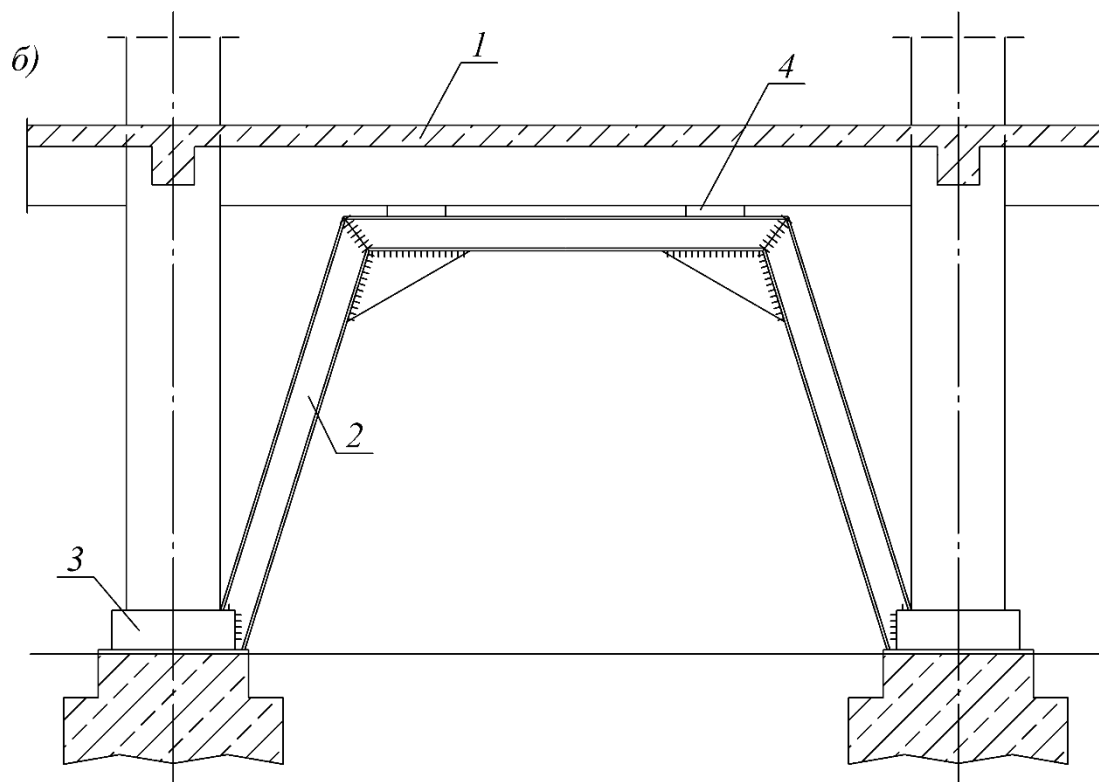
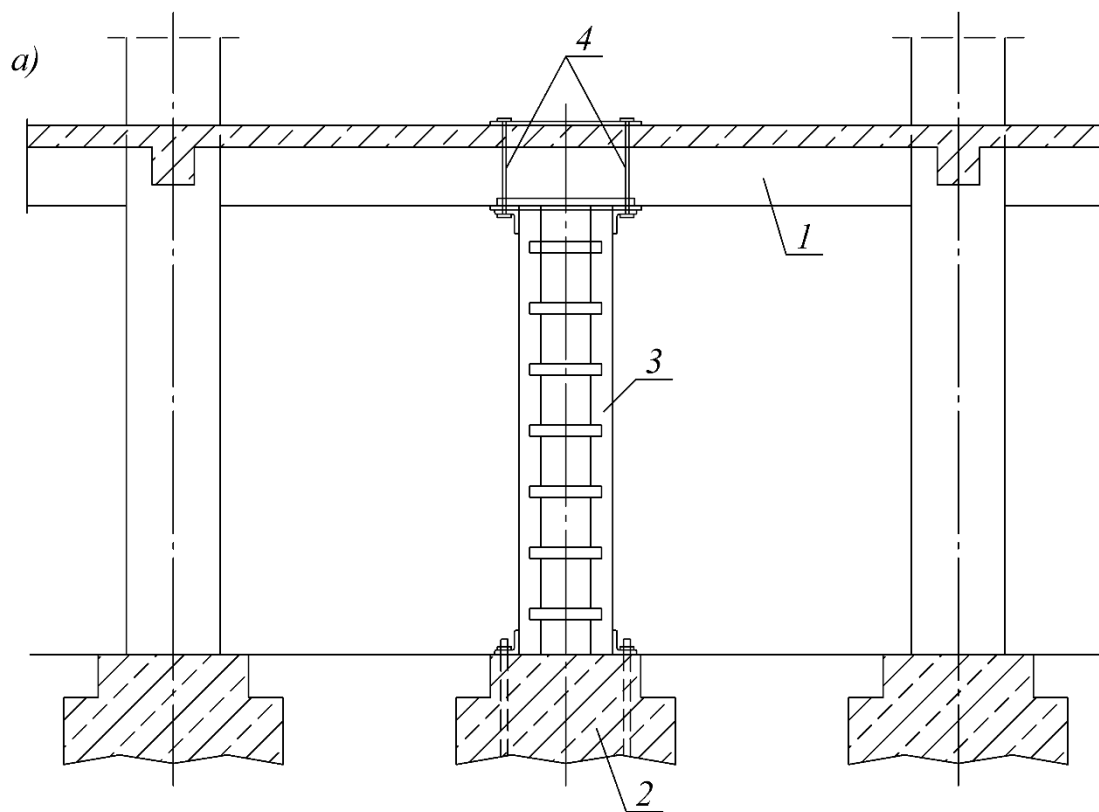


Рисунок 46. Усиление дополнительной упругой опорой (предварительно напряженными тяжами)

1 – усиливаемый ригель; 2 – предварительно напряженный тяж; 3 – металлическая обойма; 4 – натяжная гайка; 5 – сварные швы; 6 – отверстия заделываемые асфальтом; 7 – натяжная муфта



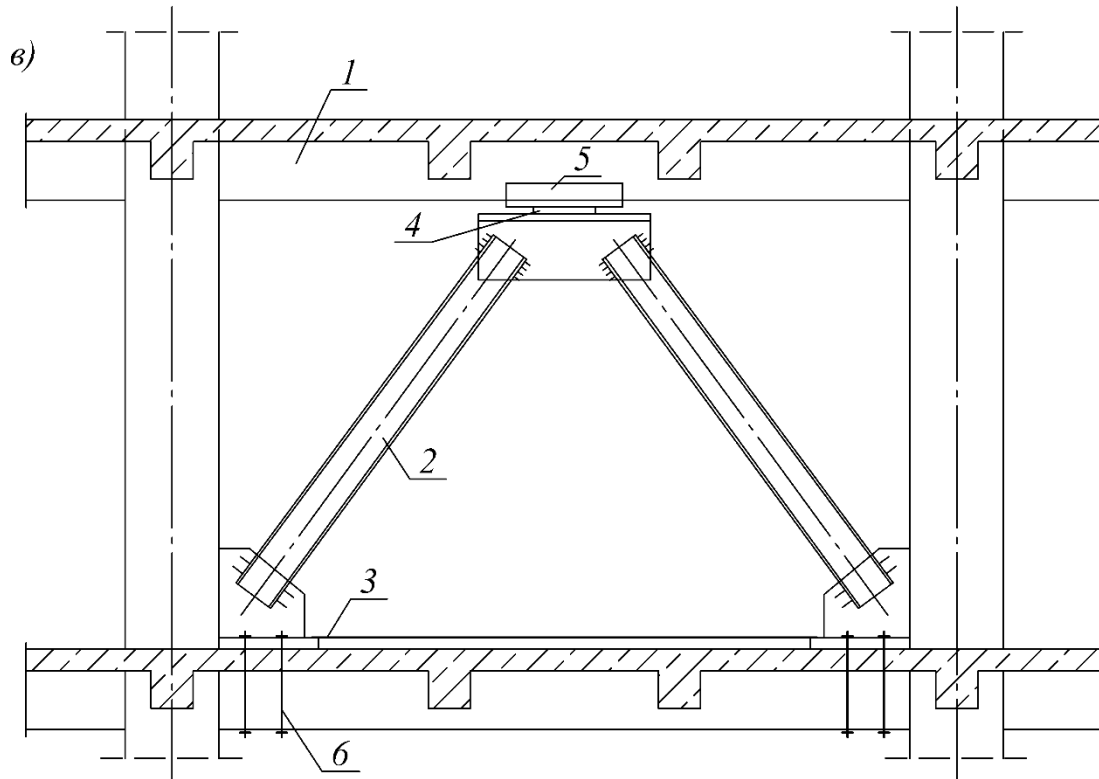


Рисунок 47. Усиление дополнительной жесткой опорой

а – подведенной металлической стойкой: 1–усиливаемая конструкция; 2 – отдельный фундамент под дополнительную опору; 3 – металлическая стойка; 4 – элементы крепления; б – подведенным металлическим порталом: 1 – усиливаемая конструкция; 2 – подведенный металлический портал; 3 – охватывающий металлический хомут; 4 – прокладки; в – металлическими подкосами: 1 – усиливаемый ригель; 2 – металлические подкосы; 3 – затяжка на уровне пола; 4 – клиновидные прокладки; 5 – опорный уголок; 6 – фиксирующие болты

8.2 Конструктивные решения по усилению сжатых элементов

8.2.1 Усиление железобетонными обоймами

8.2.1.1 Для усиления сжатых элементов (колонн, стен и др.) применяют усиление в виде рубашек, обойм, либо предварительно напряженных распорок.

8.2.1.2 Обоймы из железобетона, выполняют в пределах одного или нескольких этажей, с доведением в верхнем сечении до уровня вышележащего перекрытия, а в нижнем – до верхнего обреза фундамента. При усилении обоймой на локальном участке конструкции допускается высоту обоймы выполнять с заведением за участок усиления не менее чем на $2b$, где b – наибольший размер сечения элемента.

8.2.1.3 Для внецентренно сжатых стержневых элементов с квадратным либо круглым поперечными сечениями и малым эксцентриситетом продольной силы рекомендуется применять железобетонные обоймы со спиральным поперечным армированием.

8.2.1.4 При конструировании обойм со спиральным армированием следует выполнять следующие требования:

диаметр поперечной арматуры следует принимать не менее 6мм;

спирали в плане должны быть круглыми;

расстояние между витками спирали в осях должны быть не менее 40мм и не менее 1/5 диаметра сечения ядра обоймы, охваченного спиралью и не более 100мм;

у опор обоймы и в местах концентрации усилий шаг спирали не должен превышать 50мм;

спирали должны охватывать всю продольную рабочую арматуру.

8.2.1.5 Армирование обойм принимается согласно расчета, при этом диаметр продольной рабочей арматуры принимают не менее 16мм, поперечной вязаной арматуры не менее 6мм, сварной – не менее 8мм.

8.2.2 Рубашки из железобетона

8.2.2.1 Усиление рубашками следует выполнять в случае, если по каким-либо причинам невозможно выполнение замкнутой обоймы.

8.2.2.2 При учете совместной работе рубашки и усиливаемой конструкции поперечная арматура рубашки должна быть заанкерена путем приварки к существующей арматуре элемента. В противном случае усиление следует проектировать на восприятие всей нагрузки.

8.2.2.3 При усилении рубашкой на локальном участке конструкций допускается высоту обоймы выполнять с заведением за участок усиления не менее:

l_{an} продольной арматуры рубашки;

$5t$, где t - толщина рубашки;

b - ширина грани или диаметра усиливаемого элемента;
500мм.

8.2.2.4 Армирование рубашек принимается согласно расчета, при этом диаметр продольной рабочей арматуры принимают не менее 8мм, поперечной вязаной арматуры не менее 6мм, сварной – не менее 8мм.

8.2.3 Обоймы из стального проката

8.2.3.1 Обоймы из стального проката рекомендуется для элементов с малыми эксцентриситетами продольной силы. С целью снижения расчетной длины ветвей сжатых элементов обоям необходимо обеспечить их плотное прилегание к бетону усиленной колонны, путем устранения неровностей, зачеканки зазоров между элементами усиления и бетоном колонны, а также натяжения поперечных планок.

8.2.3.2 При необходимости усиления сжатых элементов с большими эксцентриситетами, а также при двучленной эпюре моментов рекомендуется применять обоймы с вертикальными элементами из предварительно напряженных распорок. В зависимости от действующих усилий распорки могут быть как односторонними, так и двухсторонними.

8.2.3.3 Величину напряжения распорок рекомендуется принимать 40..70МПа.

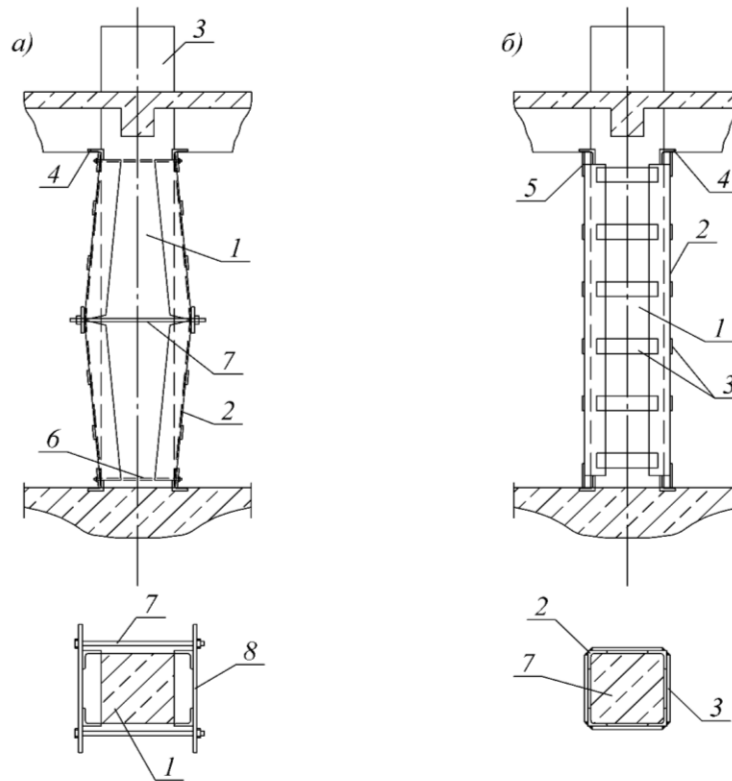


Рисунок 48. Усиление колонны предварительно напряженными двухсторонними металлическими распорками

а – в период монтажа; б – в напряженном состоянии; 1 – усиливаемая колонна; 2 – уголки распорок; 3 – соединительные планки; 4 – упорные уголки; 5 – планки – упоры; 6 – крепежный монтажный болт; 7 – натяжной монтажный болт; 8 – планки для натяжения болтов в месте перегиба

8.3 Конструктивные решения по усилению на действие поперечных сил и продавливание

8.3.1 Усиление изгибаемых элементов на действие поперечных сил рекомендуется выполнять путем установки дополнительной поперечной арматуры.

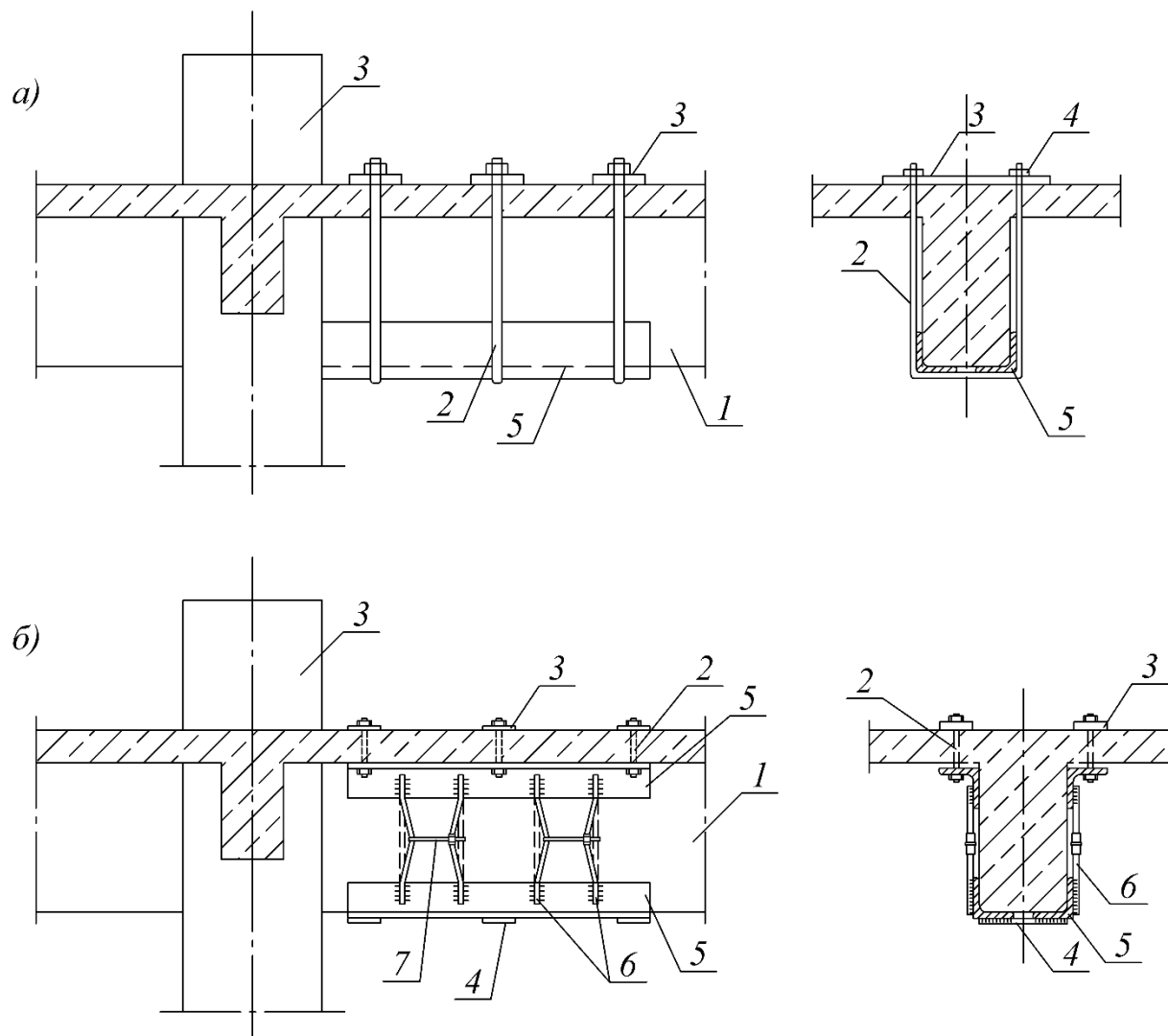


Рисунок 49. Усиление балок на восприятие поперечных сил

а – вертикальными накладными хомутами: 1 – усиливаемая балка; 2 – накладные хомуты из арматурной стали; 3 – подкладка; 4 – гайка; 5 – нижние прокладки из уголков; б – предварительно напряженными хомутами: 1 – усиливаемая балка; 2 – крепежный болт; 3 – подкладка; 4 – соединительные планки; 5 – накладки из уголков; 6 – предварительно напряженные хомуты; 7 – стяжной болт

8.3.2 Для стержневых элементов наиболее рационально применение дополнительного поперечного предварительно напряженного армирования, напряжение которого выполняют механическим, либо электротермическим способами.

8.3.3 Усиление плитных конструкций рекомендуется выполнять поперечным армированием, устанавливаемым в сквозные отверстия и имеющие надежную анкеровку по концам. Также, допускается применение клеенной поперечной арматуры, устанавливаемой под углом 45^0 к плоскости плиты.

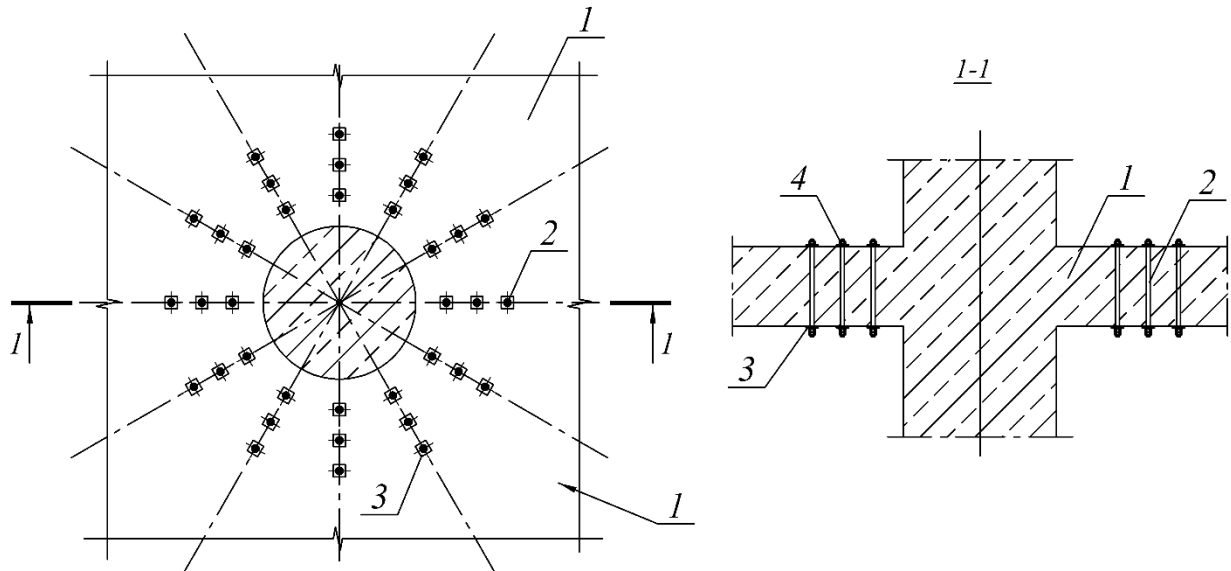


Рисунок 50. Усиление плоских плит на восприятие поперечных сил поперечными шпильками
1 - усиливаемая плита; 2 - резьбовые шпильки; 3 - шайба; 4 - гайка

8.3.4 В случае недостаточной несущей способности при усилении поперечным армированием следует применять усиление рубашками, подведением дополнительных опор и др. В этих случаях особое внимание следует уделять обеспечению совместной работы нового и старого бетона, а также достаточной прочности и жесткости новых опор.

9 Требования к расчету усиленных конструкций

9.1 Общие положения

9.1.1 Требования настоящего подраздела распространяются на проектирование и расчет железобетонных конструкций, усиливаемых стальным прокатом, бетоном и железобетоном. Усиливаемые железобетонные конструкции следует проектировать в соответствии с требованиями СП 16.13330 (при усилении стальным прокатом) и данного документа.

9.1.2 Расчет усиливаемых конструкций следует производить для двух стадий работы:

а) до включения в работу усиления — на нагрузки, включающие нагрузку от элементов усиления (только для предельных состояний первой группы);

б) после включения в работу элементов усиления — на полные эксплуатационные нагрузки (по предельным состояниям первой и второй групп). Расчет по предельным состояниям второй группы может не производиться, если эксплуатационные нагрузки не увеличиваются, жесткость и трещиностойкость конструкций удовлетворяют требованиям эксплуатации, а усиление является следствием наличия дефектов и повреждений.

9.1.3 Для сильно поврежденных конструкций (при разрушении 50 % и более сечения бетона или 50 % и более площади сечения рабочей арматуры) элементы усиления следует рассчитывать на полную действующую нагрузку, при этом усиливаемая конструкция в расчете не учитывается.

9.1.4 Площадь поперечного сечения арматуры усиливаемой конструкции следует определять с учетом фактического уменьшения в результате коррозии. Арматура из высокопрочной проволоки в расчетах не учитывается при наличии язвенной или питтинговой (скрытой) коррозии, а также если коррозия вызвана хлоридами.

9.1.5 Нормативные и расчетные сопротивления стальных элементов усиления необходимо назначать в соответствии с указаниями СП 16.13330.

Нормативные и расчетные сопротивления бетона и арматуры усиливаемых железобетонных конструкций и элементов усиления следует назначать в соответствии с СП 63.13330 и требованиями настоящего документа.

9.1.6 При проектировании усиливаемых конструкций следует, как правило, предусматривать, чтобы нагрузка во время усиления не превышала 65 % расчетной величины несущей способности. При сложности или невозможности достижения требуемой степени разгрузки допускается выполнять усиление под большей нагрузкой. В этом случае расчетные характеристики бетона и арматуры усиления умножаются на коэффициенты условий работы бетона $\gamma_{br1} = 0,9$, арматуры $\gamma_{sr1} = 0,9$.

В любом случае степень разгрузки конструкций следует выбирать из условия обеспечения безопасного ведения работ.

9.1.7. При наличии в конструкциях, усиливаемых бетоном или железобетоном, бетона и арматуры разных классов, расположенные в сечении бетон и арматура каждого класса вводятся в расчет по прочности со своим расчетным сопротивлением.

9.1.8 Расчет железобетонных элементов, усиливаемых бетоном, арматурой и железобетоном, следует производить по прочности для сечений, нормальных к продольной оси элемента, наклонных и пространственных (при действии крутящих моментов), а также на местное действие нагрузки (сжатие, продавливание, отрыв) в соответствии с требованиями Раздела 8 и с учетом наличия в усиливаемом элементе бетона и арматуры разных классов.

9.1.9 Расчет железобетонных элементов, усиливаемых бетоном, арматурой или железобетоном следует производить по образованию, раскрытию и закрытию трещин, по деформациям в соответствии с требованиями Раздела 9.3 и дополнительными требованиями, связанными с наличием в железобетонном элементе деформаций и напряжении до включения в работу усиления, а также с наличием в усиленном элементе бетона и арматуры разных классов.

9.1.10 Расчет железобетонных элементов, усиливаемых напрягаемой арматурой, не имеющей сцепления с бетоном, следует производить для предельных состояний первой и второй групп в соответствии с требованиями пп.9.2.1.8-9.2.1.12 и дополнительными требованиями, связанными с отсутствием сцепления между арматурой и бетоном.

9.1.11 При расчете конструкций усиливаемых предварительно напряженными элементами следует учитывать податливость соединений и обмятие бетона в местах сопряжения. Для сопряжений стали с бетоном с металлом податливость одного узла при отсутствии экспериментальной проверки может приниматься равной: упор на бетон с раствором – 3÷4 мм/узел, «карман» с раствором – 1÷3 мм/узел. При сопряжении стальных элементов с помощью болтов податливость рекомендуется принимать равной 1 мм/узел.

9.2 Расчет по предельным состояниям первой группы

9.2.1 Расчет элементов на действие изгибающего момента

9.2.1.1 Железобетонные изгибаемые элементы, усиливаемые железобетонными обоймами, рубашками и наращиванием, рассчитываются как монолитные с учетом имеющихся дефектов и повреждений.

9.2.1.2 Расчет прочности по нормальным сечениям элементов состоящих из разного класса бетона, разного класса арматуры, расположенных в разных уровнях поперечного сечения, в общем случае следует выполнять с использованием нелинейной деформационной модели в соответствии с СП 63.13330, учитывая коэффициенты условия работы п.8.1.16, а также начальное напряженное состояние конструкции до усиления.

9.2.1.3 Расчет изгибаемых конструкций, усиленных обоймами, рубашками и наращиванием, с двойным армированием в усиливаемой и усиливающей частях сечения, при действии изгибающего момента в плоскости оси симметрии допускается производить в зависимости от соотношения между значениями относительной высоты сжатой зоны бетона ξ , определяемой из соответствующих условий равновесия и значением относительной высоты сжатой зоны ξ_R , определяемой по СП 63.13330.

9.2.1.4 Относительная величина сжатой зоны бетона ξ определяется по формуле:

$$\xi = x / h_{0,red}, \quad \text{где} \quad (9.1)$$

СП

(Проект, первая редакция)

x - высота сжатой зоны бетона; $h_{0,red}$ - расстояние от сжатой грани до общего центра тяжести растянутой арматуры усиливаемого элемента и растянутой арматуры усиления.

9.2.1.5 При определении ξ и ξ_R когда в сжатой зоне расположен усиливаемый и усиливающий бетон разного класса, в расчетах следует принимать расчетное сопротивление бетона R_b более низкого класса.

Приведенное расстояние от сжатой грани усиливаемого элемента до общего центра тяжести определяется по формуле:

$$h_{0,red} = h_0 + a_{red}, \text{ где} \quad (9.2)$$

h_0 - расстояние от сжатой грани усиленного элемента до центра тяжести растянутой арматуры усиливаемого элемента; a_{red} - расстояние от центра тяжести растянутой арматуры усиливаемого элемента до общего центра тяжести растянутой арматуры усиливаемого элемента и дополнительной арматуры усиления.

9.2.1.6 При различных значениях расчетного сопротивления растянутой и сжатой арматуры усиливаемого элемента R_s и R_{sc} и арматуры усиления $R_{s,ad}$ и $R_{sc,ad}$ положение их от центра тяжести a_{red} определяется с учетом приведенной площади растянутой $A_{s,red}$ и сжатой арматуры $A'_{s,red}$.

$$a_{red} = R_{s,ad} A_{s,ad} (h_{0,ad} - h_0) / (R_s A_s + R_{s,ad} A_{s,ad}) \quad (9.3)$$

$$A_{s,red} = A_s + (R_{s,ad} / R_s) A_{s,ad} \quad (9.4)$$

$$A'_{s,red} = A'_s + (R_{sc,ad} / R_{sc}) A'_{s,ad} \quad (9.5)$$

A_s и A_{sc} - площадь растянутой и сжатой арматуры усиливаемого элемента; $A_{s,ad}$ и $A_{sc,ad}$ - то же, усиливающего элемента; R_s и $R_{s,ad}$ - расчетное сопротивление растянутой арматуры усиливаемого и усиливающего элементов; R_{sc} и $R_{sc,ad}$ - то же, сжатой арматуры усиливаемого и усиливающего элементов; $h_{0,ad}$ - расстояние от сжатой грани усиленного элемента до центра тяжести растянутой арматуры усиливающего элемента.

Относительную высоту сжатой зоны вычисляют по формуле:

$$\xi = (R_s A_{s,red} - R_{sc} A'_{s,red}) / (R_b b h_{0,red}) \quad (9.6)$$

Расчет прочности изгибаемых элементов проверяют из условия:

$$M \leq M_{ult}, \text{ где} \quad (9.7)$$

M – изгибающий момент от внешней нагрузки;

M_{ult} - предельный изгибающий момент, который может воспринимать сечение после усиления.

При выполнении условия $\xi < \xi_R$ предельный момент вычисляют по формуле:

$$M_{ult} = R_{b,red} b x (h_{0,red} - 0,5x) + R_{sc} A'_{s,red} (h_{0,red} - a') \quad (9.8)$$

9.2.1.7 Приведенное расчетное сопротивление бетона сжатой зоны усиленного элемента $R_{b,red}$ вычисляют по формуле:

$$R_{b,red} = (R_b A_b + R_{b,ad} A_{b,ad}) / (A_b + A_{b,ad}) \quad (9.9)$$

Если в результате расчета окажется, что высота сжатой зоны бетона находится только в бетоне усиления, то в место $R_{b,red}$ следует принимать расчетное сопротивление бетона усиления $R_{b,ad}$ и уточнить новую высоту сжатой зоны бетона.

Высоту сжатой зоны бетона вычисляют по формуле:

$$x = (R_s A_{s,red} - R_{sc} A'_{s,red}) / (R_{b,red} b) \quad (9.10)$$

В случае когда $\xi < \xi_R$, высоту сжатой зоны вычисляют по формуле:

$$x = (\sigma_{s,ad} A_{s,ad} + \sigma_s A_s - R_{sc} A'_{s,red}) / (R_{b,red} b), \text{ где} \quad (9.11)$$

$$\sigma_s = \frac{0,2 + \xi_R}{0,2 + \xi + 0,35 \frac{\sigma_{sp}}{R_s} \left(1 - \frac{\sigma}{\sigma_R}\right)} R_s \quad (9.12)$$

$$\sigma_{s,ad} = \frac{0,2 + \xi_R}{0,2 + \xi + 0,35 \frac{\sigma_{sp}}{R_{s,ad}} \left(1 - \frac{\sigma}{\sigma_R}\right)} R_{s,ad} \quad (9.13)$$

9.2.1.8 Величину предварительного напряжения σ_{sp} и σ'_{sp} в напрягаемой арматуре S и S' следует назначать в соответствии с требованиями СП 63.13330. При этом максимальная величина предварительного напряжения при контролируемом усилии натяжения арматуры не должна превышать: для стержней из мягких сталей - $0,9R_{s,ser}$, для стержней из высокопрочных сталей - $0,7R_{s,ser}$. Минимальная величина предварительного напряжения в любом случае назначается не меньше $0,4R_{s,ser}$.

9.2.1.9 При определении усилий напряжения арматуры необходимо учитывать дополнительные усилия, которые могут возникать из-за разницы температурных условий эксплуатации до усилия и после.

9.2.1.10 Потери предварительного напряжения в затяжках следует определять в соответствии с СП 63.13330 как конструкций с натяжением арматуры на бетон.

СП

(Проект, первая редакция)

Величину предварительного напряжения при усилении следует принимать с коэффициентами условий работы для горизонтальных и шпренгельных затяжек 0,8.

9.2.1.11 При натяжении затяжек путем стягивания парных ветвей величина предварительного напряжения вычисляется в зависимости от тангенса угла наклона ветвей i по формуле:

$$\sigma_{sp} = \left(\sqrt{i^2 + 1} - 1 \right) E_s \quad (9.14)$$

При этом следует исключать участки с малыми уклонами $i < 0,01$.

9.2.1.12 Усилие в арматуре усиления в предельной стадии следует вычислять по формуле (7/14), но принимать не более расчетного сопротивления арматуры R_{sp} :

$$\sigma_{lim,ad} = \left[\sigma_{sp,ad} + 2\alpha R_{bt,ser} + \left(\delta_b - \frac{\sigma_{sp,ad}}{R_{s,ser,ad}} \right) \frac{R_{b,ser} h_{0,red}}{\mu l} \right] / \gamma_s, \text{ где} \quad (9.15)$$

$\alpha = \frac{E_s}{E_b}$, E_b - модуль упругости бетона усиливаемого элемента; $\sigma_{sp,ad}$ - величина предварительного напряжения в арматуре усиления с учетом потерь; μ - коэффициент армирования с учетом существующей арматуры A_s и арматуры усиления A_{sp} ; l - расстояние между упорами напрягаемой арматуры усиления, δ_b - безразмерный коэффициент, вычисляемый по формуле:

$$\delta_b = \left(\frac{\delta_a E_{s,ad} A_s}{R_{s,ser,ad} E_{s,st} A_{sp,ad}} \right) - \delta_{sl} + 1,3 \quad (9.16)$$

δ_a - коэффициент, принимаемый равным 820МПа; $E_{s,ad}$ - модуль упругости арматуры усиления; $E_{s,st}$ - модуль упругости канатной арматуры, принимаемый в соответствии с СП 63.13330; $A_{sp,ad}$ - площадь напрягаемой арматуры усиления; δ_{sl} - коэффициент, учета наличия контакта арматуры, принимаемый равным: при наличии контакта равным 0, при отсутствии – 0,55.

9.2.1.13 При определении относительной граничной высоты сжатой зоны бетона ξ_R напряжение в растянутой арматуре следует принимать большим из значений в арматуре усиливаемого, либо усиливающего элементов.

9.2.1.14 Напряжение в арматуре усиливаемого элемента следует принимать равным расчетному сопротивлению арматуры R_s .

9.2.2 Расчет сжатых элементов, усиленных обоями

9.2.2.1 Центральное сжатые со случайным эксцентриситетом и внецентренно сжатые железобетонные элементы, усиленные обоймой (наращиванием) следует рассчитывать, как монолитные при условии обеспечения надежной передачи усилия от вышележащих конструкций и плотного прилегания обоймы к верхнему и нижнему перекрытиям, а также при условии обеспечения требуемой анкеровки продольной арматуры в соответствии с СП 63.13330.

9.2.2.2 При расчете прочности следует учитывать влияние прогиба усиленного элемента, в общем случае, путем расчета элемента по деформированной схеме. Допускается расчет элемента выполнять по недеформированной схеме, путем умножения расчетного эксцентриситета на коэффициент η , вычисляемого согласно п.9.1.15 СП 63.13330. При гибкости усиленного элемента $l_0/h < 20$ и эксцентриситете продольной силы $e_0/h < 30$ расчет прочности усиленных элементов допускается выполнять в соответствии с п.8.1.16 СП 63.13330.

9.2.2.3 При определении расчетных сопротивлений бетона и арматуры усиливаемого и усиливающего элемента, кроме коэффициентов условий работы по СП 63.13330, следует учитывать следующие коэффициенты:

$\gamma_{br0} = 1,0, \gamma_{sr0} = 1,0$ - при уровне нагрузки до усиления 65% от предельной несущей способности и менее;

$\gamma_{br0} = 0,8, \gamma_{sr0} = 0,8$ - при уровне нагрузки до усиления свыше 65%;

9.2.2.4 Расчет по прочности прямоугольных сечений внецентренно сжатых элементов, усиленных обоями, рубашками и двухсторонним наращиванием следует проводить из условия

$$Ne \leq R_{b,red}bx(h_{0,red} - 0,5x) + R_{sc}A'_{s,red}(h_{0,red} - a'), \text{ где} \quad (9.17)$$

N - продольная сила; e - расстояние от точки приложения продольной силы N до оси, параллельной прямой, ограничивающей сжатую зону и проходящей через центр тяжести сечения растянутого стержня, наиболее удаленного от указанной прямой, а при отсутствии растянутой зоны - через центр тяжести наименее сжатого стержня; x - высота сжатой зоны, определяемая

при значении $\zeta = \frac{x}{h_0} \leq \zeta_R$ высоту сжатой зоны x следует вычислять по формуле:

$$x = (N + R_s A_{s,red} - R_{sc} A'_{s,red}) / (R_{b,red} b) \quad (9.18)$$

при $\zeta > \zeta_R$ значение высоту сжатой зоны x следует вычислять по формуле

$$x = \frac{N + R_s A_{s,red} \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_{s,red}}{R_{b,red} b + \frac{2 R_s A_{s,red}}{h(1 - \xi_R)}} \quad (9.19)$$

9.2.2.5 При гибкости усиленного элемента $l_0/h < 20$ и эксцентриситете продольной силы $e_0/h < 30$ расчет прочности усиленных элементов допускается выполнять в соответствии с п.8.1.16 СП 63.13330.

9.2.2.6 Усиление внецентренно сжатых элементов, при эксцентриситете продольной силы $e_0/h < 6$, допускается выполнять на локальном участке, в пределах одного этажа, либо зоне конструкции согласно п.8.2.1.2.

9.2.2.7 Прочность монолитных обоек, работающих на раскалывание, в этом следует вычислять по формуле:

$$N_{об} = 1,6 A_b R_{bt} + 2nk A_s R_s, \text{ где} \quad (9.20)$$

A_b - наименьшая площадь вертикального сечения обоймы с расчетной длиной равной l_{ef} ;
 n - число стержней поперечной арматуры, расположенной в расчетной части обоймы усиления;
 k - коэффициент, зависящий от типа поперечного армирования, принимаемый равным: 0,5 – для хомутов, 0,4 – для сеток из отдельных стержней; A_s - площадь одного поперечного стержня обоймы усиления; R_{bt} - расчетное сопротивление бетона на растяжение принимаемое, в соответствии с классом бетона обоймы по СП 63.13330. При применении бетона класса выше В30, расчетное сопротивление следует принимать как для бетона класса В30; R_s - расчетное сопротивление поперечной арматуры обоймы принимаемое, в соответствии с классом арматуры по СП 63.13330, но не более 300МПа.

9.2.2.8 Расчетную длину обоймы усиления рассчитывают по формуле:

$$l_{ef} = l_{loc} + 2l_{an}, \text{ где} \quad (9.21)$$

l_{loc} - длина локального участка колонны, требующая усиления, принимаемая не менее наибольшего размера стороны сечения колонны; l_{an} - длина заведения обоймы усиления, принимаемая согласно п.8.2.2.3.

9.2.3 Расчет сжатых элементов усиленных стальными распорками

9.2.3.1 При проектировании внецентренно-сжатых элементов, усиленных распорками, растянутые ветви не следует учитывать в расчете.

9.2.3.2 Расчет сжатых элементов, усиленных распорками из уголков, следует выполнять в соответствии с СП 16.13330, с учетом коэффициента условия работы $\gamma_{sr} = 0,9$. При этом расчетную длину ветвей распорок следует принимать равной:

при отсутствии заполнения зазора раствором между усиливаемым элементом и распоркой, расстоянию между точками упора в бетон;

при наличии заполнения зазора, а также натяжения поперечных планок, расстоянию между осями планок.

9.2.3.3 Сжатые элементы при действии до усиления полной нагрузки выполняют с применением предварительно напрягаемых распорок в качестве разгружающих элементов. Разгружающее усилие следует вычислять по формуле:

$$F_v = \sigma_{sp} A_{cb}, \text{ где} \quad (9.22)$$

σ_{sp} - величина предварительного напряжения в распорках, с учетом потерь;

A_{cb} - площадь сечения сжатых распорок.

9.2.4 Расчет усиленных элементов на основе нелинейной деформационной модели

9.2.4.1 Расчет по прочности нормальных сечений на основе нелинейной деформационной модели производят с учетом положений, принятых в СП 63.13330, и следующих дополнительных положений:

работа бетона усиливаемой конструкции и наращивания является совместной;

для сжатых элементов усиленных облойкой из монолитного бетона связь между продольными напряжениями и относительными деформациями бетона принимают с учетом неодносного напряженного состояния.

9.2.4.2 Переход от эпюры напряжений в бетоне к обобщенным внутренним усилиям производят с применением процедуры численного интегрирования напряжений по нормальному сечению. Для этого нормальное сечение условно разбивают на малые участки с площадями A_{bi} , A_{bj} , A_{sk} , A_{sm} (см. рис. 11), в пределах которых напряжения принимают равномерно распределенными (усредненными).

9.2.4.3 При расчете принимают:

значения сжимающей продольной силы, а также сжимающих напряжений и деформаций укорочения бетона и продольной стальной арматуры со знаком «минус»;

значения растягивающих напряжений и деформаций бетона и арматуры со знаком «плюс»;

знаки координат центров тяжести арматурных стержней и выделенных условных участков бетона, а также точки приложения продольной силы – в соответствии с принятой системой координат.

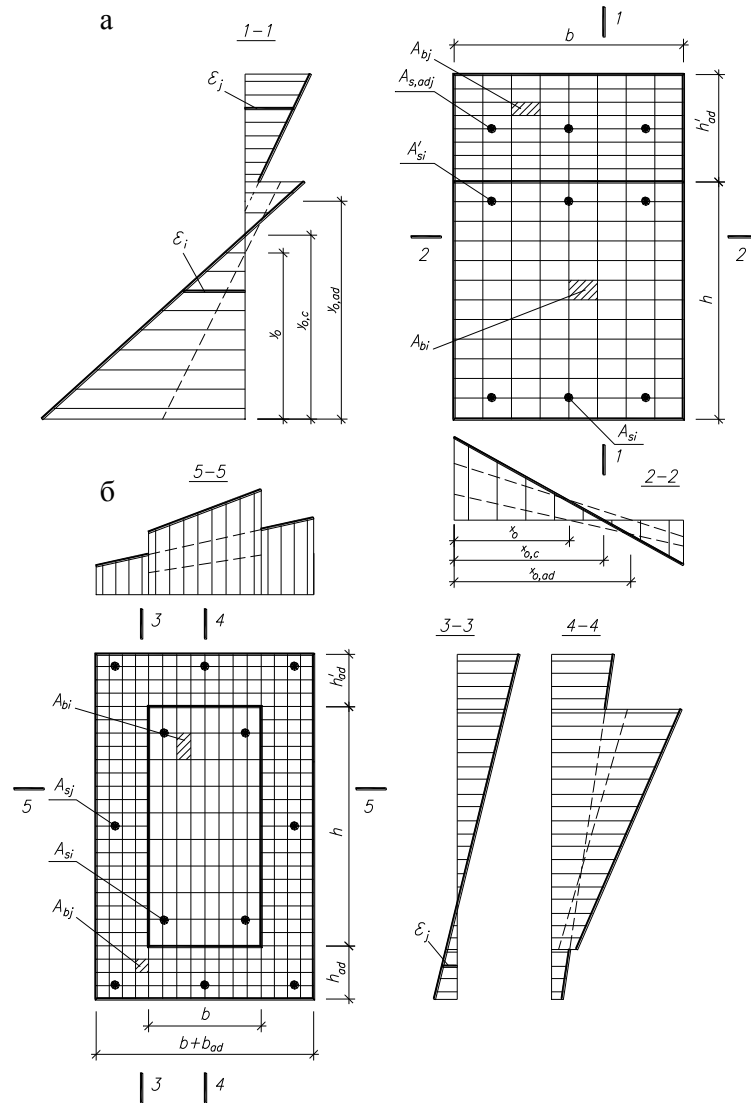


Рисунок 51. Расчетная схема железобетонного элемента с усиленной сжатой зоной.
а – косоизгибаемого, усиленного наращиванием; б – косожатого, усиленного обвойкой

9.2.4.4 Общую систему физических соотношений для расчета нормальных сечений по прочности получают из совместного рассмотрения:

уравнений равновесия усилий от внешних сил и внутренних усилий в нормальном сечении элемента:

$$M_x = \sum_i \sigma_{bi} A_{bi} Z_{bxi} + \sum_j \sigma_{bj} A_{bj} Z_{bxj} + \sum_k \sigma_{sk} A_{sk} Z_{sxxk} + \sum_m \sigma_{sm} A_{sm} Z_{sxm}; \quad (9.23)$$

$$M_y = \sum_i \sigma_{bi} A_{bi} Z_{byi} + \sum_j \sigma_{bj} A_{bj} Z_{byj} + \sum_k \sigma_{sk} A_{sk} Z_{syk} + \sum_m \sigma_{sm} A_{sm} Z_{sym}; \quad (9.24)$$

$$N_z = \sum_i \sigma_{bi} A_{bi} + \sum_j \sigma_{bj} A_{bj} + \sum_k \sigma_{sk} A_{sk} + \sum_m \sigma_{sm} A_{sm}; \quad (9.25)$$

уравнений, определяющих распределение деформаций по сечению:
для бетона и арматуры усиленного элемента

$$\varepsilon_{bi} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{bxi} + \frac{1}{r_y} Z_{byi} + \varepsilon_{bi}^0; \quad (9.26)$$

$$\varepsilon_{sk} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{sxxk} + \frac{1}{r_y} Z_{syk} + \varepsilon_{sk}^0; \quad (9.27)$$

для бетона и арматуры усиления

$$\varepsilon_{bj} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{bxj} + \frac{1}{r_y} Z_{byj}; \quad (9.28)$$

$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{sxm} + \frac{1}{r_y} Z_{sym}; \quad (9.29)$$

зависимостей, связывающих напряжения и относительные продольные деформации бетона и стальной арматуры

$$\sigma_{bi} = E_b \cdot \nu_{bi} \cdot \varepsilon_{bi}; \quad (9.30)$$

$$\sigma_{bj} = E_{b,ad} \cdot \nu_{bj} \cdot \varepsilon_{bj}; \quad (9.31)$$

$$\sigma_{sk} = E_{sk} \cdot \nu_{sk} \cdot \varepsilon_{sk}; \quad (9.32)$$

$$\sigma_{sm} = E_{sm} \cdot \nu_{sm} \cdot \varepsilon_{sm}. \quad (9.33)$$

В уравнениях (9.22) – (9.25):

M_x , M_y - изгибающие моменты от внешней нагрузки, действующие в плоскостях, соответственно, XOZ и YOZ или параллельно им, определяемые по формулам:

$$M_x = M_{xd} + N_z e_x; \quad (9.34)$$

$$M_y = M_{yd} + N_z e_y, \quad (9.35)$$

где M_{xd} , M_{yd} - изгибающие моменты в соответствующих плоскостях, определяемые из статического расчета конструкций;

N_z - продольная сила от внешней нагрузки;

e_x , e_y - расстояния от точки приложения продольной силы до соответствующих координатных осей;

A_{bi} , Z_{bxi} , Z_{byi} , σ_{bi} - площадь, координаты центра тяжести i -го участка бетона усиленной конструкции и напряжение продольного направления на уровне его центра тяжести;

СП

(Проект, первая редакция)

$A_{bj}, Z_{bxj}, Z_{byj}, \sigma_{bj}$ - площадь, координаты центра тяжести j -го участка бетона обоймы, рубашки, наращивания и напряжение продольного направления на уровне его центра тяжести;

$A_{sk}, Z_{sxx}, Z_{syk}, \sigma_{sk}$ - площадь, координаты центра тяжести k -го стержня стальной арматуры усиливаемой конструкции и напряжение в нем;

$A_{sm}, Z_{sxm}, Z_{sym}, \sigma_{sm}$ - площадь, координаты центра тяжести m -го стержня стальной арматуры усиления и напряжение в нем;

ε_0 - относительная деформация продольного направления волокна, расположенного на пересечении осей X и Y ;

$\varepsilon_{bi}, \varepsilon_{bj}, \varepsilon_{sk}, \varepsilon_{sm}$ - относительные деформации продольного направления, соответственно, на уровне центра тяжести i -го и j -го участка бетона, k -го m -го арматурного стержня;

ε_{bi}^0 - начальные относительные деформации i -го участка бетона усиливаемой конструкции (до усиления элемента);

ε_{sk}^0 - начальные относительные деформации k -го арматурного стержня усиливаемой конструкции (до усиления элемента);

$\frac{1}{r_x}, \frac{1}{r_y}$ - кривизна продольной оси Z в плоскостях действия изгибающих моментов $M_x,$

M_y ;

E_b - начальный модуль упругости бетона усиливаемой конструкции;

$E_{b,ad}$ - начальный модуль упругости бетона обоймы, рубашки наращивания;

E_{sk}, E_{sm} - модуль упругости k -го m -го арматурного стержня;

V_{bi}, V_{bj} - коэффициент упругости бетона i -го j -го участка бетона;

V_{sk}, V_{sm} - коэффициент упругости k -го m -го арматурного стержня.

Значения коэффициентов изменения секущего модуля упругости бетона V_{bi}, V_{bj} и стальной арматуры V_{sk}, V_{sm} принимают по диаграммам деформирования соответствующих материалов.

9.2.4.5 Для железобетонных элементов, на которые действуют изгибающие моменты двух направлений и продольная сила (рисунок 6), общую систему физических соотношений для расчета нормальных сечений по прочности следует принимать в виде:

$$M_x = D_{11} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{12} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{13} \cdot \varepsilon_0; \quad (9.36)$$

$$M_y = D_{12} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{22} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{23} \cdot \varepsilon_0; \quad (9.37)$$

$$N = D_{13} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{23} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{33} \cdot \varepsilon_0; \quad (9.38)$$

Жесткостные характеристики D_{ij} ($i, j - 1, 2, 3$) в уравнениях (6.36) – (6.38) определяют по формулам

$$D_{11} = \sum_i A_{bi} Z_{bxi}^2 E_b v_{bi} + \sum_j A_{bj} Z_{bxj}^2 E_{b,ad} v_{bj} + \sum_k A_{sk} Z_{sxk}^2 E_{sk} v_{sk} + \sum_m A_{sm} Z_{sxm}^2 E_{sm} v_{sm} \quad (9.39)$$

$$D_{22} = \sum_i A_{bi} Z_{byi}^2 E_b v_{bi} + \sum_j A_{bj} Z_{byj}^2 E_{b,ad} v_{bj} + \sum_k A_{sk} Z_{syk}^2 E_{sk} v_{sk} + \sum_m A_{sm} Z_{sym}^2 E_{sm} v_{sm}; \quad (9.40)$$

$$D_{12} = \sum_i A_{bi} Z_{bxi} Z_{byi} E_b v_{bi} + \sum_j A_{bj} Z_{bxj} Z_{byj} E_{b,ad} v_{bj} + \sum_k A_{sk} Z_{sxk} Z_{syk} E_{sk} v_{sk} + \sum_m A_{sm} Z_{sxm} Z_{sym} E_{sm} v_{sm} \quad (9.41)$$

$$D_{13} = \sum_i A_{bi} Z_{bxi} E_b v_{bi} + \sum_j A_{bj} Z_{bxj} E_{b,ad} v_{bj} + \sum_k A_{sk} Z_{sxk} E_{sk} v_{sk} + \sum_m A_{sm} Z_{sxm} E_{sm} v_{sm}; \quad (9.42)$$

$$D_{23} = \sum_i A_{bi} Z_{byi} E_b v_{bi} + \sum_j A_{bj} Z_{byj} E_{b,ad} v_{bj} + \sum_k A_{sk} Z_{syk} E_{sk} v_{sk} + \sum_m A_{sm} Z_{sym} E_{sm} v_{sm}; \quad (9.43)$$

$$D_{33} = \sum_i A_{bi} E_b v_{bi} + \sum_j A_{bj} E_{b,ad} v_{bj} + \sum_k A_{sk} E_{sk} v_{sk} + \sum_m A_{sm} E_{sm} v_{sm}. \quad (9.44)$$

9.2.4.6 Для железобетонных элементов, на которые действуют только изгибающие моменты двух направлений M_x и M_y (косой изгиб), в уравнении (6.38) принимают $N=0$.

9.2.4.7 Для внецентренно сжатых в плоскости симметрии поперечного сечения железобетонных элементов и расположении оси X в этой плоскости принимают $M_y=0$ и $D_{12}=D_{22}=D_{23}=0$. В этом случае уравнения равновесия имеют вид:

$$M_x = D_{11} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{13} \cdot \varepsilon_0; \quad (9.45)$$

$$N = D_{13} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{33} \cdot \varepsilon_0. \quad (9.46)$$

9.2.4.8 Для изгибаемых в плоскости симметрии поперечного сечения железобетонных элементов и расположении оси X в этой плоскости принимают $N=0$, $M_y=0$, $D_{12}=D_{22}=D_{23}=0$. В этом случае уравнения равновесия принимают вид:

$$M_x = D_{11} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{13} \cdot \varepsilon_0; \quad (9.47)$$

$$0 = D_{13} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{33} \cdot \varepsilon_0. \quad (9.48)$$

9.2.4.9 Расчет по прочности нормальных сечений усиленных элементов следует проводить в два этапа.

На первом этапе проводится расчет напряженно-деформированного состояния конструкции без учета усиления на нагрузки, действующие на нее до усиления, принимая для начального состояния $\varepsilon_{bi}^0=0$ и $\varepsilon_{sk}^0=0$. Для этого в расчетных соотношениях п.9.2.4.4-9.2.4.8 задаются значениями $A_{bj}=0$; $A_{sm}=0$. В результате расчета определяют значение начальных относительных деформации каждого элемента усиливаемого сечения ε_{bi}^0 и ε_{sk}^0 , которые учитывают на втором этапе расчета в качестве исходных величин.

На втором этапе проводится расчет по прочности нормальных сечений элементов с учетом усиления и начального напряженно-деформированного состояния конструкции.

9.2.4.10 При использовании криволинейных диаграмм деформирования бетона и стальной арматуры расчет нормальных сечений железобетонных элементов по прочности производят из обеспечения условий равновесия (9.23) – (9.25) при максимальных значениях усилий от внешних нагрузок.

При использовании двухлинейных или трехлинейных диаграмм деформирования бетона и стальной арматуры расчет нормальных сечений по прочности проводят из условий

$$|\varepsilon_{b,max}| \leq \varepsilon_{b,ult}; \quad (9.49)$$

$$|\varepsilon_{b_ad,max}| \leq \varepsilon_{b,ult}; \quad (9.50)$$

$$\varepsilon_{s,max} \leq \varepsilon_{s,ult}; \quad (9.51)$$

$$\varepsilon_{s_ad,max} \leq \varepsilon_{s,ult}; \quad (9.52)$$

где $\varepsilon_{b,max}$ — относительная деформация наиболее сжатого волокна бетона усиливаемой конструкции в нормальном сечении элемента от действия внешней нагрузки;

$\varepsilon_{b_ad,max}$ — относительная деформация наиболее сжатого волокна бетона обоймы, рубашки или наращивания в нормальном сечении элемента от действия внешней нагрузки;

$\varepsilon_{s,max}$ — относительная деформация наиболее растянутого стержня арматуры усиливаемой конструкции в нормальном сечении элемента от действия внешней нагрузки;

$\varepsilon_{s_ad,max}$ — относительная деформация наиболее растянутого стержня арматуры усиления в нормальном сечении элемента от действия внешней нагрузки;

$\varepsilon_{b,ult}$, $\varepsilon_{s,ult}$ — предельное значение относительной деформации бетона и арматуры, принимаемое согласно положениям СП 63.13330 для соответствующего материала;

9.2.4.11 Предельные значения относительных деформаций бетона $\varepsilon_{b,ult}$ ($\varepsilon_{bt,ult}$) принимают при двузначной эпюре деформаций (сжатие и растяжение) в поперечном сечении бетона элемента (изгиб, внецентренное сжатие или растяжение с большими эксцентриситетами) равными ε_{b2} (ε_{bt2}).

При внецентренном сжатии элементов и распределении в поперечном сечении бетона элемента деформаций только одного знака предельные значения относительных деформаций

бетона $\varepsilon_{b,ult}$ ($\varepsilon_{bt,ult}$) определяют в зависимости от соотношения деформаций бетона на противоположных гранях сечения элемента ε_1 и ε_2 ($|\varepsilon_2| \geq |\varepsilon_1|$) по формулам:

$$\varepsilon_{b,ult} = \varepsilon_{b2} - (\varepsilon_{b2} - \varepsilon_{bo}) \cdot \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}; \quad (9.52)$$

где ε_{bo} , ε_{bto} , ε_{b2} и ε_{bt2} – деформационные параметры расчетных диаграмм состояния бетона, принимаемые по СП 63.13330;

Предельное значение относительной деформации арматуры $\varepsilon_{s,ult}$ принимают равными:

0,025 – для арматуры с физическим пределом текучести;

0,015 – для арматуры с условным пределом текучести.

9.2.4.12 Учет косвенного армирования при расчете внецентренно сжатых элементов на основе нелинейной деформационной модели допускается выполнять согласно Приложения К СП 63.13330

9.2.5 Расчет на действие поперечных сил и продавливание

9.2.5.1 Расчет прочности железобетонных элементов усиленных поперечным армированием с начальным предварительным напряжением, следует выполнять без его учета.

9.2.5.2 Расчет прочности железобетонных элементов усиленных монолитными рубашками, либо обоями следует выполнять как монолитных, согласно СП 63.13330, при условии обеспечения прочности контактного шва между бетоном усиливаемой конструкции и бетоном усиления по формуле:

9.2.5.3 Расчет прочность контактного шва следует выполнять согласно СП XXX (Сборно-монолитные конструкции. Правила проектирования.).

9.2.5.4 Прочность плит на продавливание, усиленных сквозными шпильками следует рассчитывать по общим правилам в соответствии с требованиями СП 63.13330 и данного документа.

9.2.5.5 При усилении поперечным армированием, действующее продавливающее усиление до усиления, не должно превышать расчетной несущей способности плиты.

9.2.5.6 Количество поперечной арматуры, с учетом арматуры усиления, учитываемое в расчете прочности следует принимать в диапазоне $0,5F_{b,ult} \leq F_{sw} + F_{sw,ad} \leq 0,9F_{b,ult}$.

9.3 Расчет конструкций по предельным состояниям второй группы

9.3.1 Расчет по трещиностойкости

9.3.1.1 Расчет усиленных железобетонных конструкций по трещиностойкости следует выполнять по общим правилам в соответствии с СП 63.13330 с учетом начального напряженно деформированного состояния конструкции до усиления.

9.3.1.2 Расчет по образованию и раскрытию трещин в изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементах усиленных обоями или рубашками из

СП

(Проект, первая редакция)

монолитного железобетона следует выполнять в соответствии с СП 63.13330 для сечений после усиления. При этом, если перед усилением растянутой зоны установкой дополнительной арматуры с обетонированием, в усиливаемой конструкции имелись нормальные трещины, момент сопротивления приведенного сечения для крайнего растянутого волокна определяется без учета площади сечения растянутой зоны бетона усиливаемой конструкции.

9.3.1.3 Расчет по образованию трещин, нормальных к продольной оси железобетонных конструкций, усиленных под нагрузкой, следует выполнять на основе деформационной модели, в соответствии с п.9.2.4. Внутренние усилия, соответствующие предельным деформациям растяжения крайнего волокна железобетонной конструкции, характеризуют образование нормальных трещин в сечении.

9.3.1.4 Значение предельной ширины раскрытия трещин усиленных элементов следует принимать в зависимости от условий эксплуатации согласно СП 63.13330 и СП 28.13330.

9.3.2 Расчет по деформациям

9.3.2.1 Расчет усиленных железобетонных конструкций по прогибам следует выполнять по общим правилам в соответствии с СП 63.13330 с учетом начального деформированного состояния конструкции до усиления.

9.3.2.2 Расчет по деформациям в общем случае следует выполнять с использованием нелинейного деформационной модели, с учетом начальной кривизны железобетонного элемента до усиления на нагрузки, действующие в момент усиления, и кривизны усиленного элемента, на дополнительные нагрузки.

9.3.2.3 Усилия в усиливаемой конструкции и конструкции усиления от дополнительных нагрузок после усиления, при усилении упругими опорами, следует распределять пропорционально их жесткости с учетом возможного образования трещин упруго пластических свойств бетона.

9.3.2.4 Деформации железобетонных конструкций, усиленных под нагрузкой с изменением расчетной схемы, определяются суммированием от нагрузки, действующей до усиления, при первоначальной расчетной схеме и от нагрузки, приложенной к конструкции после усиления, при измененной расчетной схеме.

10. Требования к контролю качества работ по ремонту и усилению

10.1 Общие положения

10.1.1 При контроле качества работ по ремонту бетона необходимо учитывать химическое, электрохимическое и физическое состояние основания и присутствие загрязняющих веществ, способность конструкции выдерживать нагрузку, движение и вибрацию во время работ по защите и ремонту, условия окружающей среды, характеристики материалов

конструкции и материалов в составе продуктов и систем для защиты и ремонта. Также должны соблюдаться следующие требования:

- Обеспечение требуемого состояния основания с точки зрения его чистоты, шероховатости, микротрещин, трещин, прочности на растяжение и сжатие, наличия хлоридов или других загрязняющих веществ и их проникновения, глубины карбонизации, содержания влаги, температуры и степени коррозии арматуры.
- Обеспечение совместимости исходного бетона и арматуры с продуктами и системами для защиты и ремонта, совместимости любых различных продуктов и систем, в том числе исключение риска создания условий, способных вызывать коррозию.
- Обеспечение указанных свойств продуктов и систем при нанесении и в отвержденном состоянии с точки зрения выполнения их назначения для защиты и ремонта конструкции.
- Обеспечение требуемых условий хранения и нанесения, включая температуру окружающей среды, влажность и точку росы, силу ветра и атмосферные осадки, а также необходимую временную защиту.

10.1.2 Перечень процедур контроля качества содержит несколько вариантов для каждой процедуры:

- Выполняется для всех целевых областей применения.
- ◆ Выполняется при наличии указаний.
- Выполняется для особых областей применения.

10.2 Гидрофобная обработка и пропитка

10.2.1 Чтобы обеспечить качество гидрофобной обработки и использования пропиток до, во время и после нанесения, выполняются перечисленные ниже виды контроля (таблицы 3–5).

10.2.2 В зависимости от предельных условий перед нанесением гидрофобной пропитки требуется проведение исследований ширины трещин и их движения. Кроме того, рекомендуется высверлить цилиндрические образцы в зонах трещин для определения материалов, которые использовались в ходе предыдущего ремонта трещин. Во время нанесения также следует регулярно проверять внешний вид гидрофобной пропитки для выявления отклонений при нанесении продукта и определения общего уровня расхода.

СП
(Проект, первая редакция)

Таблица 3-Свойства поверхности до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Поверхностное нарушение сцепления	Простукивание молотком	ГОСТ 28574-2014	■
Чистота	Визуальный осмотр, удаление пыли протиркой	—	■
Поверхностная прочность	Определение поверхностной прочности	ГОСТ 22690-2015	◆
Содержание влаги в поверхности	Метод сушки, диэлькометрический метод	ГОСТ 12730.2-84 ГОСТ 21718-84	◆
Температура поверхности	Термометр	—	■
Глубина карбонизации	Извлечение образцов бетона	ГОСТ 31383-2008	◆
Содержание хлоридов	Извлечение образцов бетона Химический анализ проб бетона	ГОСТ 31383-2008 ГОСТ 5382-91	◆

Таблица 4-Предельные условия до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Температура	Термометр	—	■
Относительная влажность	Гигрометр	—	■
Дождь	Визуальный осмотр	—	■
Скорость ветра	Анемометр	—	■
Точка росы	Термометр, гигрометр	—	◆

Таблица 5-Свойства гидрофобной пропитки после нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Глубина проникновения пропиточного реагента	Извлечение образцов бетона и определения по аналогии с глубиной карбонизации	ГОСТ 31383-2008 п.11.3.4.5 и 11.3.4.6	◆
Водопроницаемость	Бетон с пропиткой по методу «мокрого пятна»	ГОСТ 31383-2008	■

10.3 Параметры контроля качества до и после нанесения покрытия

10.3.1 Шероховатость

10.3.1.1 Определяемые параметры шероховатости устанавливаются по ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности определяется с использованием так называемого профильного метода МИ 41-88 Государственная система обеспечения единства измерений. Методика выполнения измерений параметров шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-73 при помощи приборов профильного метода.

10.3.1.2 Шероховатость поверхности также может определяться согласно нормативно-технической документации так называемым методом «песчаного пятна».

10.3.1.3 Песок насыпается на бетонную поверхность, в затем при помощи деревянного штампа формируется равномерное пятно. После этого при помощи весов определяется диаметр и рассчитывается шероховатость поверхности.

10.3.2 Температура точки росы

10.3.2.1 Нанесение продукта для ремонта или защиты не допускается, если температура окружающей среды в сухих условиях превышает температуру точки росы менее чем на 3 °С. Температуру точки росы следует определять в зависимости от температуры окружающей среды в сухих условиях и относительной влажности по таблице 6.

10.3.2.2 Температура воздуха должна измеряться при помощи ртутного термометра, отвечающего требованиям ГОСТ 112-78 или цифрового термометра. Термометр должен иметь требуемую точность $\pm 0,5$ °С. Температура поверхности может измеряться при помощи цифрового электронного термометра с требуемой точностью $\pm 0,5$ °С. Относительная влажность должна измеряться гигрометрами.

Таблица 6-Значения температуры точки росы в зависимости от температуры окружающей среды в сухих условиях и относительной влажности

Температура окружающей среды в сухих условиях	Температура точки росы (°С) для относительной влажности окружающей среды от 40 до 100 %						
	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
35	19,4	23,0	26,1	28,7	31,0	33,1	35
30	15,0	18,5	21,4	23,9	26,2	28,2	30
25	10,5	13,9	16,7	19,6	20,1	23,2	25
20	6,0	9,3	12,0	14,4	16,5	18,3	20
15	1,5	4,2	7,3	9,6	11,6	13,4	15
10	-3,0	0,1	2,6	4,8	6,7	8,5	10
5	-7,0	-4,7	-2,0	0	1,9	3,5	5

10.3.3 Толщина свеженанесенного и затвердевшего покрытия

10.3.3.1 Толщину покрытия следует измерять до нанесения и после высыхания покрытия по ГОСТ 31993-2013 с помощью микрометров или многооборотных индикаторов с круговой шкалой.

10.3.3.2 Суть метода состоит в том, что проводятся измерения по покрытию, затем покрытие удаляется и измерения повторяются.

10.3.3.3 Толщину свеженанесенного покрытия следует измерять как во время, так и после нанесения согласно нормативно-технической документации.

10.3.3.4 В соответствии с этим стандартом толщину покрытия во время нанесения можно примерно определить либо по общему расходу, либо с использованием гребенчатого шаблона для невысохшей пленки. Вместо гребенчатых шаблонов могут использоваться толщиномеры колесного типа.

10.3.3.5 Толщину затвердевшего покрытия можно измерить на месте посредством V-образного надреза и измерения длины видимой поверхности надреза при помощи увеличительного стекла или путем снятия покрытия. Если угол надреза известен, толщину можно вычислить по закону Пифагора. Также в покрытии может проделываться небольшое отверстие для измерения толщины покрытия при помощи микроскопического нутромера.

10.3.3.6 Допускается снять покрытие на небольшом участке поверхности и измерить толщину микрометром. Кроме толщины покрытия необходимо выполнить качественную оценку адгезии.

10.3.3.7 Альтернативным методом является высверливание из конструкции небольших цилиндрических образцов и определение толщины покрытия в лаборатории с помощью штангенциркуля или даже микроскопа.

10.3.3.8 Применительно к гидрофобным пропиткам высверливание цилиндрических образцов является единственным надежным методом определения глубины пропитки. Для этого

образец раскалывают на две половины, и на поверхности разбрызгивается вода. Гидрофобные зоны останутся более светлыми, поскольку обладают водоотталкивающими свойствами, а негидрофобные зоны приобретут темный цвет в результате водонасыщения.

10.3.3.9 Если необходимо исследовать пленкообразующую систему защиты поверхности, ее толщину можно легко определить по поверхности надреза высверленного образца.

10.3.4 Внешний вид покрытия

10.3.4.1 Внешний вид пленкообразующего покрытия определяется согласно ГОСТ 9.407-2015, в котором различаются следующие дефекты внешнего вида:

- степень пузырения;
- степень растрескивания;
- степень отслаивания;
- степень сморщивания.

10.3.4.2 Выводы относительно дефекта каждого типа делаются на основе эталонных изображений, приведенных в стандарте ГОСТ 9.407-2015. Данные изображения также могут использоваться в качестве эталонов при автоматизированном анализе изображений.

10.3.4.3 В рамках данной стандартизированной системы проводится различие между количеством дефектов, размером дефектов и относительными изменениями между двумя разными периодами наблюдений. В таблицах 7–9 представлен краткий обзор соответствующих нормированных значений.

10.3.4.4 В отчете должны быть указаны тип дефекта и дополнительно – классификация согласно ранее указанной системе, например:

Таблица 7 - Оценка внешнего вида по количеству дефектов

Нормированное значение	Количество дефектов
0	Видимые дефекты отсутствуют
1	Очень небольшое количество дефектов
2	Небольшое, но заметное количество дефектов
3	Умеренное количество дефектов
4	Значительное количество дефектов
5	Большое количество дефектов

Таблица 8 - Оценка внешнего вида по размеру дефектов

Нормированное значение	Размер дефектов
0	Не видимы при 10-кратном увеличении
1	Видимы только при 10-кратном увеличении
2	Едва видны невооруженным глазом
3	Четко видны невооруженным глазом
4	Размер в диапазоне от 0,5 до 5 мм
5	Размер более 5 мм

Таблица 9 Оценка внешнего вида по интенсивности изменений

Нормированное значение	Интенсивность изменений
0	Видимые изменения внешнего вида отсутствуют
1	Очень незначительные изменения, едва видимые
2	Небольшие изменения, хорошо видимые
3	Умеренные изменения, очень хорошо видимые
4	Сильные и явно видимые изменения
5	Очень сильные изменения

10.3.4.5 Для определения некоторых дефектов внешнего вида приняты другие стандарты:

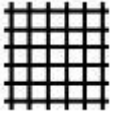
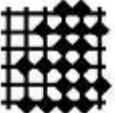
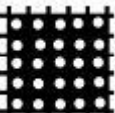
- степень выветривания (ГОСТ 9.072-77);
- степень меления с применением фотобумаги (ГОСТ 16976-71).

10.3.5 Адгезия покрытия

10.3.5.1 Степень адгезии пленкообразующей системы защиты поверхности следует определять либо путем количественного анализа методом испытания на одноосное растяжение или путем качественного анализа методом решетчатого надреза согласно стандарту ГОСТ 28574-2014.

10.3.5.2 Контроль методом решетчатого надреза обеспечивает качественный анализ степени адгезии покрытия после выполнения надрезов в виде сетки из не менее 6-ти перпендикулярных линий, обработки поверхности мягкой сухой кистью и последующей оценкой адгезии в баллах по классификации, приведенной в таблице 10.

Таблица 10-Классификация результатов контроля методом решетчатого надреза

Балл	Описание	Внешний вид поверхности в зоне надрезов, где произошло отслаивание
1	Края надрезов полностью гладкие, нет признаков отслаивания ни в одном квадрате решетки	
2	Незначительное отслаивание покрытия в виде мелких чешуек в местах пересечения линий решетки. Нарушение наблюдается не более чем на 5% поверхности решетки	
3	Частичное или полное отслаивание покрытия вдоль линий надрезов решетки или в местах их пересечения. Нарушение наблюдается не менее чем на 5% и не более чем на 35% поверхности решетки	
4	Полное отслаивание покрытия или частичное, превышающее 35% поверхности решетки	

10.4 Нанесение покрытий

10.4.1 Для обеспечения качества при нанесении покрытий до, во время и после нанесения выполняются перечисленные ниже виды контроля (таблицы 11–13).

10.4.2 В зависимости от предельных условий требуется определение ширины раскрытия трещин. Кроме того, рекомендуется высверлить цилиндрические образцы в зонах трещин для определения материалов, которые использовались в ходе предыдущего ремонта трещин. Во время нанесения также рекомендуется регулярно проверять внешний вид покрытия для выявления отклонений при нанесении покрытия и определения общего уровня расхода.

Таблица 11-Свойства поверхности до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Поверхностное нарушение сцепления	Простукивание молотком	ГОСТ 28574-2014	■
Чистота	Визуальный осмотр, удаление пыли протиркой	—	■
Ровность поверхности	Визуальный осмотр	—	■
Шероховатость	Визуальный осмотр, измерение профильным методом	ГОСТ 2789-73 МИ 41-88	◆
Поверхностная прочность	Определение поверхностной прочности	ГОСТ 22690-2015	◆
Движения трещин	Механические измерители или линейные регулируемые дифференциальные датчики-преобразователи (LVDT)	П 85-2001	□
Содержание влаги в зоне поверхности	Метод сушки, диэлькометрический метод	ГОСТ 12730.2-84 ГОСТ 21718-84	◆
Температура поверхности	Термометр	—	■
Проникновение вредных веществ (углекислого газа)	Диффузионная проницаемость покрытия	ГОСТ 31383-2008	◆

Таблица 12-Предельные условия до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Температура	Термометр	—	■
Относительная влажность	Гигрометр	—	◆
Дождь	Визуальный осмотр	—	■
Скорость ветра	Анемометр	—	■
Точка росы	Термометр, гигрометр	—	◆
Толщина свеженанесенного покрытия	Измерительный гребень	—	◆

Таблица 13-Свойства покрытия после нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Толщина затвердевшего покрытия	Контроль микрометрами	ОСТ 1 90378-88	■
Внешний вид покрытия	Визуальный осмотр	ГОСТ 9.407-2015	■
Водопроницаемость	Водонепроницаемость бетона с покрытием по мокрому пятну	ГОСТ 31383-2008	◆
Адгезия покрытия	Метод определения адгезии по силе отрыва; по решетчатым надрезам	ГОСТ 28574-2014 ГОСТ 15140-78	■

10.5 Заполнение трещин, пустот или расселин

10.5.1 Для обеспечения качества при заполнении трещин, пустот или расселин до, во время и после нанесения, следует выполнять перечисленные ниже виды контроля (таблицы 14–16).

10.5.2 Перед нанесением рекомендуется высверлить цилиндрические образцы в зонах трещин для определения материалов, которые использовались в ходе предыдущего ремонта трещин. Кроме того, во время нанесения рекомендуется регулярно проверять внешний вид покрытия для выявления отклонений при нанесении покрытия и определения общего уровня расхода.

Таблица 14-Свойства поверхности до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Чистота	Визуальный осмотр	—	◆
Ширина и глубина трещин	Ультразвуковые измерения, извлечение цилиндрических образцов, визуальный осмотр	—	◆
Движения трещин	Механические измерители или LVDT	П 85-2001	◆
Содержание влаги в трещинах и окружающем бетоне	Метод сушки, диэлькометрический метод	ГОСТ 12730.2-84 ГОСТ 21718-84	◆
Температура поверхности	Термометр	—	◆
Загрязнение трещин	Извлечение цилиндрических образцов, химический анализ	—	◆

Таблица 15-Предельные условия до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Температура	Термометр	—	■
Относительная влажность	Гигрометр	—	◆
Дождь	Визуальный осмотр	—	◆

Таблица 16-Свойства поверхности после нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Водопроницаемость	По методу «мокрого пятна»	ГОСТ 31383-2008	◆
Уровень заполнения	Извлечение цилиндрических образцов, ультразвуковые измерения	—	◆
Адгезия заполняющего материала к поверхности	Осмотр высверленных образцов и визуальный осмотр	—	□

10.6 Нанесение строительного раствора или бетона

10.6.1 Для обеспечения качества при нанесении строительного раствора или бетона до, во время и после нанесения, следует выполнять перечисленные ниже виды контроля (таблицы 17-19).

10.6.2 В зависимости от предельных условий требуется определение уровня влаги в бетоне и ширины трещин, а также изучение возможных методов ремонта трещин до нанесения строительного раствора или бетона. После нанесения кроме указанных выше свойств необходимо также измерить толщину слоя.

Таблица 17-Свойства поверхности до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Поверхностное нарушение сцепления	Простукивание молотком	ГОСТ 28574-2014	■
Чистота	Визуальный осмотр	—	■
Шероховатость	Визуальный осмотр, измерение профильным методом	ГОСТ 2789-73 МИ 41-88	◆
Поверхностная прочность	Определение поверхностной прочности	ГОСТ 22690-2015	◆
Движения трещин	Механические измерители или LVDT	П 85-2001	□
Вибрации в конструкции	Акселерометр	ГОСТ Р 52892-2007	□
Температура поверхности	Термометр	—	■
Глубина карбонизации	Извлечение образцов бетона	ГОСТ 31383-2008	□
Содержание хлоридов	Извлечение образцов бетона	ГОСТ 31383-2008 ГОСТ 5382-91	□
Проникновение вредных веществ	Извлечение образцов бетона	ГОСТ 31383-2008	□
Электрическое сопротивление	Метод Веннера	—	□

Прочность на сжатие	Извлечение цилиндрических образцов, молоток Шмидта	ГОСТ 28570-90 ГОСТ 22690-2015	◆
---------------------	----------------------------------------------------	----------------------------------	---

Таблица 18-Пределные условия до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Температура	Термометр		■
Дождь	Визуальный осмотр		■
Вязкость бетона	Испытание на осадку конуса, растекаемость	ГОСТ 10181-2014	■
Вязкость строительного раствора	Испытание на осадку конуса, растекаемость	ГОСТ 10181-2014	■
Содержание воздуха	Нагнетательный бак	ГОСТ 10181-2014	◆
Толщина бетона и толщина защитного слоя	Магнитный или радиационный методы	ГОСТ 22904-93 ГОСТ 17625-83	■
Прочность на сжатие	Испытание образцов, молоток Шмидта	ГОСТ 28570-90 ГОСТ 22690-2015	■

Таблица 19-Свойства строительного раствора/бетона после нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Поверхностное нарушение сцепления	Простукивание молотком	ГОСТ 28574-2014	■
Электрическое сопротивление	Метод Веннера	—	□
Водопроницаемость	Водонепроницаемость бетона с покрытием по мокрому пятну	ГОСТ 31383-2008	◆
Защитный слой бетона	Извлечение цилиндрических образцов, визуальный осмотр, магнитные методы	ГОСТ 22904-93 ГОСТ 17625-83	■
Адгезия заполняющего материала к поверхности	Осмотр цилиндрических образцов и визуальный осмотр	—	■
Прочность на сжатие	Цилиндрические образцы, молоток Шмидта	ГОСТ 28570-90 ГОСТ 22690-2015	■
Общая плотность	Метод сушки, радиоизотопный метод	ГОСТ 12730.1-78 ГОСТ 17623-87	■
Трещины, обусловленные усадкой	Визуальный осмотр	—	■
Пустоты за ремонтными заплатками	Ультразвуковые измерения, георадар (GPR), извлечение цилиндрических образцов	—	◆

Цвет и текстура поверхности	Визуальный осмотр	—	◆
-----------------------------	-------------------	---	---

10.7 Добавление или замена арматурных стержней

10.7.1 Для обеспечения качества при добавлении или замене арматурных стержней до, во время и после применения метода, необходимо выполнять перечисленные ниже виды контроля (таблицы 20–22).

Таблица 20-Свойства поверхности до нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Чистота существующих арматурных стержней	Визуальный осмотр	—	■
Размеры существующих арматурных стержней	Визуальный осмотр	—	■
Состояние коррозии существующих арматурных стержней	Потенциал полуэлемента, визуальный осмотр	ОДМ 218.3.001-2010	◆

Таблица 21-Предельные условия до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Дождь	Визуальный осмотр	—	■
Положение арматуры	Извлечение цилиндрических образцов, визуальный осмотр, магнитные методы	ГОСТ 22904-93 ГОСТ 17625-83	■

Таблица 22-Свойства замененных арматурных стержней после использования метода

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Положение арматуры	Извлечение цилиндрических образцов, визуальный осмотр, магнитные методы	ГОСТ 22904-93 ГОСТ 17625-83	■
Адгезия к бетону	Испытания на выдергивающее усилие	—	◆

10.8 Добавление арматуры, заанкерванной в отверстия

10.8.1 Для обеспечения качества при добавлении арматуры, заанкерванной в отверстия до, во время и после применения метода, следует выполнять перечисленные ниже виды контроля (таблицы 23-25).

Таблица 23-Свойства поверхности до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Чистота	Визуальный осмотр	—	■
Шероховатость	Визуальный осмотр, измерение профильным методом	ГОСТ 2789-73 МИ 41-88	◆
Содержание влаги в зоне поверхности	Метод сушки, диэлектрический метод	ГОСТ 12730.2-84 ГОСТ 21718-84	◆
Размеры существующих арматурных стержней	Визуальный осмотр	—	■
Состояние коррозии существующих арматурных стержней	Потенциал полуэлемента, визуальный осмотр	ОДМ 218.3.001-2010	◆
Чистота арматурных стержней	Визуальный осмотр	—	■

Таблица 24-Пределные условия до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Температура	Термометр	—	■
Относительная влажность	Гигрометр	—	■
Дождь	Визуальный осмотр	—	◆
Вязкость строительного раствора, используемого для анкерования арматурных стержней	Испытание на осадку конуса, растекаемость	ГОСТ 10181-2014	■
Положение арматуры	Извлечение цилиндрических образцов, визуальный осмотр, магнитные методы	ГОСТ 22904-93 ГОСТ 17625-83	◆

Таблица 25-Свойства арматуры, заанкерванной в отверстия после применения метода

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Положение арматуры	Извлечение цилиндрических образцов, визуальный осмотр, магнитные методы	ГОСТ 22904-93 ГОСТ 17625-83	■
Адгезия к бетону	Испытания на выдергивающее усилие	—	◆

10.9 Армирование приклеиваемыми пластинами

10.9.1 Для обеспечения качества при армировании приклеиваемыми пластинами до, во время и после применения метода, следует выполнять перечисленные ниже виды контроля (таблицы 26-28)

Таблица 26-Свойства поверхности до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость ^a
Поверхностное нарушение сцепления	Простукивание молотком	ГОСТ 28574-2014	
Чистота поверхности и приклеиваемых панелей	Визуальный осмотр, удаление пыли протиркой	—	
Ровность поверхности	Визуальный осмотр	—	
Шероховатость	Визуальный осмотр, измерение профильным методом	ГОСТ 2789-73 МИ 41-88	
Поверхностная прочность	Определение поверхностной прочности	ГОСТ 22690-2015	
Движения трещин	Механические измерители или LVDT	П 85-2001	◆
Вибрации в конструкции	Акселерометр	ГОСТ Р 52892-2007	◆
Глубина карбонизации	Извлечение образцов бетона	ГОСТ 31383-2008	◆
Содержание влаги в зоне поверхности	Метод сушки, диэлькометрический метод	ГОСТ 12730.2-84 ГОСТ 21718-84	■
Температура поверхности	Термометр	—	■
Содержание хлоридов	Извлечение образцов бетона	ГОСТ 31383-2008 ГОСТ 5382-91	◆
Состояние коррозии существующих арматурных стержней	Потенциал полуэлемента, визуальный осмотр	ОДМ 218.3.001-2010	◆
Прочность на сжатие	Извлечение цилиндрических образцов, молоток Шмидта	ГОСТ 28570-90 ГОСТ 22690-2015	◆

Таблица 27-Пределные условия до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость ^a
Температура	Термометр	—	■
Относительная влажность	Гигрометр	—	■
Дождь	Визуальный осмотр	—	■
Точка росы	Термометр, гигрометр	—	■

Таблица 28-Свойства приклеиваемых армирующих панелей после установки

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость ^a
Толщина покрытия, нанесенного на приклеиваемые панели	Контроль микрометрами, общий уровень расхода	ОСТ 1 90378-88	◆

Пустоты между поверхностью и приклеиваемой пластиной	Ударный эхо-метод, простукивание молотком, ультразвуковые измерения	ГОСТ 28574-2014	■
Несущая способность	Испытания под нагрузкой	—	◆

10.10 Нанесение покрытия на арматуру

10.10.1 Если на арматуру наносится покрытие, качество его нанесения следует обеспечивать перечисленными ниже видами контроля, выполняемыми до, во время и после нанесения (таблицы 29–31).

Таблица 29-Свойства поверхности до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Чистота	Визуальный осмотр, удаление пыли протиркой	—	■
Вибрации в конструкции	Акселерометр	ГОСТ Р 52892-2007	◆
Температура поверхности	Термометр	—	■

Таблица 30-Предельные условия до и во время нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Температура	Термометр	—	■
Относительная влажность	Гигрометр	—	■
Дождь	Визуальный осмотр	—	■
Точка росы	Термометр, гигрометр	—	◆

Таблица 31- Свойства покрытия после нанесения

Свойство	Метод контроля	Стандарт	Необходимость
Толщина затвердевшего покрытия	Контроль микрометрами, общий уровень расхода	ОСТ 1 90378-88	◆
Внешний вид покрытия	Визуальный осмотр	—	■

11. Требования техники безопасности при выполнении работ по ремонту и усилению

11.1. Для обеспечения техники безопасности при выполнении работ по ремонту и усилению следует соблюдать требования ГОСТ 12.3.002-2014*, СНиП 12-03-2001, СНиП 12-04-2002, а также необходимо:

- осуществлять производственный контроль за соблюдением норм и правил (санитарных, строительных и т.д.) при производстве ремонтных работ в соответствии с СП 1.1.1058-01;
- предусматривать воздухообмен на рабочих местах, обеспечивающий содержание вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны в концентрациях, не превышающих предельно-допустимые значения по ГН 2.2.5.1313-03, ГН 2.2.5.2308-07;
- выполнять все работы в специальной одежде и применять средства индивидуальной защиты рук, органов зрения, дыхания и слуха в соответствии с характером выполняемых ремонтных работ;
- применять ручной электро- и пневмоинструмент/оборудование, являющихся источниками производственного шума и вибрации с параметрами, не превышающими предельно-допустимые уровни по СН 2.2.4/2.1.8.562-96, СН 2.2.4/2.1.8.566-96; соблюдать режимы труда и отдыха работников при использовании виброопасного инструмента;
- приступать к работам по наряду-допуску;
- выполнять работы в условиях достаточной освещенности, при включенном рабочем и аварийном освещении;
- знать местонахождение ближайшего и других аварийных выходов;
- хранить на рабочем месте материалы в количестве сменной нормы, не загромождая при этом проходы;
- проводить ремонтные работы в строгом соответствии с требованиями, предусмотренными инструкциями по охране труда для рабочей специальности;

11.2 При выполнении ремонтных работ с учетом требований экологической безопасности, охраны окружающей среды и условий труда предусматривается следующее:

все применяемые при выполнении работ материалы должны иметь санитарно-эпидемиологические заключения о соответствии санитарным правилам;

количество используемых материалов незначительно (средний расход материалов не превышает нескольких килограмм на условный квадратный метр площадки работ);

при производстве работ используются только экологически чистые энергоносители - электроэнергия и сжатый воздух;

виды и характеристики используемых материалов, а также технология их применения исключают возможность образования вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны в концентрациях, превышающих предельно-допустимые значения по ГН 2.2.5.1313-03, ГН 2.2.5.2308-07;

устройство защитных ограждений на участках выполнения ремонтных работ;

применение защитной пленки при складировании на рабочем месте пылящих материалов.

11.3 Сбор и утилизация отходов материалов при производстве работ по ремонту и усилению должны осуществляться с учетом класса опасности в соответствии с СанПиН 2.1.7.1322-03.

11.4 Обязанности работодателя в обеспечение требований к экологической безопасности и охраны окружающей среды:

работодатель обязан разработать проект производства работ при проведении работ по ремонту и усилению, где указывается технологическая последовательность производства ремонтных работ;

работодатель обязан проводить санитарно-профилактические мероприятия по обеспечению безопасных условий труда и предупреждения воздействия вредных факторов;

работодатель обеспечивает постоянное поддержание условий труда, отвечающих требованиям Санитарных правил. При невозможности соблюдения предельно допустимых уровней и концентраций вредных производственных факторов на рабочих местах (в рабочих зонах) работодатель должен обеспечить работников средствами индивидуальной защиты и руководствоваться принципом «защита временем»;

работодатель при производстве строительно-монтажных работ устанавливает границы территории, выделяемой для производства, и проводит необходимые подготовительные работы (установка защитных ограждений, предупредительные знаки и т.д.);

работодатель обеспечивает организацию производственного контроля за соблюдением условий труда по показателям вредности и опасных факторов производственной среды, тяжести и напряженности труда;

проведение инструментальных исследований и лабораторного контроля вредных факторов производственной среды и трудового процесса;

обеспечение освещенности на участках работ не менее нормируемой;

обеспечить рабочие места, где применяются или приготавливаются клеи, мастики, краски и др. материалы, выделяющие вредные вещества, механической системой вентиляции, средствами индивидуальной защиты;

обеспечить рабочие места оборудованием или механизмами, генерирующими шум и вибрацию, не превышающие санитарные нормы. Для устранения вредного воздействия шума и вибрации применять технические средства, средства индивидуальной защиты, организационные мероприятия (рациональный режим труда и отдыха, лечебно-профилактические мероприятия);

работодатель обеспечивает работающих санитарно-бытовыми помещениями с учетом производственных процессов и их санитарной характеристики;

работодатель предусматривает места для отдыха вблизи производственных участков.

Приложение А.

Основные буквенные обозначения

Усилия от внешних нагрузок и воздействий в поперечном сечении элемента

- M – изгибающий момент;
- N – продольная сила;
- Q – поперечная сила;

Характеристики материалов

- $R_{s,ad}, R_{sc,ad}$ – расчетное сопротивление растянутой и сжатой арматуры усиливающего элемента;
- $R_{b,ad}$ – расчетное сопротивление бетона усиливающего элемента;
- $R_{b,red}$ – приведенное расчетное сопротивление бетона сжатой зоны усиленного элемента
- $R_{bt,ser}$ – нормативное сопротивление растяжению бетона усиливаемого элемента;
- $R_{s,ser,ad}$ – нормативное сопротивление растянутой арматуры усиливающего элемента;
- $E_{s,ad}$ – модуль упругости арматуры усиления;
- $E_{s,st}$ – модуль упругости канатной арматуры;

Геометрические характеристики

- b – ширина прямоугольного сечения;
- h – высота прямоугольного, таврового и двутаврового сечений;
- $h_{0,red}$ – приведенное расстояние от сжатой грани усиливаемого элемента до общего центра тяжести;
- a_{red} – расстояние от центра тяжести растянутой арматуры усиливаемого элемента до общего центра тяжести растянутой арматуры усиливаемого элемента и дополнительной арматуры усиления;
- x – высота сжатой зоны элемента с учетом усиления;
- l_{ef} – расчетная длина обоймы усиления;
- l_{loc} – длина локального участка конструкции, требующая усиления;
- l_{an} – длина заведения обоймы усиления;

УДК _____ ОКС _____ ОКП _____

Ключевые слова: бетонные и железобетонные конструкции, диагностика, усиление, ремонт

Руководитель организации-разработчика

АО «НИЦ «Строительство»

Заместитель генерального

директора по научной работе, д.т.н. _____

А.И. Звездов

Руководитель разработки

Директор НИИЖБ им.А.А. Гвоздева,

д.т.н. _____

А.Н. Давидюк

Ответственный исполнитель,

Зам. зав. лаб. №2, к.т.н. _____

А.Н. Болгов

Старший научный сотрудник, к.т.н.

Д.В. Кузеванов

Старший научный сотрудник, к.т.н.

С.И. Иванов

СОИСПОЛНИТЕЛИ

Руководитель организации-соисполнителя

ЗАО "Триада-Холдинг"

Генеральный директор, д.т.н.

Шилин А.А.

Ответственный исполнитель

ЗАО "Триада-Холдинг", к.т.н.

Кириленко А.М.

Ответственный исполнитель
ЗАО "Триада-Холдинг", к.т.н.

Зайцев М.В.

Ответственный исполнитель
ЗАО "Триада-Холдинг", к.т.н.

Картузов Д.В.

Ответственный исполнитель
ЗАО "Триада-Холдинг", ст. инж.

Щукина А.Б.

Ответственный исполнитель
ЗАО "Триада-Холдинг", инж.

Боган Д.В.