

**СВОД ПРАВИЛ**  
**«Конструкции каменные и армокаменные. Правила ремонта и усиления полимерными композитами»**

"Masonry construction. Regulation of repair and reinforcement by FRP composites»

Дата введения \_\_\_\_\_

***Предисловие***

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ "О техническом регулировании", а правила разработки - Постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 г. N 858 "О порядке разработки и утверждения сводов правил".

***Сведения о своде правил***

- 1 ИСПОЛНИТЕЛИ - ОАО "НИЦ "Строительство" - ЦНИИСК им. В.А.КУЧЕРЕНКО
- 2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 "Строительство"
- 3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)
- 4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от \_\_\_\_\_ и введен в действие с 2016 г.
- 5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)
- 6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему своду правил публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе "Национальные стандарты", а текст изменений и поправок - в ежемесячно издаваемых информационных указателях "Национальные стандарты". В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе "Национальные стандарты". Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте разработчика (Минрегион России) в сети Интернет.

***Введение***

Настоящий свод правил составлен с учетом требований Федеральных законов от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ "О техническом регулировании", от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ

"Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" и содержит требования к расчету и проектированию усиления или восстановления композитными материалами каменных конструкций зданий и сооружений различного назначения.

Свод правил разработан авторским коллективом ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко института АО "НИЦ "Строительство" (канд. техн. наук А.В. Грановский, канд. техн. наук М.К. Ищук - руководители работы, канд. техн. наук В.Р. Фаликман, докт. техн. наук Т.А. Мухамедиев, канд. техн. наук В.И. Смирнов, инж. И.М. Семенов), Объединением юридических лиц «Союз производителей композитов» (инж. С.Ю. Витохин, инж. А.В. Гералтовский), ООО "БАСФ Строительные системы" (канд. техн. наук А.Н. Костенко) и ООО «Спецконструкция» (инж. А.Л. Мочалов), АО «Припрег-СКМ» (канд. техн. наук О.А. Симаков; канд. техн. наук П.В. Осипов), ФГБУ ВНИИ ГОЧС (докт. техн. наук Г.П. Тонких)

## **1 Область применения**

1.1 Настоящий свод правил распространяется на проектирование усиления или восстановления каменных конструкций зданий и сооружений различного назначения путем устройства системы внешнего армирования композитными материалами из терморезактивных адгезивов, армированных углеродными или стеклянными волокнами.

1.2 Свод правил устанавливает требования к расчету каменных конструкций, усиленных или восстановленных системами внешнего армирования композитными материалами и проектированию указанных систем для усиления или восстановления каменных конструкций из кирпича, камней и блоков, на которые распространяются требования СП 15.13330.

1.3 Каменные и армокаменные конструкции, усиленные или восстановленные системами внешнего армирования композитными материалами, следует применять в зданиях с учетом предела огнестойкости конструкций и предела распространения огня согласно требованиям СНиП 21-01-97\*, СНиП 2.08.01-89\* и СНиП 31-06-2009 в зависимости от требуемой степени огнестойкости зданий.

1.4 Требования настоящих норм распространяются на проектирование усиления или восстановления каменных конструкций зданий и сооружений, возводимых на подрабатываемых территориях, вечномёрзлых грунтах и в сейсмоопасных регионах РФ.

1.5 Каменные и армокаменные конструкции, усиленные или восстановленные системами внешнего армирования композитными материалами и предназначенные для эксплуатации в условиях агрессивной среды, должны удовлетворять требованиям настоящего свода правил и дополнительным указаниям проектной документации, установленным с учетом требований СП 28.13330.2012.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 25.601-80 Расчеты испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах

ГОСТ 4.210-79 СПКП. Строительство. Материалы керамические отделочные и облицовочные. Номенклатура показателей

ГОСТ 6943.17-94 Стекловолокно. Ткани. Нетканые материалы. Метод определения ширины и длины

ГОСТ 4.219-81 СПКП. Строительство. Материалы облицовочные из природного камня и блоки для их приготовления. Показатели качества

ГОСТ 9.707-81 Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение

ГОСТ 4.206-83 СПКП. Строительство. Материалы стеновые каменные. Номенклатура показателей

ГОСТ 4001-84\* Камни стеновые из горных пород. Технические условия

ГОСТ 8462-85 Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе

ГОСТ 4.233-86 СПКП. Растворы. Номенклатура показателей

ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний

ГОСТ 25485-89 Бетоны ячеистые. Технические условия

ГОСТ 6943.18-94 Стекловолокно. Ткани. Нетканые материалы. Метод определения толщины

ГОСТ 379-95 Кирпич и камни силикатные. Технические условия

ГОСТ 9479-98 Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий

ГОСТ 28013-98\* Растворы строительные. Общие технические условия

ГОСТ 6133-99 Камни бетонные стеновые. Технические условия

ГОСТ 530-2007 Кирпич и камень керамический. Общие технические условия

ГОСТ 14759-69 Клеи. Метод определения прочности при сдвиге контроля

ГОСТ 24297-2013 Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля

ГОСТ 26433.1-89 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления

ГОСТ 28780-90 Клеи полимерные. Термины и определения

ГОСТ 29104.1-91 Ткани технические. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей

ГОСТ 29104.2-91 Ткани технические. Метод определения толщины

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

ГОСТ 32943-2014 Материалы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к клеевым соединениям элементов усиления конструкций

ГОСТ Р 54257-2010\* Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования

ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Общие требования  
ГОСТ 31938-2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия  
СП 20.13330.2011 "СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия"  
СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции»  
СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах»  
СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции  
СП 63.13330.2012 "СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения  
СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования  
СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах»

Примечание - При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил и/или классификаторов) в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил можно проверить в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

### 3 Термины и определения

В настоящем своде правил применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 каменная кладка:** Конструкция из природных или искусственных камней (кирпича, блоков), соединенных между собой цементным или клеевым раствором, клеевым составом или пастой.

**3.2 кирпич, камни и блоки:** Полнотелые и пустотелые кладочные изделия, удовлетворяющие требованиям соответствующих национальных стандартов.

**3.3 перемычка:** Конструктивный элемент балочного или арочного типа, перекрывающий проем в стене и воспринимающий нагрузку от вышерасположенных конструкций.

**3.4 усиление каменной конструкции:** комплекс конструктивных мероприятий и технологических работ, направленных на повышение несущей способности и эксплуатационных свойств конструкции.

**3.5 восстановление (ремонт) каменной 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.

**3.3 внешнее армирование (каменной конструкции) композитными материалами:** установка наклеиванием на каменную конструкцию изделий заводского изготовления из композитных материалов (ламинатов) или послойное наклеивание термореактивными адгезивами изделий из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холстов, сеток и других тканых материалов) с последующим отверждением и образованием однослойного или многослойного композитного материала.

**3.4 система внешнего армирования композитными материалами:** система, состоящая из клеевого слоя, образованного отвержденным термореактивным адгезивом, однослойного или многослойного композитного материала и, при необходимости, защитного слоя, обеспечивающего защиту системы от воздействия повышенных температур, открытого пламени, ультрафиолетового излучения и механических повреждений.

Примечание - защитный слой наносят в соответствии с проектной документацией на усиление или восстановление железобетонной конструкции.

**3.5 ламинаты:** готовые для устройства внешнего армирования конструкций многослойные полосы различной толщины и ширины, изготовленные в заводских условиях путем пропитки и горячего прессования.

Примечания

1. Ламинаты изготавливают в виде полос или пластин различной длины, ширины и толщины, как правило, однонаправленно армированных.

2. В технической документации отдельных изготовителей вместо термина "ламинат" употребляют термин "ламель".

**3.6 элементы усиления:** ламинаты или их части, или части изделий из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холсты, сетки и другие тканые материалы), различной длины и ширины, подготовленные для наклеивания на основание каменной конструкции.

**3.7 адгезив** (терморезактивный): клеящий состав из терморезактивной смолы для наклейки ламинатов или пропитки и наклейки изделий из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холсты, сетки и другие тканые материалы) на основание каменной конструкции.

Примечание - под терморезактивным адгезивом в настоящем своде правил понимают адгезив на основе эпоксидных смол.

**3.8 праймер:** материал, применяемый для предварительной подготовки основания железобетонной конструкции перед нанесением адгезива.

**3.9 основание (каменной конструкции):** поверхность каменной конструкции, на которую наклеивают ламинаты или изделия из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холсты, сетки и другие тканые материалы) при ее усилении или восстановлении внешним армированием из композитных материалов.

**3.13 компаунд (композиция):** Однородная смесь полимера или полимеров с другими компонентами, такими как наполнители, пластификаторы, катализаторы и красители.

**3.14 композит (композитный материал, композиционный материал):** Твердый продукт, состоящий из двух или более материалов, отличных друг от друга по форме и/или химическому составу и/или свойствам, скрепленных, как правило, физической связью и имеющих границу раздела между обязательным материалом (матрицей) и ее наполнителями, включая армирующие наполнители

**3.15 матрица полимерного композита:** Структура, состоящая из отвержденной терморезактивной смолы, которая обеспечивает цельность полимерного композита, отвечает за передачу и распределение напряжений в армирующем наполнителе и определяет термостойкость, влагостойкость, огнестойкость и химическую стойкость полимерного композита.

**3.16 стеклянное волокно (стекловолокно):** Волокно для армирования полимерных композитов, образованное из расплавов неорганического стекла.

**3.17 базальтовое волокно (базальтоволокно):** Волокно для армирования полимерных композитов, образованное из расплавов базальта или габродиабаза.

**3.18 углеродное волокно (углеволокно):** Волокно для армирования полимерных композитов, образованное путем перолиза органических волокон прекурсоров и содержащее не менее 90% массы углерода.

**3.19 предел прочности сцепления с каменной кладкой:** Сдвиговые напряжения на границе сцепления с кладкой, возникающие при отслоении композита от кладки

**3.20 предел прочности при поперечном срезе:** Сдвиговые напряжения, возникающие в композитном слое при воздействии на нее поперечной перерезывающей силы.

**3.21 полимерная сетка:** Плоский материал, имеющий сквозные ячейки правильной стабильной формы, размер которых превышает толщину ребер, противостоящий растяжению (внешним нагрузкам) и выполняющий роль усиления конструкции

3.22 **затекание:** Ячейки сетки, заполненные связующим

3.23 **основа:** Продольные нити

3.24 **перекос нитей:** Нарушение перпендикулярности расположения утка в ткани относительно основы

3.25 **пропитка:** Нанесение пропиточного раствора на поверхность полуфабриката (сетка, ткань)

3.26 **уток:** Поперечные нити

3.27 **условный вырез:** Участки сеток с недопустимыми пороками

3.28 **связующий состав:** Смесь химических компонентов для пропитки сетки с целью придания ей определенных физико-химических свойств

3.29 **элементы усиления:** Сетки из полимерных композитов различной длины и ширины, подготовленные для укладки или крепления на (или к) основанию строительной конструкции

3.30 **старение:** Необратимое изменение структуры полимеров с течением времени в результате воздействия химических или физических факторов, приводящих к изменению эксплуатационных свойств материала сетки

3.31 **механическая вязкость:** Свойство материала, посредством которого он может поглощать энергию и означающее отсутствие хрупкости и относительно высокое растяжение на разрыв

3.32 **удлинение:** Увеличение длины образца (сетки) при растяжении, выражаемое в процентах от начальной длины

3.33 **интенсивность землетрясения:** Оценка воздействия землетрясения в баллах 12-балльной шкалы, определяемая по макросейсмическим описаниям разрушений и повреждений природных объектов, грунта, зданий и сооружений, движений тел, а также по наблюдениям и ощущениям людей

3.34 **исходная сейсмичность:** Сейсмичность района или площадки, определяемая для нормативных периодов повторяемости и средних грунтовых условий с помощью ДСР или УИС (или принятая равной нормативной сейсмичности)

3.35 **антисейсмические мероприятия:** Совокупность конструктивных и планировочных решений, основанных на выполнении требований, обеспечивающая определенный, регламентированный нормами, уровень сейсмостойкости сооружений

3.35 **нарушение нормальной эксплуатации:** Нарушение в работе строительного объекта, при котором произошло отклонение от установленных эксплуатационных пределов и условий

3.36 **нормальная эксплуатация:** Эксплуатация объекта строительства в определенных проектом эксплуатационных пределах и условиях

3.37 **сейсмический район:** Район с установленными и возможными очагами землетрясений, вызывающими на площадке строительства сейсмические воздействия интенсивностью 6 и более баллов

**3.38 сейсмостойкость сооружения:** Способность сооружения сохранять после расчетного землетрясения функции, предусмотренные проектом, например: отсутствие глобальных обрушений или разрушений сооружения или его частей, способных обусловить гибель и травматизм людей; эксплуатация сооружения после восстановления или ремонта

**3.39 стеновая система:** Конструктивная система, в которой, как вертикальным, так и нагрузкам в любом из горизонтальных направлений в основном противодействуют вертикальные несущие стены, прочность на сдвиг которых в основании здания составляет более 65% общей прочности на сдвиг всей конструктивной системы

## 4 Общие требования

4.1 Проектирование усиления или восстановления каменных конструкций следует проводить на основе результатов их натурного обследования и поверочного расчета.

4.2 В результате натурных обследований должно быть установлено: состояние конструкции, геометрические размеры конструкций, армирование конструкций, прочность кирпича (камня, блока) и раствора, вид и класс арматуры и ее состояние, деформации конструкций, расположение трещин и ширина их раскрытия, размеры и характер дефектов и повреждений, действующие нагрузки, статическая схема конструкций. Натурные обследования следует проводить с учетом требований ГОСТ 31937, ГОСТ 17624, ГОСТ 22690, ГОСТ 22904, ГОСТ 28570, ГОСТ 18105, ГОСТ Р 53778.

4.3 Поверочные расчеты конструкции следует проводить на основе проектных материалов и результатов натурных обследований и с учетом требований СП 70.13330.2012, СП 15.13330.2012, СП 20.13330.2011, СП 14.13330.2014 и ГОСТ 54257.

4.4 Расчетные схемы при проведении поверочных расчетов следует принимать с учетом установленных фактических геометрических размеров и конструктивных отклонений от проекта в отдельных элементах конструкции и их соединениях.

4.5 При проведении поверочных расчетов должны быть учтены дефекты и повреждения конструкции, выявленные в процессе натурных обследований:

- снижение прочности кладки по сравнению с проектным решением или при отсутствии проекта определение фактической прочности стенового материала и раствора;
- местные повреждения или разрушения каменных и армокаменных конструкций;
- образование и раскрытие трещин и другие

4.6 Поверочные расчеты следует проводить по несущей способности, деформациям и трещиностойкости в соответствии с требованиями СП 15.13330.2012.

4.7 На основе поверочных расчетов следует установить пригодность конструкций к эксплуатации, необходимость их усиления или полную непригодность конструкции. Для конструкций, не удовлетворяющих требованиям поверочных расчетов по эксплуатационной пригодности, допускается не предусматривать усиление, если фактические прогибы превышают допустимые значения, но не препятствуют нормальной эксплуатации, а также если фактическое раскрытие трещин превышает допустимые значения, но не создает опасности разрушения.

4.8 Допускается при восстановлении конструкции не проводить поверочные расчеты по эксплуатационной пригодности, если перемещения и ширина раскрытия трещин в существующих конструкциях при максимальных фактических нагрузках не превосходят допустимых значений, а усилия в сечениях элементов конструкции от проектных нагрузок не превышают значений усилий от фактически действующих нагрузок.

4.9 Система внешнего армирования композитными материалами должна обеспечивать включение в работу составных частей системы и их совместную работу с усиливаемой или восстанавливаемой конструкцией.

4.10 Минимально допустимая прочность кирпича (камня, блока) по прочности на сжатие существующей конструкции, усиливаемой или восстанавливаемой внешним армированием из композитных материалов, должна составлять не менее 5,0 МПа.

4.11 Не допускается проводить усиление элементов с корродированной стальной арматурой без устранения причин и продуктов коррозии.

4.12 Максимальная температура эксплуатации каменной конструкции, усиленной или восстановленной системой внешнего армирования из композитных материалов без защитного слоя, не должна превышать температуру стеклования композитного материала и (или) терморезистивного адгезива.

4.13 При проектировании системы внешнего армирования из композитных материалов необходимо исключить в процессе эксплуатации попадание на систему прямых солнечных лучей, в том числе путем устройства защитного слоя.

4.14 В случае необходимости обеспечения пожарной безопасности и защиты от повреждений композитных материалов системы внешнего армирования, следует предусмотреть устройство защитного слоя из специальных огнеупорных составов, совместимых с адгезивами на основе эпоксидной смолы.

4.15 При проектировании системы внешнего армирования из композитных материалов для каменных конструкций, эксплуатируемых в условиях переменной влажности, следует предусмотреть возможность миграции паров влаги из тела кладки.

4.16 Расчет огнестойкости конструкций, усиление или восстановление которых выполнено без устройства противопожарной защиты системы внешнего армирования из композитных материалов, следует проводить без учета работы системы внешнего армирования.

4.17 Устройство внешнего армирования следует производить по специально разработанному проекту усиления конструкций при соответствующем расчетном обосновании и соблюдении технологии производства работ.

4.18 В случае необходимости обеспечения пожарной безопасности и защиты от повреждений композитных материалов системы внешнего армирования, следует предусмотреть устройство защитного слоя из специальных огнеупорных составов, совместимых с адгезивами на основе эпоксидной смолы.

Расчет огнестойкости конструкций, усиление или восстановление которых выполнено без устройства противопожарной защиты системы внешнего армирования из композитных материалов, следует проводить без учета работы системы внешнего армирования.

4.19 Устройство внешнего армирования следует производить по специально разработанному проекту усиления конструкций при соответствующем расчетном обосновании и соблюдении технологии производства работ.

## **5 Материалы**

### **5.1 Требования к составным частям системы внешнего армирования из композитных материалов**

5.1.1 Материалы, применяемые для усиления или восстановления каменных конструкций, должны соответствовать требованиям действующих нормативных

документов, иметь сопроводительную документацию, подтверждающую их соответствие нормативным требованиям, включая паспорта качества и (или) протоколы испытаний, и должны подвергаться входному контролю по ГОСТ 24297.

5.1.2 Характеристики материалов, составляющих систему внешнего армирования должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 5.1.1.

Таблица 5.1.1 Характеристики материалов, составляющих систему внешнего армирования

Наименование показателя	Значение показателя	Метод контроля
Для холстов, сеток и других тканых материалов из углеволокна		
Прочность, МПа, не менее	1000	<u>ГОСТ 25.601</u>
Модуль упругости, ГПа, не менее	55	<u>ГОСТ 25.601</u>
Коэффициент линейного теплового расширения, °С <sup>-1</sup> : - продольный - поперечный	$(-1 - 0) \cdot 10^{-6}$ $(22 - 50) \cdot 10^{-6}$	<u>ГОСТ 15173</u>
Для ламинатов, армированных углеволокном		
Прочность, МПа, не менее	1600	<u>ГОСТ 25.601</u>
Модуль упругости, ГПа, не менее	150	<u>ГОСТ 25.601</u>
Температура стеклования, °С, не менее	40	<u>ГОСТ 32618.2</u> <u>ГОСТ Р 55135</u>
Коэффициент линейного теплового расширения, °С <sup>-1</sup> : - продольный - поперечный	$(1 - 0) \cdot 10^{-6}$ $(22 - 55) \cdot 10^{-6}$	<u>ГОСТ 15173</u>
Для холстов, сеток и других тканых материалов из стекловолокна		
Прочность, МПа, не менее	520	<u>ГОСТ 11262</u>
Модуль упругости, ГПа, не менее	15	<u>ГОСТ 9550</u>
Коэффициент линейного теплового расширения, °С <sup>-1</sup> : - продольный - поперечный	$(6 - 10) \cdot 10^{-6}$ $(19 - 23) \cdot 10^{-6}$	<u>ГОСТ 15173</u>
Для ламинатов, армированных стекловолокном		
Прочность, МПа, не менее	520	<u>ГОСТ 11262</u>
Модуль упругости, ГПа, не менее	15	<u>ГОСТ 9550</u>
Температура стеклования, °С, не менее	40	<u>ГОСТ 32618.2</u> <u>ГОСТ Р 55135</u>
Коэффициент линейного теплового расширения, °С <sup>-1</sup> : - продольный - поперечный	$(6 - 10) \cdot 10^{-6}$ $(19 - 23) \cdot 10^{-6}$	<u>ГОСТ 15173</u>
Для адгезивов*		
Время открытой выдержки	Заявленное значение ±20 %	<u>ГОСТ 28780</u>
Жизнеспособность	Заявленное значение	<u>ГОСТ 27271</u>

	$\pm 20\%$	
Модуль упругости при сжатии, Н/мм <sup>2</sup> , не менее	2000	<u>ГОСТ 9550</u>
Прочность при сдвиге, Н/мм <sup>2</sup> , не менее	10	<u>ГОСТ 14759</u>
Температура стеклования, °С, не менее	40	<u>ГОСТ 32618.2</u> <u>ГОСТ Р 55135</u>
Коэффициент линейного теплового расширения, °С <sup>-1</sup> , не менее	$10 \cdot 10^{-6}$	<u>ГОСТ 15173</u>
Усадка, %, не более	0,1	<u>ГОСТ 18616</u>
* Согласно требованиям <u>ГОСТ 32943</u> .		

5.1.3 Номинальные ширина и толщина холстов, сеток и других тканых материалов и ламинатов должны соответствовать требованиям, установленным в технологической документации на изготовление, и должны быть подтверждены при входном контроле материалов до установки системы внешнего армирования в соответствии с таблицей 5.1.2.

Таблица 5.1.2

Наименование показателя	Метод контроля
Для холстов, сеток и других тканых материалов из углеволокна	
Ширина, мм	<u>ГОСТ 29104.1</u>
Толщина, мм	<u>ГОСТ 29104.2</u>
Для холстов, сеток и других тканых материалов из стекловолокна	
Ширина, мм	<u>ГОСТ 6943.17</u>
Толщина, мм	<u>ГОСТ 6943.18</u>
Для ламинатов, армированных углеволокном или стекловолокном	
Ширина, мм	<u>ГОСТ 26433.1</u>
Толщина, мм	<u>ГОСТ 26433.1</u>

## 5.2 Нормативные и расчетные характеристики композитных материалов

5.2.1 Основными прочностными и деформационными характеристиками композитных материалов для расчета каменных конструкций, усиленных внешним армированием из композитных материалов, являются нормативные значения:

- сопротивление растяжению  $R_{f,n}$ ;
- модуль упругости при растяжении  $E_f$ ;

5.2.2 Значения сопротивления растяжению и модуля упругости при растяжении определяют по ГОСТ 25.601.

5.2.3 Нормативные значения сопротивления растяжению  $R_{f,n}$ , модуля упругости при растяжении, следует принимать равными значениям, установленным по результатам испытаний образцов по ГОСТ 25.601 с обеспеченностью 0,95.

5.2.4 Расчетные значения модуля упругости следует принимать равными их нормативным значениям.

5.2.5 Расчетное значение сопротивления растяжению  $R_f$  следует определять по формуле:

$$R_f = R_{f, n} / \gamma_f, \quad (5.2.1)$$

где  $\gamma_f$  - коэффициент надежности по композитному материалу, принимаемый при расчете по предельным состояниям второй группы равным 1,0, а при расчете по предельным состояниям первой группы равным:

- 1,2 - для однонаправленных углеродных лент;
- 1,8 – для двунаправленных углеродных тканей;
- 1,8 - для стеклокомпозита.

При выполнении наклейки ткани «мокрым» способом (по слою адгезива приклеивается предварительно пропитанная ткань) значения коэффициента надежности  $\gamma_f$  увеличиваются на 15%.

Допускается при расчете по предельным состояниям первой группы значение коэффициента надежности  $\gamma_f$  для ламинатов принимать по данным изготовителя, но не менее, чем 1,1.

5.2.6 При проектировании расчетные и нормативные сопротивления следует умножать на коэффициенты условий работы композитного материала  $\gamma_d$ , приведенные в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1. Коэффициенты условий работы  $\gamma_d$  композитного материала

Условия эксплуатации конструкции	Тип композитного материала	Значение коэффициента $\gamma_d$ для	
		ламинатов	холстов, сеток и других тканых материалов
Во внутренних помещениях	Углекомпозит	0,95	0,9
	Стеклокомпозит	0,75	0,7
На открытом воздухе	Углекомпозит	0,85	0,8
	Стеклокомпозит	0,65	0,6
В агрессивной среде	Углекомпозит	0,85	0,8
	Стеклокомпозит	0,5	0,5

### 5.3 Нормативные и расчетные характеристики кладки и составляющих ее кладочных материалов

5.3.1 Расчетные значения характеристик кладки существующей конструкции следует принимать по СП 15.13330.2012 в зависимости от фактической прочности составляющих кладку материалов.

Фактическую прочность кирпича (камня, материала блока) следует определять по данным испытаний отобранных из конструкции образцов.

Фактическую прочность кладочного раствора следует определять по данным испытаний отобранных из конструкции образцов, либо при его низкой прочности (менее 1 МПа), не позволяющей выполнить отбор образцов, по результатам экспертной оценки с помощью косвенных методов.

5.3.2 Нормативные и расчетные значения характеристик существующей стальной арматуры следует принимать по СП 63.13330.2012 в зависимости от класса арматуры, указанного в проекте, или условного класса арматуры.

Условный класс арматуры следует определять с помощью переводных коэффициентов, обеспечивающих прочность арматуры, эквивалентную ее фактической

средней прочности, установленной по данным испытаний образцов арматуры, отобранных из обследуемых конструкций.

При отсутствии проектных данных и невозможности отбора образцов допускается устанавливать класс стальной арматуры по виду ее профиля, а расчетные сопротивления принимать на 20 % ниже соответствующих значений, установленных в действующих нормативных документах для данного класса.

5.3.3 При назначении проектной величины адгезии композитного материала с поверхностью кладки должна приниматься фактическая прочность материала наружной поверхности кирпича (камня, блока) по его сечению нетто (без учета имеющихся в нем пустот) и с учетом возможного изменения прочностных свойств по толщине конструкции (вследствие влияния таких факторов, как размораживание, выветривание и т.п.).

## 6 РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ПЕРВОЙ ГРУППЫ (ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ)

### 6.1 Центральнo-растянутые элементы

6.1.1 Расчет элементов каменных конструкций, усиленных внешним армированием из композитных материалов, на прочность при осевом растяжении по неперевязанному сечению следует производить по формуле:

$$N \leq R_f \times A_f, \quad (6.1)$$

где  $N$  – расчетная осевая сила при растяжении элемента (Н);

$R_f$  – прочность композитного материала при растяжении (Н/мм<sup>2</sup>);

$A_f$  – площадь поперечного сечения композитного материала (мм<sup>2</sup>).

### 6.2 Центральнo-сжатые элементы

6.2.1 Расчет элементов неармированных каменных конструкций при центральном сжатии, усиленных внешним армированием из композитных материалов (рис. 6.1), следует производить по формуле

$$N \leq m_g \times \varphi \times R_{rf} \times A, \quad (6.3)$$

где

$N$  – расчетная продольная сила;

$R_{rf}$  – расчетное сопротивление сжатию кладки, усиленной внешним армированием из композитных материалов и определяемое по формуле

$$R_{rf} = R + \rho \times \mu \times R_f / 100 \leq 2 \times R, \quad (6.4)$$

где  $R$  – расчетное сопротивление кладки сжатию, определяемое по таблицам 2 – 10 (СП 15.13330.2012);

$\varphi$  – коэффициент продольного изгиба, определяемый по таблице 7.2 СП 15.13330.2012;

$A$  – площадь сечения элемента;

$m_g$  – коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки и определяемый по таблице 20 (СП 15.13330.2012);

$\rho$  – коэффициент, принимаемый при пустотности кирпича (камня) до 20% включительно - 2, при пустотности от 20% до 30% включительно - 1,5, при пустотности выше 30% - 1;

$\mu$  – коэффициент поверхностного армирования композитным материалом кладки усиливаемой стены:

$$\mu = \frac{S_{bd}}{S_w} \times 100$$

$S_{bd}$  – площадь поперечного сечения полосы (бандажей) из композитного материала толщиной  $\delta_{bd}$  и высотой  $h_{bd}$ , определяемая по формуле:

$$S_{bd} = 2 \times \delta_{bd} \times h_{bd};$$

$S_w$  – площадь участка длинной стороны ( $h_w$ ) столба, приходящаяся на одну полосу из композитного материала высотой  $h_{bd}$ , определяется по формуле:

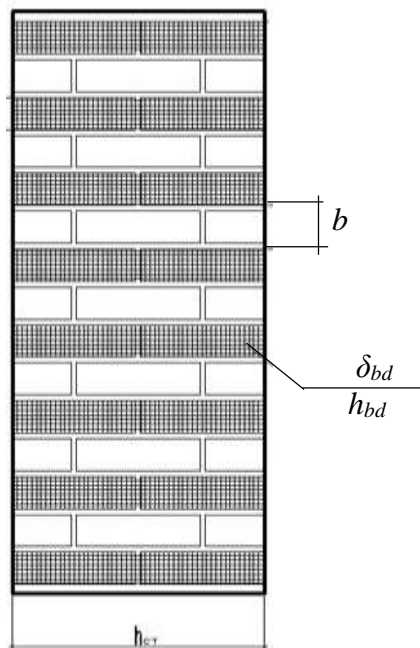


Рис. 6.1 Схема усиления кирпичного столба

$$S_w = h_w \times (h_{bd} + b),$$

$R_f$  – расчетное сопротивление растяжению композитного материала, определяемое по формуле (5.1).

### 6.3. Внецентренно сжатые элементы

6.3.1 Расчет внецентренно сжатых неармированных элементов каменных конструкций при центральной сжатии, усиленных внешним армированием из композитных материалов (рис.6.2), следует производить по формуле

$$N \leq m_g \times \varphi_1 \times R \times A_c \times \omega, \quad (6.5)$$

где  $m_g, \varphi_1, R, A_c, \omega$  – параметры, определяемые по СП 15.13330.2012 (п.7.7).

6.3.2 При знакопеременной эпюре изгибающего момента по высоте элемента (рис. 6.2) расчет по прочности следует производить в сечениях с максимальными изгибающими моментами различных знаков.

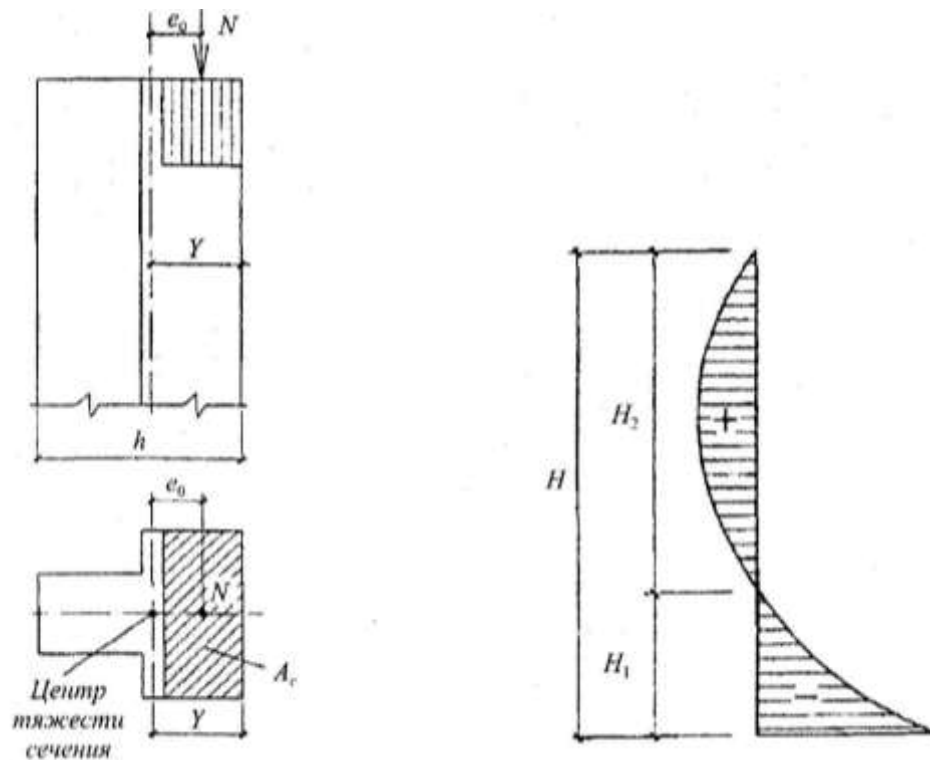


Рис. 6.2 Знакопеременная эпюра изгибающего момента для внецентренно сжатого элемента

6.3.3 Усиление элементов каменных конструкций с помощью композитных бандажей по схеме на рис. 6.1 допускается выполнять при эксцентриситетах приложения нагрузки, не выходящих за пределы ядра сечения, т.е. при  $e_0 \leq 0,17 \times h$ .

6.3.4 При расчете на внецентренное сжатие каменных простенков или стен в зависимости от направления эксцентриситета приложения нагрузки следует рассмотреть две схемы: действия момента в плоскости и из плоскости кладки.

6.3.5 Расчет каменной кладки при действии момента в плоскости кладки

Расчет по прочности усиленной каменной кладки при действии момента в плоскости кладки производится из условия:

$$M \leq M_n \quad (6.6)$$

$$M_n = \sum F_i \times i \times \left( d_i - \frac{\beta_1 \times c}{2} \right) + N \times \left( \frac{L}{2} - \frac{\beta_1 \times c}{2} \right) \quad (6.7)$$

где  $d_i$  – расстояние до середины композитной ленты (рисунок 6.3);  
 $\beta_1$  – коэффициент приведения эпюры напряжений к прямоугольной, принимается равным 0,7;  
 $F_i$  – усилие растяжения, приходящееся на  $i$ -ю композитную ленту;  
 $P_u$  – величина вертикальной нагрузки на расчетный участок кладки;  
 $L$  – длина расчетного элемента кладки;  
 $c, t$  – размеры сжатой зоны.

Расчетное горизонтальное усилие на кладку, соответствующее  $M_n$ , определяем по формуле

$$Q_n \leq \frac{M_n}{h_f}, \quad (6.8)$$

где  $h_f = \ell_f \times k$  – см. рисунок 6.3 (схема усиления простенка вертикальными холстами).

$k$  – коэффициент условий работы слоя усиления из углеволокнистой ткани, принимаемый равным 0,6 – для одностороннего усиления и 0,45 – для двухстороннего усиления.

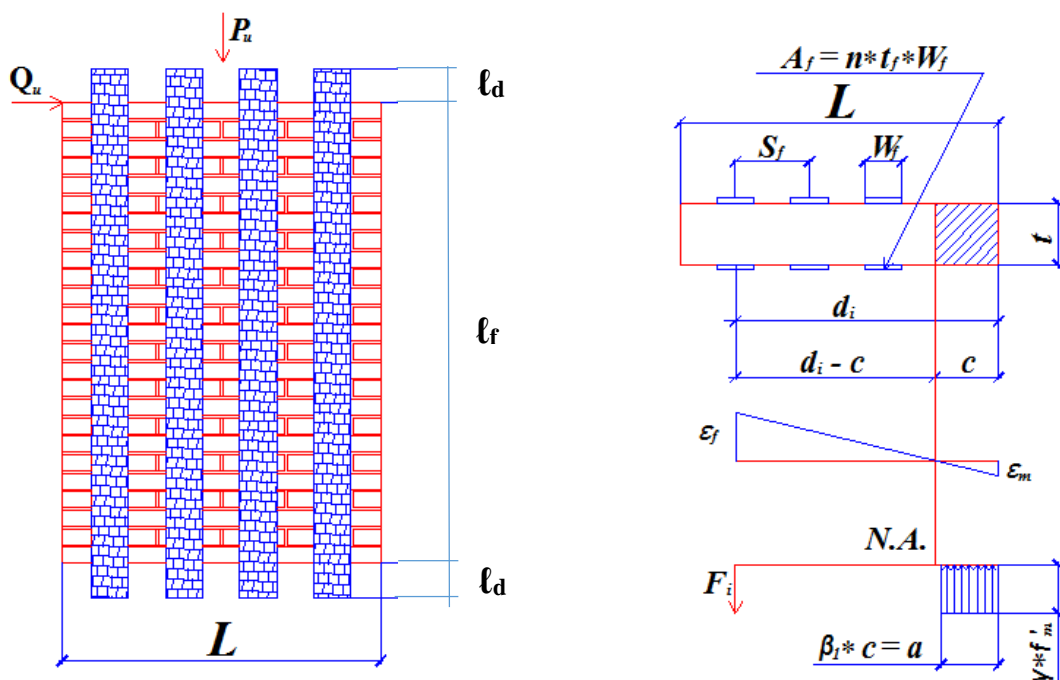


Рис. 6.3 Схема усиления простенка

В случае необходимости усиления каменной кладки при действии горизонтальной силы и изгибающего момента возможно применение схемы усиления вертикальными и горизонтальными холстами, приведенной на рисунке 6.4. При этом производятся отдельные расчеты на действие горизонтальной нагрузки и момента в плоскости кладки.

### 6.3.6 Расчет каменной кладки при действии момента из плоскости кладки стены

При выполнении расчета каменной кладки на действие момента из плоскости стены приняты следующие расчетные предпосылки:

- напряжения в углеволокне прямо пропорционально их расстоянию до нейтральной оси;
- максимальные относительные деформации кладочного раствора – 0,0025, кирпича – 0,0035;
- углеволокно работает линейно до достижения предельной нагрузки;
- работа кладки на растяжение, а углеволокна на сжатие не учитывается;
- проскальзывание углеволокна по кладке отсутствует;
- при  $h/t$  менее 0,8 изгибом стены из плоскости следует пренебречь.

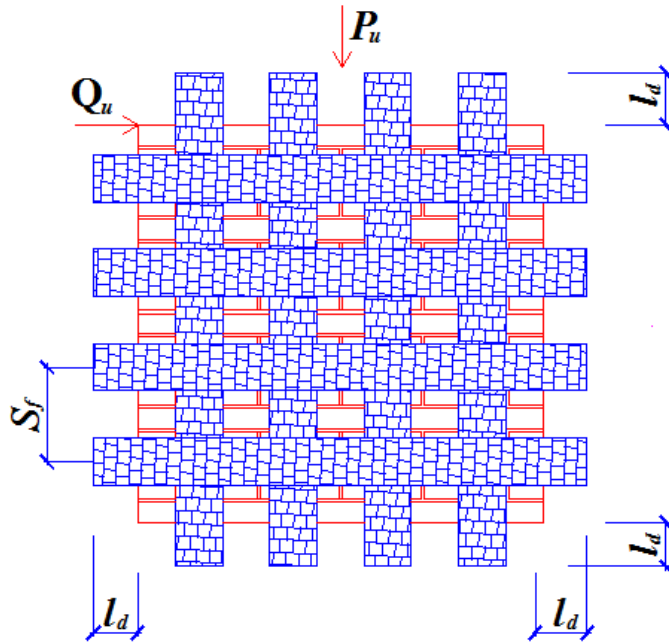


Рис. 6.4 Схема усиления простенка вертикальными и горизонтальными холстами

При расчете стены из плоскости, также необходимо провести расчет на сдвиг, приведенный ниже.

Расчет по прочности усиленной каменной кладки при действии момента из плоскости кладки производится из условия:

$$M \leq M_n \quad (6.9)$$

$$M_n = A_f \times R_{fe} \left( d_i - \frac{\beta_1 \times c}{2} \right) + P_U \times \left( \frac{t}{2} - \frac{\beta_1 \times c}{2} \right) \quad (6.10)$$

где  $R_{fe}$  – эффективное напряжение в холстах из углеволокна с учетом величины предельной деформации по контакту «холст – материал кладки» определяется по формуле:

$$R_{fe} = E_f \times \varepsilon_{fe} \quad (6.11)$$

С учетом возможных вариантов разрушения элемента усиления кладки композитным материалом (разрушение кладки при сжатии, отслоение холстов углеволокна от кладки) предельные деформации углеволокна ограничиваются следующей зависимостью:

$$\varepsilon_{fe} = \varepsilon_{mu} \times \left(\frac{t-c}{c}\right) \leq \min(k \times \varepsilon_{fu}^*, C_E \times \varepsilon_{fu}^*) \quad (6.12)$$

где  $\varepsilon_{fe}$  – расчетная деформация растяжения.

$C_E$  – коэффициент условий работы, учитывающий влияние окружающей среды (0,9 – для внутренних помещений, 0,8 – для наружных конструкций и конструкций, находящихся в агрессивной среде);

$\varepsilon_{fu}^*$  – предельная деформация разрыва холста определяется по паспортным данным на композитный материал.

#### 6.4 Расчет кладки, усиленной композитным материалом, на срез.

6.4.1 Расчет неармированной кладки на срез по горизонтальным неперевязанным и перевязанным швам кладки следует производить по формуле:

$$Q \leq (R_{sq} + 0.8 \times n \times \mu \times \sigma_0) \times A + m_c \times R_f \times F_f + R_t \times F_t, \quad (6.13)$$

где  $R_{sq}$  – расчетное сопротивление срезу (СП 15.13330.2012, табл.11);

$n$  – коэффициент, принимаемый равным 0,5 для кладки из пустотелых керамических камней вертикальными пустотами;

$\mu$  – коэффициент трения по шву кладки, принимаемый для кладки из кирпича и камней правильной формы равным 0,7;

$\sigma_0$  – среднее напряжение сжатия при наименьшей расчетной нагрузке, определяемой с коэффициентом надежности по нагрузке 0,9;

$A$  – расчетная площадь сечения;

$m_c$  – коэффициент условий работы слоя усиления из композитной ткани, равный 0,6 – для одностороннего усиления и 0,45 – для двухстороннего усиления;

$F_f, R_f$  – соответственно, площадь сечения и расчетная прочность на растяжение композитного материала;

$F_t, R_t$  – соответственно, площадь сечения и расчетная прочность на растяжение подготовительного слоя.

### 7 РАСЧЕТ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ДЕФОРМАЦИОННЫМИ ТРЕЩИНАМИ, УСИЛЕННЫХ ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

#### 7.1 Стены с наклонными трещинами, возникшими вследствие различной вертикальной загрузки или разной жесткости смежных участков стен или неравномерной осадки фундаментов

7.1.1 Расчет усиления участков стен с наклонными трещинами (рис. 7.1), вызванными действием главных растягивающих напряжений при различии степени загрузки или выполнении смежных участков стен из различных материалов, следует производить по формуле:

$$N \leq N_c, \quad (7.1.1)$$

$N$  – растягивающее усилие, действующее по направлению, перпендикулярному

направлению трещины;

$$N = \sigma_{tw} \times A, \quad (7.1.2)$$

где  $\sigma_{tw}$  - главные растягивающие напряжения, действующие в кладке, получаемые из расчета численными или инженерными методами;

где  $A_m$  - площадь поперечного сечения кладки на длине усиливаемого участка с трещиной, равная:

$$A_m = b_m \times h_m; \quad (7.1.3)$$

$b_m$  - длина усиливаемого участка с трещиной (рис. 7.1.1);

$h_m$  - толщина кладки стены с трещиной;

$N_c$  - несущая способность усиленного участка стены с наклонной трещиной:

$$N_c = R_f \times A_f; \quad (7.1.4)$$

$R_f$  - расчетное сопротивление растяжению композитного материала, определяемое по формуле (5.2.1);

$A_f$  - суммарная площадь поперечного сечения полос из композитного материала, пересекающих трещину в кладке стены:

$$A_f = A_{f,i} \times n; \quad (7.1.5)$$

$A_{f,i}$  - площадь поперечного сечения одной полосы:

$$A_{f,i} = b_f \times t_f; \quad (7.1.6)$$

$b_f$  - ширина одной полосы композитного материала, мм;

$t_f$  - суммарная толщина всех слоев композитного материала в одной полосе, мм;

$n$  - количество полос, пересекающих трещину в кладке стены.

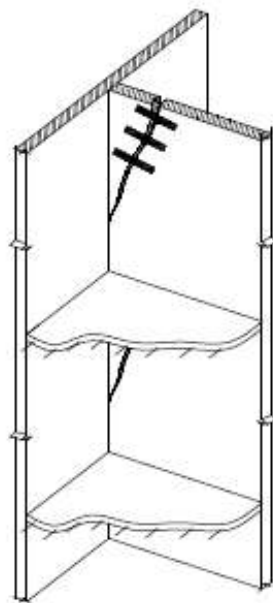


Рис. 7.1.1 Схема усиления кладки стены с наклонной трещиной

7.1.2 Оптимальная длина анкеровки полос из композитного материала не должна быть меньше минимально допустимой величины, равной 150 мм, и определяется по формуле:

$$l \geq 1/(\gamma_{Rd} \times f_{bd}) \sqrt{(\pi^2 \times E_f \times t_f \times \Gamma)/2}, \quad (7.1.7)$$

где  $\gamma_{Rd}$  - поправочный коэффициент, равный:

- $k_G = 1,5$  для кладки из керамического кирпича и туфа;
- $k_G = 1,25$  для кладки из известняка;

$$f_{bd} = 2 \times \Gamma / S_u, \quad (7.1.8)$$

$S_u$  – предельная величина ползучести между композитным материалом и основой, принимаемая равной 0,4 мм для кладки из кирпича, туфов и 0,3 мм для кладки из известняка.

$$\Gamma = k_b \times k_G \sqrt{R_b \times R_{bt}}, \quad (7.1.9)$$

$k_G$  – эмпирический коэффициент, равный:

- $k_G = 0,031$  мм для кладки из кирпича;
- $k_G = 0,048$  мм для кладки из туфа;
- $k_G = 0,012$  мм для кладки из известняка;

$R_b$  – прочность кирпича (камня, блока) на сжатие;

$R_{bt}$  – прочность кирпича (камня, блока) на растяжение;

$E_f$  и  $t_f$  - соответственно модуль упругости и толщина волоконно-армированного композита;

$k_b$  – эмпирический коэффициент, равный:

$$k_b = \sqrt{(3 - \frac{b_f}{b}) / (1 + \frac{b_f}{b})}, \quad (7.1.10)$$

где  $b$  и  $b_f$  обозначают ширину упрочненного элемента и ширину упрочнения, соответственно.

Расчетная величина  $b$  может быть определена, как сумма ширины полосы из композитного материала и расстояний до ближайших от полосы растворных швов (рис.7.1.2).

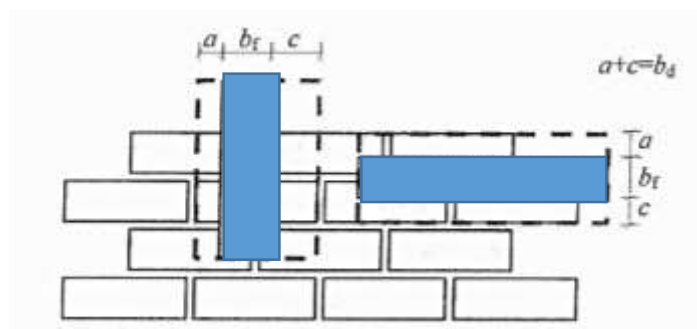


Рис. 7.1.2 Схема для определения расчетной ширины  $b$  включенной в совместную работу с полосой из композита кладки

7.1.3 В случае укладки композитного материала на выравнивающий слой из раствора на эпоксидной основе используются формулы (7.1.1) – (7.1.10) с подстановкой в них приведенных значений толщины и модуля упругости, определяемых по формулам:

$$t_h = t_f + t_r; \quad (7.1.11)$$

$$E_h = (E_f \times t_f + E_r \times t_r) / t_h, \quad (7.1.12)$$

где  $t_r$  и  $E_r$ , соответственно, толщина и модуль упругости материала выравнивающего слоя.

## 7.2 Обеспечение устойчивости стен и фрагментов здания, разрезанных деформационными трещинами

7.2.1 Проверка усиления пересекающихся стен с трещинами между ними, усиленных горизонтальными поясами (бандажами), препятствующими опрокидыванию стен или фрагментов здания, производится по двум критериям:

- проверке прочности полосы из композитного материала, перекрывающего трещину, растяжению;

- проверке анкеровки полос из композитного материала к основанию из кирпичной (каменной, блочной) кладки.

7.2.2. Проверку прочности полосы из композитного материала, перекрывающего трещину, растяжению, следует производить по формуле

$$N_f \leq N_c, \quad (7.2.1)$$

где  $N_f$  – суммарное растягивающее усилие, действующее по направлению, перпендикулярному направлению трещины и воспринимаемое полосами из композита, расположенными на двух стенах, равно:

$$N_f = 1/(2h) \times [M - (P + N) \times t/2], \quad (7.2.2)$$

где  $h$  – расстояние от основания стены до полосы из композитного материала;

$M$  – опрокидывающий момент внешних сил;

$P$  – собственный вес стены;

$N$  – вертикальное усилие, приложенное к стене;

$t$  – толщина стены.

$N_c$  – несущая способность на растяжение двух полос из композитного материала, определяемая по формуле (7.1.4).

7.2.3. Проверку прочности анкеровки полосы из композитного материала, перекрывающего трещину, следует производить из условия обеспечения минимальной длины анкеровки полос из композитного материала по п.п. 7.1.2 и 7.1.3.

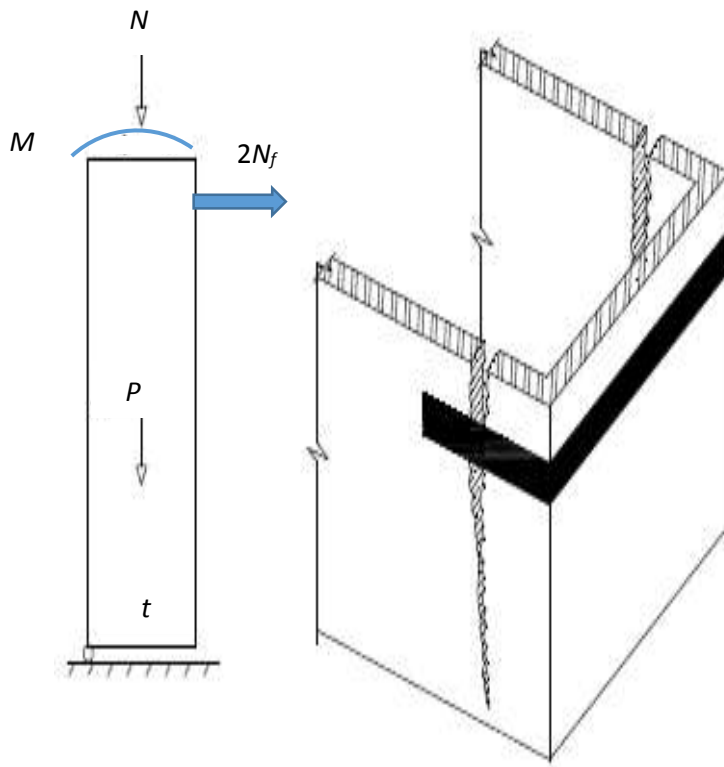


Рис. 7.2.1 Схема усиления кладки стены с трещинами от опрокидывания

## 8. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО УСИЛЕНИЮ НЕСУЩИХ И НЕНЕСУЩИХ СТЕН (ПЕРЕГОРОДОК) ИЗ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ В ОБЫЧНЫХ И СЕЙСМООПАСНЫХ РЕГИОНАХ РФ

8.1 Для обеспечения безопасности и эксплуатационной пригодности конструкций, усиленных внешним армированием из композитных материалов, необходимо выполнять конструктивные требования, изложенные в настоящем разделе.

8.2 Возведение зданий с несущими стенами (перегородками) из керамического кирпича, крупноформатного камня и ячеистобетонных блоков, а также из других кладочных материалов с армированием арматурной сеткой из базальтового волокна должно производиться в соответствии с требованиями СП 15.13330.2012 и СП 14.13330.2011 с учетом изменений и дополнений, изложенных ниже.

8.3 Армирование штукатурного слоя несущих стен (перегородок) базальтовой сеткой позволяет повысить устойчивость конструкций, снизить ее трещиностойкость и при использовании в строительстве в сейсмических регионах повысить сейсмостойкость конструкции и исключить прогрессирующее обрушение при землетрясениях. На рисунке

8.1 показан общий вид несущей стены (перегородки), усиленной вертикальной композитной сетки.

8.4 Крепление перегородок должно выполняться по высоте конструкции не менее, чем в трех точках, по длине перегородки к выше и ниже лежащим конструкциям перекрытий - с шагом 1200 мм (рисунок 8.1 – 8.3).

8.5 При проектировании каменных конструкций одновременно с армированием штукатурного слоя необходимо устанавливать в горизонтальные швы кладки несущих стен (перегородок) базальтовую сетку шириной 120 (250) мм.

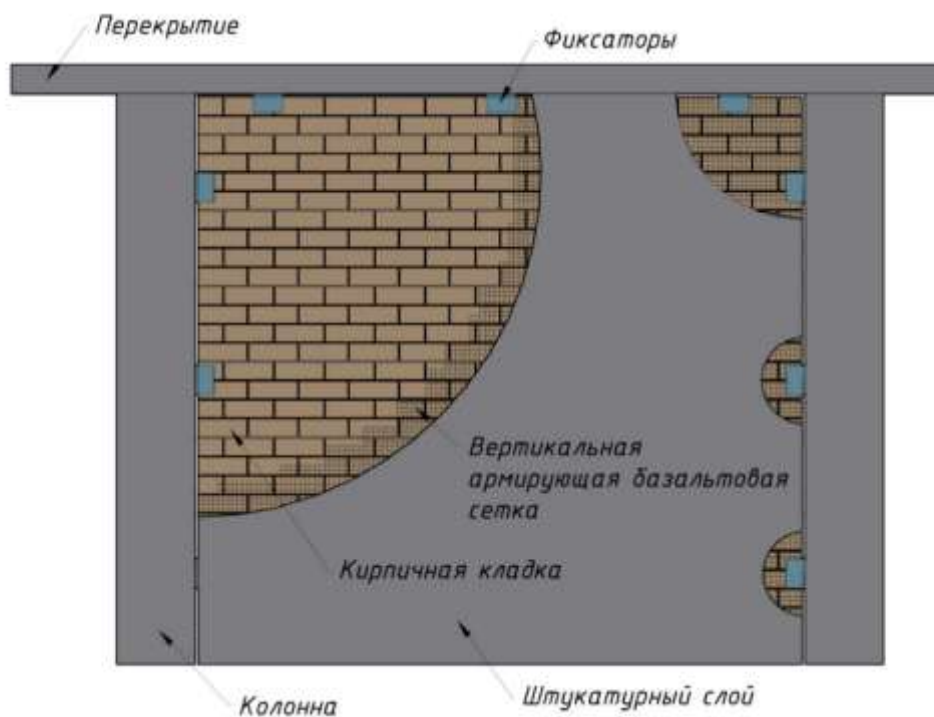


Рис. 8.1 Общий вид перегородки, усиленной вертикальной композитной сеткой

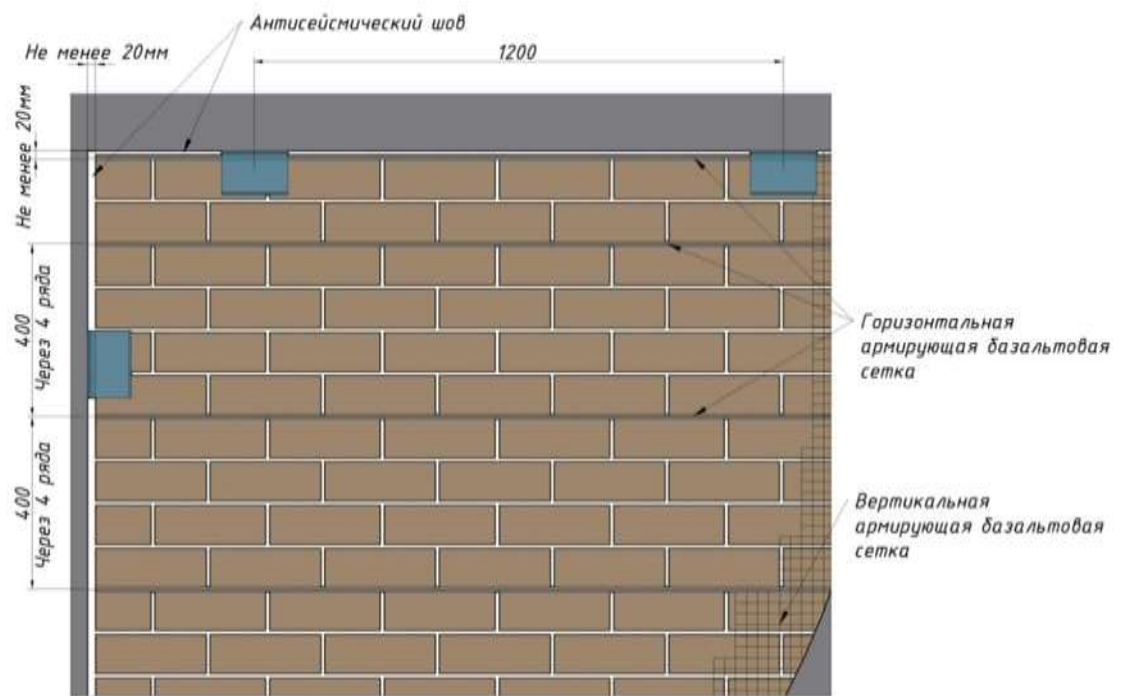


Рис. 8.2 Общий вид перегородки, усиленной вертикальной композитной сеткой

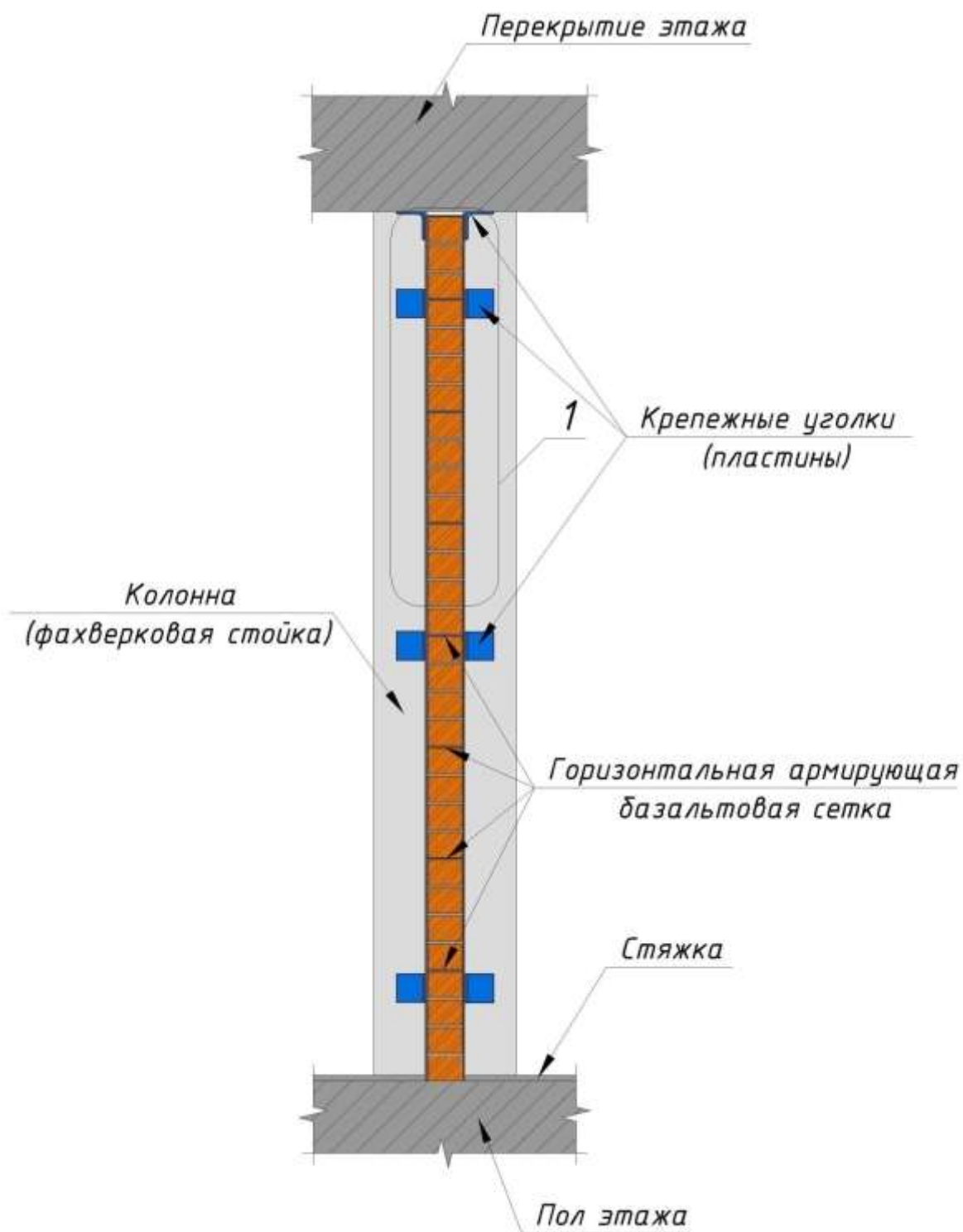


Рис. 8.3 Схема крепления перегородки из различных стеновых материалов, усиленной композитной сеткой, к каркасу здания при толщине перегородки до 25 см

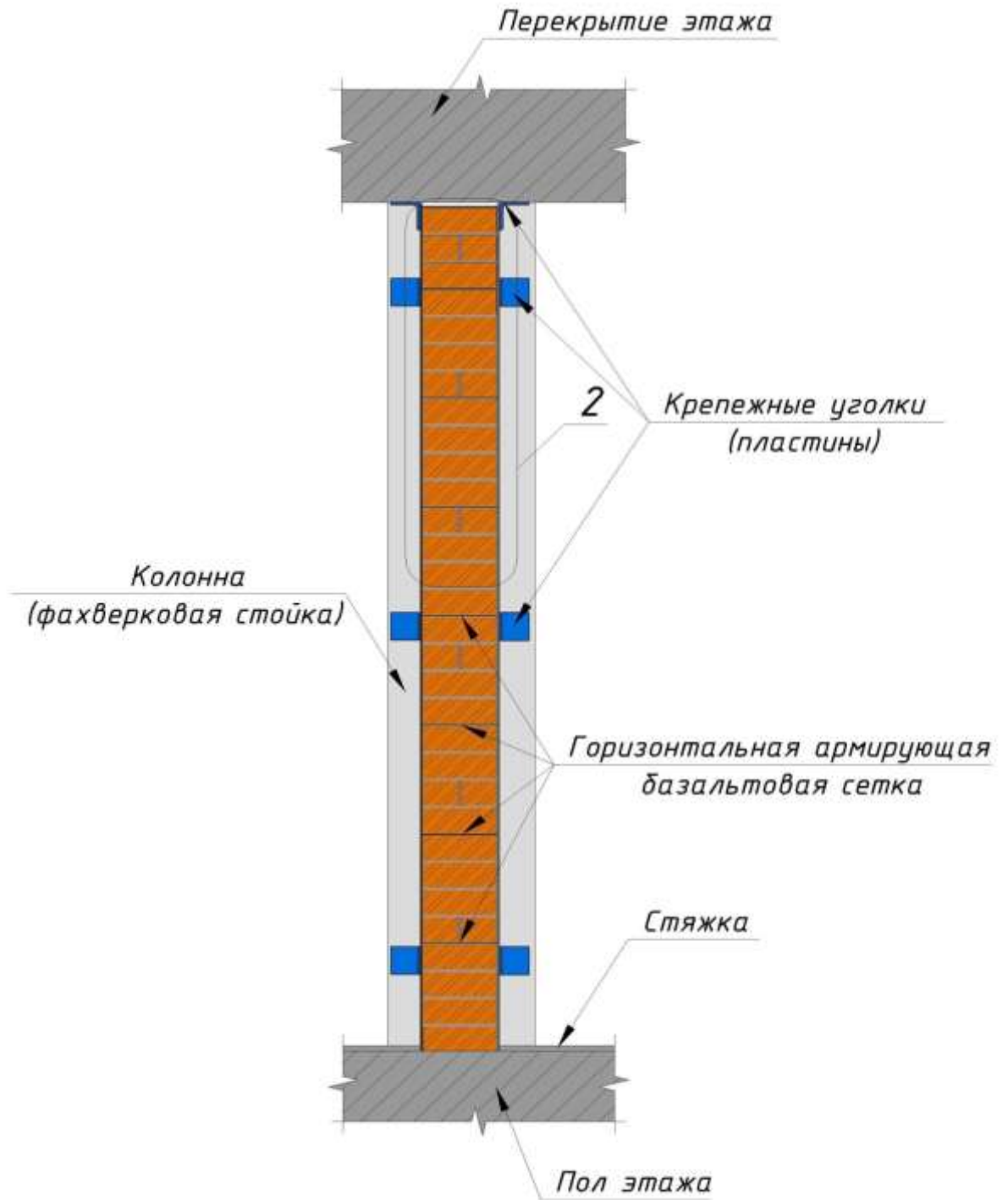


Рис. 8.4 Схема крепления перегородки из различных стеновых материалов, усиленной композитной сеткой, к каркасу здания при толщине перегородки 25 см и более

8.6 Армирование штукатурного слоя следует осуществлять при толщине слоя от 10 до 30 мм.

8.7 Вертикальное армирование необходимо устраивать с обеих сторон стеновой конструкции.

8.8 В случае применения вертикального армирования перегородок толщиной 120 мм необходимо устраивать фахверковые стойки через 5 м. При толщине перегородок 250 мм фахверковые стойки устанавливаются через каждые 6 м.

8.9 Для армированных композитной сеткой несущих стен (перегородок) их высота не должна превышать при расчетной сейсмичности 7,8 и 9 баллов, соответственно, 5, 4 и 3.5 м.

8.10 В качестве материала кладки несущих стен (перегородок) при усилении штукатурного слоя композитной сеткой допускается использовать газобетонные блоки классом по прочности на сжатие не ниже В1.5 и маркой по плотности не ниже D500. В качестве кладочного раствора для стен из газобетонных блоков допускается использовать клей (клеевой раствор) по прочности на сжатие не менее 10 МПа.

8.11 При толщине перегородок из ячеистобетонных блоков до 150 мм необходимо устраивать фахверковые стойки через каждые 5,6м, при толщине перегородки более 150 мм – через каждые 6 м.

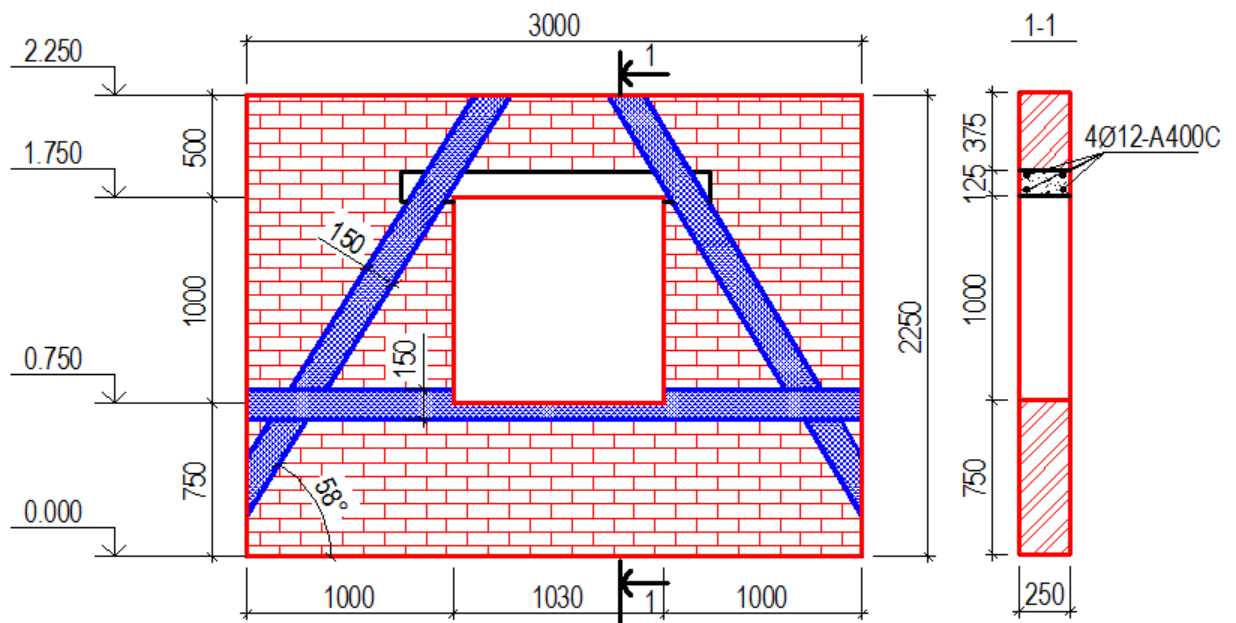


Рис. 8.5 Усиление несущих стен холстами из композитного материала для повышения сейсмостойкости конструкций

8.12 Не допускается прямой контакт **углеволокна** элементов усиления и стальных элементов конструкций.

**Примечание** – При ширине раскрытия трещины более 1 мм они должны быть отремонтированы в соответствии с указаниями 8.27.

8.14 Пересечение элементов усиления допускается только при обеспечении их взаимного сцепления путем склеивания.

8.15 Устройство системы внешнего армирования из многослойных композитных материалов на горизонтальных поверхностях в продольном и поперечном направлениях следует производить путем последовательного послойного наклеивания элементов усиления поочередно в двух направлениях.

8.16 При устройстве обойм и хомутов из сеток, холстов и других тканых материалов в поперечном направлении и при их загибе через углы конструкции на углах необходимо выполнить фаски с длиной катета не менее 20 мм, либо галтель с радиусом не менее 20 мм (рисунок 8.6).

8.17 Допустимое значение радиуса загиба, при наклейке ламинатов при усилении криволинейной поверхности элементов, следует принимать по данным предприятия-изготовителя.

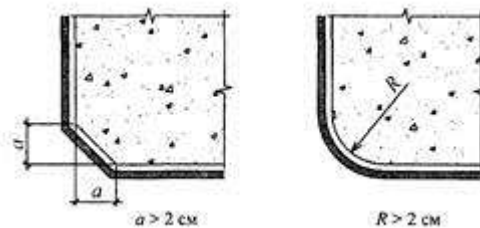


Рис. 8.6 - Подготовка углов конструкции перед наклеиванием сеток, холстов и других тканых материалов

8.18 Число слоев многослойного композитного материала системы внешнего армирования следует ограничивать в зависимости от силы сцепления композитного материала с поверхностью кладки. Рекомендуемое число слоев следует принимать: для ламината - не более трех, для сеток, холстов и других тканых материалов - не более пяти.

8.19 Ширину элементов усиления внешнего поперечного армирования  $w_f$  следует принимать не менее 50 мм и не более 600 мм, шаг наклейки в свету элементов усиления поперечного армирования  $s_f$  - не менее  $w_f$  и не более меньшего значения из:  $h_0/2$ ;  $3w_f$ .

8.20 Максимальное расстояние в свету между элементами усиления внешнего продольного армирования изгибаемого элемента  $s_{f \max}$  следует принимать не более меньшего значения из:  $0,2L$ ;  $5h$ , где  $L$  - пролет изгибаемого элемента или удвоенный вылет консоли,  $h$  - высота сечения изгибаемого элемента.

8.21 При усилении растянутой зоны изгибаемого элемента первый слой элемента усиления в продольном направлении следует заводить в сжатую зону (неразрезные элементы) или в зону, где действующие усилия не приводят к образованию трещин (свободно опертые элементы), а каждый последующий слой следует обрезать не ближе 150 мм обреза предыдущего слоя (рисунок 8.7).

Элементы усиления должны быть заведены за нормальное к продольной оси усиливаемого элемента сечение, в котором их учитывают с расчетным сопротивлением  $R_f$ , на длину (мм) не меньшую, чем на 150 мм.

8.22 Для обеспечения анкеровки элементов усиления допускается устройство дополнительных механических креплений стальными пластинами, заведение ламинатов, холстов, сеток и других тканых материалов в специально выполненные пазы в кладке, устройство химических анкеров.

8.23 Длину нахлестки при сращивании элементов усиления по длине в продольном направлении или при устройстве обойм следует принимать по указаниям предприятия-изготовителя или определять испытаниями. При этом при устройстве обойм длину нахлестки рекомендуется принимать не менее, чем 150 мм.

Для однонаправленно армированных элементов усиления сращивание следует проводить только в направлении армирования элемента усиления.

Нахлестки следует располагать «вразбежку» и кроме того для элементов усиления в продольном направлении - в зонах с наименьшими усилиями в композитном материале.

Испытания образцов с участком стыка элементов усиления по длине следует выполнять по **ГОСТ 25.601**.

Длина нахлестки должна обеспечивать прочность сечения элементов усиления со стыком не ниже прочности сечения без стыка.

8.24 Для конструкций, эксплуатируемых в условиях переменной влажности, элементы внешнего армирования должны быть выполнены таким образом, чтобы обеспечить возможность миграции паров влаги из тела кладки.

8.25 При усилении конструкций, эксплуатируемых в условиях постоянной влажности (внутри помещения), допускается наклеивание ламинатов, сеток, холстов и других тканых материалов по всей поверхности основания.

При этом композитные обоймы кирпичных столбов следует располагать не ближе 20 мм до перекрытия.

8.26 При усилении сжатых конструкций путем устройства обойм в поперечном направлении обоймы следует устанавливать по всей высоте конструкций.

Обоймы колонн рекомендуется устраивать непрерывно по всей длине колонн (рисунок **8.7a**) или с разрывами по высоте (рисунок **8.7б**).

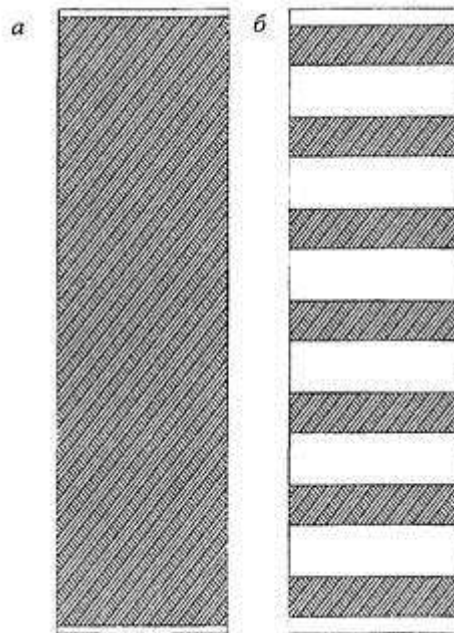


Рис. 8.7 - Схемы усиления кирпичных столбов обоймами

8.27 Основание усиливаемой конструкции должно соответствовать требованиям по плоскостности (неровность поверхности не должна превышать 5 мм на базе 2 м или 1 мм на базе 0,3 м); не иметь дефектов и загрязнений.

8.28 Очистку поверхности основания следует проводить пескоструйной обработкой или обработкой металлическими щетками с последующей высоконапорной промывкой водой (под давлением не менее 1,0 МПа).

8.29 Трещины следует заинъектировать ремонтными смесями под давлением 2-6 атм.

8.30 В случае несоответствия поверхности основания требованиям **8.24** по плоскостности, участки поверхности следует выровнять с применением ремонтных смесей.

8.31 Мелкие дефекты (сколы, раковины, углубления до 5 мм) следует устранять с применением ремонтных смесей либо составов на основе эпоксидных смол с наполнителем (молотым кварцевым песком), крупные дефекты - с применением ремонтных смесей.

8.32 Перед нанесением на основание первого слоя адгезива поверхность основания следует продуть сжатым воздухом.

Запрещается наносить адгезивы на замерзшие или мокрые поверхности основания.

8.33 Установку системы внешнего армирования из композитных материалов следует выполнять при температуре окружающей среды в диапазоне от 5 °С до 35 °С при температуре кладки основания выше 5°С и выше температуры точки росы на 3 °С,

8.34 После укладки последнего слоя элементов усиления на их поверхность должен быть нанесен слой адгезива.

8.35 Время выдержки для отверждения адгезивов следует принимать не менее 24 часов при температуре выше 20 °С и не менее 36 часов при температуре от 5 °С до 20 °С.

## **9. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КОМПОЗИТНЫХ СЕТОК ДЛЯ УСИЛЕНИЯ НЕНЕСУЩИХ СТЕН (ПЕРЕГОРОДОК) ИЗ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЗДАНИЯХ, ВОЗВОДИМЫХ В ОБЫЧНЫХ И СЕЙСМООПАСНЫХ РЕГИОНАХ**

### **9.1. Армирование штукатурного слоя несущих стен (перегородок) в процессе их возведения**

9.1.1 Оштукатуривание перегородок, усиленных вертикальной и горизонтальной композитными сетками, с использованием цементного или клеевого растворов необходимо выполнять в следующей последовательности:

- на выложенную перегородку нанести подготовительный слой цементного раствора (обрызг) толщиной 8-10 мм;
- не позднее, чем через 2 часа закрепить вертикальную арматурную сетку из композитного волокна и произвести оштукатуривание стены цементным раствором до проектной толщины. При этом общая толщина штукатурного слоя не должна превышать проектного значения, но не более 30 мм;
- после этого произвести затирку оштукатуренной поверхности.

9.1.2 Оштукатуривание перегородок, усиленных вертикальной и горизонтальной арматурными сетками из композитного волокна, с использованием клеевого раствора (клея) необходимо выполнять в следующей последовательности:

- на выложенную перегородку нанести подготовительный слой клеевого раствора (клея) толщиной 2-3 мм;
- не позднее, чем через 2 часа закрепить вертикальную композитную сетку из композитного волокна и произвести последующее оштукатуривание с помощью клеевого раствора (клея) толщиной не менее толщины композитной сетки;
- после набора прочности штукатурным слоем нанести по оштукатуренной поверхности еще один слой толщиной до 2 мм.

## **10. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ ПО УСИЛЕНИЮ КЛАДКИ НЕНЕСУЩИХ СТЕН (ПЕРЕГОРОДОК) КОМПОЗИТНЫМ МАТЕРИАЛОМ**

10.1 При производстве работ по усилению стен с использованием композитной сетки строительная площадка должна быть оборудована системой пожаротушения согласно СНиП 21-01-97\*.

10.2 Композитный материал по группе горючести (ГОСТ 12.1.044) в зависимости от пропиточного состава является трудногорючим материалом. При загорании его необходимо тушить песком, водой и пеной.

## **11 ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

11.1 Общие требования к охране окружающей среды должны соответствовать требованиям ГОСТ 17.2.3.02.

11.2 При использовании композитного материала должны быть предусмотрены мероприятия по охране окружающей среды:

- отходы пропитанного композитного материала вывозятся на полигоны (свалки) для утилизации;
- осуществляется контроль за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

## **12 ПРАВИЛА ПРИЕМКИ**

12.1 Композитный материал, доставленный на строительную площадку, должен быть принят техническим контролем заказчика.

12.2 Приемку композитного материала производят партиями в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

12.3 Партией считается композит одной марки, изготовленный по одному технологическому регламенту, одной рецептуре связующего состава и сопровождаемая одним документом о качестве.

12.4 В случае необходимости для лабораторных испытаний из композитного материала по ГОСТ Р 50275 отбирают необходимое количество образцов, но не менее 5 от каждых 1000 п.м. продукции.

12.5 При приемке проводят приемо-сдаточные испытания по показателям: физико-механические свойства, геометрические параметры и внешний вид.

12.6 Браком считается продукция, не отвечающая требованиям регламента на изделие.

12.7 Каждая партия сопровождается документом о качестве с указанием:

- наименования предприятия – изготовителя или его товарного знака;
- местонахождение (юридический адрес) предприятия – изготовителя;
- марки композитного материала;
- номера партии;
- количество рулонов в партии;
- результатов испытаний по показателям таблицы 1;
- даты изготовления;
- условия и сроки хранения;
- обозначения настоящего стандарта;
- штампа и подписи работников ОТК.

### **13 МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ**

13.1 Отбор проб для лабораторных испытаний производится по ГОСТ Р 50275. Допускается производить отбор проб в процессе комплектования партии.

13.2 Прочность при растяжении и относительное удлинение при максимальной нагрузке определяют в соответствии ГОСТ Р 55030 и ОДМ 218.5.006 [6]. Для проведения испытаний используются разрывные и универсальные машины по ГОСТ 28840 с относительной погрешностью показаний разрывной нагрузки не более 1,0 % измеряемой величины, погрешностью показаний удлинения не более 1,0 % измеряемой величины и оборудованные зажимами тисочного типа. Губки зажимов должны удерживать образцы без скольжения и повреждений.

## 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

$R_{b,n}, R_{b,ser}$	- расчетные сопротивления кладки осевому сжатию для предельных состояний соответственно первой и второй групп;
$R_{bt}, R_{bt,ser}$	- расчетные сопротивления кладки осевому растяжению для предельных состояний соответственно первой и второй групп;
$E_b$	- начальный модуль упругости кладки при сжатии и растяжении;
$E_s$	- модуль упругости стальной арматуры;
$E_{f,n}, E_f$	- предельные относительные деформации кладки соответственно при равномерном осевом сжатии и осевом растяжении;
$R_{f,n}, R_f$	- нормативное и расчетное значения модуля упругости композитного материала;
$R_{fw}$	- нормативное и расчетное сопротивления растяжению композитного материала;
$R_{fw}$	- расчетное значение сопротивления композитного материала растяжению при расчете прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента;

## Геометрические характеристики

$b$	- ширина прямоугольного сечения; - ширина ребра таврового и двутаврового сечений;
$b_f, b'_f$	- ширина полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах;
$h$	- высота прямоугольного, таврового и двутаврового сечений;
$h_f, h'_f$	- высота полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах;
$s_w$	- расстояние между хомутами, измеренное по длине элемента;
$e_0$	- эксцентриситет продольной силы $N$ относительно центра тяжести приведенного сечения, определяемый с учетом указаний 4.2.6;
$e, e'$	- расстояния от точки приложения продольной силы $N$ до равнодействующей усилий в арматуре соответственно $S$ и $S'$ ;
$A$	- площадь всей кладки в поперечном сечении;
$A_b$	- площадь сечения кладки сжатой зоны;
$A_{bt}$	- площадь сечения кладки растянутой зоны;
$A_{red}$	- площадь приведенного сечения элемента;
$I_{red}$	- момент инерции приведенного сечения элемента относительно его центра тяжести;
$A_f$	- площадь сечения продольной арматуры из композитного материала;
$A_{fw}$	- площадь сечения поперечного хомута из композитного материала;
$W$	- момент сопротивления сечения элемента для крайнего растянутого волокна;
$h_{fw}$	- высота наклейки поперечного хомута из композитного материала.

---

**Ключевые слова:** каменные конструкции, усиление, композитные материалы, расчеты по прочности, по образованию трещин и по деформациям, конструктивные решения

---