Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации

Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и технической оценки соответствия в строительстве»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

# ПО УСИЛЕНИЮ КАМЕННОЙ КЛАДКИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ, ИНЪЕКЦИЕЙ РАСТВОРОМ

Москва 2019

gost.e-ecolog.ru

## Содержание


| | | |
|---|---|---|
| 1 | Область применения ..... | 1 |
| 2 | Нормативные ссылки..... | 1 |
| 3 | Термины и определения..... | 3 |
| 4 | Общие положения..... | 6 |
| 5 | Требования к инъекционным материалам..... | 10 |
| 6 | Требования к технологии производства работ..... | 15 |
| 6.1 | Состав работ..... | 15 |
| 6.2 | Инъекция раствора в кладку с отдельными деформационными трещинами..... | 16 |
| 6.3 | Инъекция раствора на участках сопряжения разнородных кладок в целях повышения монолитности..... | 22 |
| 6.4 | Инъекция раствора в расслоившуюся в плоскости стены кладку в целях повышения ее монолитности в сочетании с устройством косвенного армирования..... | 23 |
| 6.5 | Ремонт лицевого слоя в двухслойных стенах, выполненных с перевязкой слоев..... | 26 |
| 6.6 | Ремонт инъекцией кладки лицевого слоя на гибких связях несущих стен с трещинами от температурно-влажностных деформаций..... | 28 |
| 6.7 | Усиление кладки с отдельными силовыми трещинами..... | 30 |
| 6.8 | Инъекция раствора в кладку со скрытыми дефектами в целях повышения ее монолитности..... | 31 |
| 6.9 | Инъекция раствора в кладку с множественными силовыми трещинами в целях повышения ее монолитности и сопротивления сжатию..... | 32 |
| 6.10 | Особенности производства работ при усилении инъекцией исторической кладки..... | 35 |
| 6.11 | Особенности усиления кладки сводов..... | 38 |

6.12 Технологическое оборудование..... 40
6.13 Приготовление инъекционных растворов..... 45
6.14 Контроль качества инъекционных растворов..... 46
6.15 Контроль качества заполнения кладки инъекционным раствором..... 49
6.16 Техника безопасности при производстве работ..... 50
7 Оценка прочности и монолитности кладки, усиленной методом инъекции..... 53
Приложение А Составы инъекционных растворов, прошедшие экспериментальную проверку при испытании кладки на сжатие, а также рекомендуемые для восстановления монолитности исторической кладки..... 55
Приложение Б Методика экспериментальной проверки прочности на сжатие кладки, усиленной инъекцией раствора..... 58
Библиография..... 63

## Введение

Объектом настоящих методических указаний являются методы усиления каменной кладки инъекцией.

Настоящие методические указания предназначены для специалистов и руководителей проектно-изыскательских и строительных организаций, учреждений и служб заказчика (инвестора) и других заинтересованных организаций, в целях обеспечения их организационно-техническими материалами, регламентирующими методы расчета, конструктивные и технологические требования к восстановлению кладки стен и сводов, в том числе исторических зданий.

Настоящие методические указания разработаны в развитие положений пункта 6.12 СП 15.13330.2012, содержащего коэффициенты условий работы усиленной инъекцией кладки к расчетным сопротивлениям кладки сжатию, приведенным в таблицах 2–10 указанного свода правил.

Актуальность темы обоснована тем, что каменные конструкции занимают большой объем среди других конструкций зданий и сооружений, а в исторических зданиях являются основным типом конструкций.

Применение настоящих методических указаний позволит повысить надежность каменных конструкций стен и сводов за счет обоснованного выбора того или иного метода усиления кладки инъекцией раствора под давлением, назначения к расчетным сопротивлениям кладки сжатию коэффициентов условий работы усиленной инъекцией кладки.

Цели и задачи разработки настоящих методических указаний:

- разъяснение особенностей проектирования методов усиления каменных конструкций с применением инъекции раствора и расчета их по СП 15.13330 и СП 427.1325800;

- выработка указаний по области применения тех или иных способов инъектирования кладки с трещинами и без них;

- предоставление указаний по назначению расчетного сопротивления кладки, усиленной инъекцией, в зависимости от технического состояния

кладки и применяемого инъекционного раствора;

- развитие положений СП 15.13330.

В настоящих методических указаниях приведены основные принципы проектирования методов усиления каменной кладки, в том числе исторических зданий, методом инъекции.

При разработке были учтены данные, полученные научно-исследовательскими организациями в области усиления каменной кладки методом инъекции.

Методические указания разработаны авторским коллективом АО «НИЦ «Строительство» – ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (руководитель разработки – канд. техн. наук *М.К. Ищук* (разделы 1–7), канд. техн. наук *О.К. Гогуа* (приложения А, Б), *Е.М. Ищук* (приложения А, Б).

## 1 Область применения

1.1 Настоящие методические указания разработаны в развитие СП 15.13330 и СП 427.1325800.

1.2 Настоящие методические указания распространяются на метод усиления инъекцией каменных и армокаменных конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых в климатических условиях Российской Федерации.

1.3 Требования настоящих методических указаний не распространяются на методы усиления зданий и сооружений, возводимых в сейсмоопасных районах, а также мостов, труб и тоннелей, гидротехнических сооружений, тепловых агрегатов.

1.4 Настоящие методические указания устанавливают требования к методам усиления каменных и армокаменных конструкций, возведенных с применением керамического и силикатного кирпичей, керамических, силикатных, бетонных, природных камней и блоков.

1.5 В настоящих методических указаниях рассматриваются методы инъекции раствора под давлением в целях восстановления монолитности кладки и ее несущей способности.

Для кладки с силовыми трещинами рассматриваются виды усиления, позволяющие повысить в ряде случаев несущую способность кладки по сравнению с аналогичной кладкой без дефектов.

1.6 Применение тех или иных методов усиления кладки и составов инъекционных растворов, приведенных в настоящих методических указаниях для исторических зданий, требует согласования с органами по охране памятников истории и культуры.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящих методических указаниях использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 12.1.007–76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.011–89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация

ГОСТ 12.1.044–89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

ГОСТ 310.1–76 Цементы. Методы испытаний. Общие положения

ГОСТ 310.3–76 Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерность изменения объёма

ГОСТ 5802–86 Растворы строительные. Методы испытаний

ГОСТ 8736–2014 Песок для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 10178–85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия

ГОСТ 10587–84 Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные. Технические условия

ГОСТ 23732–2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия

ГОСТ 26798.1–96 Цементы тампонажные. Методы испытаний

ГОСТ 30459–2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности

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

ГОСТ 32047–2012 Кладка каменная. Метод испытания на сжатие

ГОСТ Р 58277–2018 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний

СП 15.13330.2012 «СНиП II-22-81* Каменные и армокаменные конструкции» (с изменениями № 1, № 2, № 3)

СП 327.1325800.2017 Стены наружные с лицевым кирпичным слоем. Правила проектирования, эксплуатации и ремонта

СП 427.1325800.2018 Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления

Примечание – При пользовании настоящими методическими указаниями целесообразно проверить действие ссылочных документов 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 заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящих методических указаний в ссылочный 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 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 целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

## 3 Термины и определения

В настоящих методических указаниях применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **водоудерживающая способность:** Свойство раствора удерживать воду при укладке его на пористое основание.

3.2 **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 **время гелеобразования раствора:** Время потери подвижности инъекционных растворов на основе полимерных смол.

3.4 **высолы:** Водорастворимые соли, выходящие на поверхности кладки при контакте с влагой.

3.5 **вычинка:** Восстановление кладки на участках ее разрушения новой кладкой с перевязкой со старой.

3.6 **вязкость:** Свойство жидкости сопротивляться внешнему воздействию благодаря внутреннему трению, возникающему между слоями.

3.7 **забутовка:** Внутренний слой стены, заполненный кладкой после выполнения наружных слоев.

3.8 **инъектор:** Приспособление, устанавливаемое в кладку или на ее поверхности и используемое для подачи через него инъекционного раствора в тело кладки.

3.9 **инъекционный раствор:** Раствор, подаваемый под давлением в тело кладки, представляющий из себя твердеющую во времени смесь минерального вяжущего вещества и воды, полимерной смолы с отвердителями.

3.10 **инъекция:** Усиление кладки с помощью подачи инъекционного раствора в кладку под давлением.

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

3.12 **касательное сцепление:** Свойство инъекционного раствора сопротивляться срезу по контакту с поверхностью камня.

3.13 **кирпич, камни и блоки:** Полнотелые и пустотелые кладочные изделия, удовлетворяющие требованиям соответствующих нормативных документов.

3.14 **кладочный раствор:** Раствор, на котором ведется кладка.

3.15 **косвенное армирование:** Введение в тело кладки отдельных арматурных стержней.

3.16 **ложковый кирпич (камень):** Кирпич (камень), уложенный вдоль поверхности стены, свода.

3.17 **множественные силовые трещины:** Трещины, возникшие преимущественно от силовых воздействий и находящиеся на расстоянии друг от друга не более 25 см.

3.18 **набетонка:** Усиление каменной кладки железобетонной стенкой, расположенной с одной стороны стены.

3.19 **неперевязанное сечение кладки:** Сечение, проходящее по растворному шву, не пересекающее камни (в стенах горизонтальное сечение).

3.20 **нормальное сцепление инъекционного раствора с камнем:** Свойство раствора сопротивляться отрыву от камня при приложении усилия перпендикулярно поверхности камня.

3.21 **обоймы:** Конструкции, препятствующие поперечному расширению кладки при ее сжатии и способствующие повышению ее несущей способности.

3.22 **отдельные трещины:** Трещины, возникшие преимущественно от деформационных воздействий – неравномерных осадок фундаментов, температурно-влажностных деформаций, разности деформаций разнозагруженных участков стен и т. п.

3.23 **пакер:** Инъектор, устанавливаемый в пробуренные в кладке отверстия или трещины или закрепляемый на поверхности (накладной пакер).

3.24 **патрубок:** Инъектор, выполненный в виде стальной или пластмассовой трубки диаметром от ½ до ¾ дюйма, вставляемый в пробуренное в кладке отверстие или в трещину и применяемый преимущественно при сочетании инъекции с косвенным армированием.

3.25 **перевязанное сечение кладки:** Сечение, проходящее по камням и растворным швам перпендикулярно плоскости неперевязанного сечения (в стенах – вертикальное сечение).

3.26 **пластырь:** Герметизирующий состав, наносимый на поверхность кладки в целях исключения вытекания из нее инъекционного раствора.

3.27 **площадная инъекция:** Инъекция через равномерно распределенные по поверхности участка стены или свода отверстия в целях восстановления монолитности кладки.

3.28 **расслоение кладки:** Разделение кладки стены на отдельные, не связанные между собой перевязкой слои вследствие среза тычковых перевязочных кирпичей или отсутствия перевязки вследствие нарушения технологии кладки.

3.29 **растекаемость инъекционного раствора:** Свойство раствора распространяться по твердой поверхности.

3.30 **сердечник:** Усиление кладки железобетонной или стальной стойкой, располагаемой в теле кладки.

3.31 **срок годности (жизнеспособность) раствора:** Способность растворной смеси сохранять все необходимые свойства в течение определенного времени с момента изготовления до ее применения.

3.32 **сроки схватывания раствора:** Период времени с начала потери подвижности до полного затвердевания раствора на минеральных вяжущих.

3.33 **тычковый перевязочный кирпич (камень):** Кирпич (камень), уложенный перпендикулярно поверхности кладки и служащий для перевязки слоев стены, свода.

3.34 **усиление каменной конструкции:** Комплекс конструктивных мероприятий и технологических работ, направленных на восстановление или повышение несущей способности и эксплуатационных свойств конструкции.

3.35 **условная вязкость инъекционного раствора:** Величина, косвенно характеризующая внутреннее трение инъекционного раствора по времени истечения через калиброванное отверстие под действием сил гравитации.

## 4 Общие положения

4.1 Восстановление и усиление каменных конструкций следует проводить на основе результатов обследования их технического состояния в соответствии с ГОСТ 31937.

4.2 Поверочные расчеты подлежащих восстановлению и усилению конструкций следует проводить в соответствии с СП 427.1325800.

4.3 На основе анализа результатов обследования и, при необходимости, поверочных расчетов проверяют несущую способность конструкций (предельное состояние первой группы) и пригодность к нормальной эксплуатации (предельное состояние второй группы).

4.4 Для конструкций, не удовлетворяющих требованиям поверочных расчетов по второй группе предельных состояний, допускают не предусматривать их усиление, если это не препятствует нормальной эксплуатации.

4.5 Материалы, применяемые для инъекции кладки, должны обеспечивать требуемую несущую способность, долговечность, теплотехнические характеристики конструкций и температурно-влажностный режим, пожаробезопасность в соответствии с [1].

4.6 Раствор для инъекции выбирают в зависимости от технического состояния кладки (ширины раскрытия трещин, расслоения кладки и др.), материала кладки, наличия ограничений со стороны органов охраны исторических зданий и сооружений.

4.7 При проектировании методов усиления кладки инъекцией следует предусматривать мероприятия, обеспечивающие возможность их применения в зимних условиях.

4.8 Конструктивное исполнение строительных элементов не должно быть причиной скрытого распространения горения по зданию, сооружению, строению.

4.9 Метод инъекции состоит в нагнетании под давлением инъекционного раствора в трещины и пустоты в кладке.

Методы заполнения без давления инъекционным раствором трещин и пустот, пропитки материалов кладки гидрофобными составами в настоящих методических указаниях не рассматриваются.

4.10 При наличии в кладке скрытых дефектов целесообразность выполнения инъекции устанавливают при опытной инъекции кладки в соответствии с 6.8.

4.11 В кладке с трещинами проникание инъекционного раствора тем больше, чем большее количество трещин расположено на единицу площади стены и чем больше ширина их раскрытия и глубина.

Прониканию инъекционного раствора в значительной степени способствует расслоение кладки в плоскости стены, наличие участков с разнородной кладкой, участков ремонта с вычинкой и т. п.

Наилучший эффект достигается в случае кладки с низкой прочностью кладочного раствора [2], [3].

4.12 Методы усиления и восстановления монолитности кладки выбираются на этапе проектирования объекта на основании технического обследования с учетом возможного развития деформаций и других дефектов в кладке.

Инъекцию кладки с трещинами целесообразно проводить после стабилизации процесса развития трещин и устранения причин, их вызывающих.

Это относится как к деформациям, вызванным неравномерными осадками фундаментов, неодинаковыми деформациями участков стен с различным уровнем их нагружения и т. п., так и к носящим преимущественно циклический характер температурно-влажностным деформациям.

В ряде случаев применение метода инъекции целесообразно сочетать с другими методами усиления, такими, как устройство косвенного армирования, обойм, сердечников, набетонок и т. п. При необходимости выполняют противоаварийные мероприятия.

4.13 В настоящих методических указаниях рассмотрены следующие варианты усиления кирпичной кладки:

- инъекция раствора в кладку с отдельными (одиночными) трещинами в целях повышения ее монолитности (6.2);

- инъекция раствора на участках сопряжения разнородных кладок в целях повышения их монолитности (6.3);

- инъекция раствора в расслоившуюся в плоскости стены кладку в целях повышения ее монолитности в сочетании с устройством косвенного армирования (6.4);

- инъекция раствора в кладку со скрытыми дефектами в целях повышения ее монолитности (6.5);

- инъекция раствора в кладку с множественными силовыми трещинами в целях повышения ее монолитности и сопротивления сжатию (6.6).

4.14 Принимаемое в настоящих методических указаниях косвенное армирование кладки следует рассматривать, как конструктивное мероприятие, повышающее монолитность кладки, и при расчете по несущей способности кладки на сжатие, в том числе местное, не учитывается.

Повышение несущей способности кладки с помощью устройства косвенного армирования предполагает выполнение специальных требований, которые в настоящих методических указаниях не рассматриваются [4].

4.15 При расчете на сжатие (центральное, внецентренное, косое, местное) конструкций из каменной кладки, усиленной методом инъекции раствора под давлением, следует пользоваться соответствующими формулами, приведенными в СП 15.13330, с подстановкой в них коэффициентов условий работы кладки $m$.

Коэффициенты $m$ показывают увеличение прочности сжатию усиленной методом инъекции кладки с множественными силовыми трещинами по сравнению с такой же кладкой без дефектов:

$$R_{reinf} = m \cdot R, \qquad (1)$$

где $R_{reinf}$ – расчетное сопротивление сжатию кладки, имевшей множественные силовые трещины и усиленной инъекцией раствора;

$R$ – расчетное сопротивление сжатию кладки без дефектов, определяемое по СП 15.13330.

Коэффициенты $m$, большие единицы, применяют только к кладке, имевшей до усиления множественные силовые трещины (см. 6.9) и усиленной с соблюдением всех требований по технологии производства работ и составам инъекционных растворов.

В остальных случаях, приведенных в 6.2–6.8, коэффициент $m$ принимают равным единице при условии соблюдения требований по технологии про-

изводства работ и составам инъекционных растворов.

Коэффициенты $m$ получены из сравнительных испытаний усиленных и неусиленных образцов кладки (столбов) на центральное, внецентренное и местное сжатие и приведены в разделе 7.

4.16 Для неусиленной кладки, имеющей дефекты, в том числе множественные силовые трещины, расчет проводят в соответствии с СП 427.1325800 по формуле

$$N \leq N_f, \tag{2}$$

где $N$ – расчетное усилие;

$N_f$ – фактическая несущая способность конструкции с учетом имеющихся в ней дефектов, определяемая по формуле

$$N_f = k_{mc} \cdot N_c, \tag{3}$$

здесь $N_c$ – расчетная несущая способность конструкций, определяемая в соответствии с СП 15.13330 без учета понижающих факторов (коэффициентов $k_{mc}$) подстановкой в соответствующие расчетные формулы фактических значений прочности (марок) материалов, площади сечения кладки, арматуры и т. п.;

$k_{mc}$ – коэффициент технического состояния конструкций, учитывающий снижение несущей способности каменных конструкций при наличии дефектов, трещин, повреждений, при увлажнении материалов и т. п., принимаемый по СП 427.1325800.

## 5 Требования к инъекционным материалам

5.1 Растворы для инъекции делятся на две основные группы:

- жидкости;

- суспензии (стабильные и нестабильные).

К жидкостям, применяемым при инъекции кладки под давлением, относят в первую очередь растворы синтетических смол с вязкостью, близкой 1 сПз и менее при температуре плюс 20 °С [5].

5.2 Вид раствора определяется материалом, на основе которого его приготовляют, состав – различными компонентами, добавками, улучшающими и регулирующими свойства раствора.

5.3 Составы инъекционных растворов подбирают в соответствии с 6.2–6.11 в зависимости от вида решаемой задачи. Они могут различаться в пределах одного участка кладки в зависимости от технического состояния кладки, наличия трещин, их длины и ширины раскрытия и т. п.

Составы растворов следует подбирать в зависимости от вида кладочных материалов (кирпича, камня, раствора), прочности кладки на сжатие и растяжение по перевязанному и неперевязанному сечениям, модулю упругости кладки в соответствии с 5.7–5.10.

5.4 Свойства инъекционных растворов регулируют соотношением исходных компонентов, добавками инертных и активных минеральных и химических добавок в соответствии с ГОСТ 30459.

5.5 Составы инъекционных растворов корректируют после проведения лабораторных исследований в соответствии с 6.14 и опытных инъекций в производственных условиях в соответствии с 6.8.

5.6 Для инъекции кладки рекомендуются следующие виды прошедших экспериментальную проверку при испытании усиленной кладки инъекционных растворов, состав и тип которых подбирают в зависимости от вида решаемой задачи и технического состояния кладки:

- цементные (беспесчаные);
- цементно-песчаные с включением минеральных добавок (молотого кирпича, известняка и т. д.);
- полимерцементные;
- полимерные на основе эпоксидных, фурановых смол;
- смешанные на основе извести и цемента.

Рекомендуемые составы прошедших экспериментальную проверку инъекционных растворов приведены в приложении А.

5.7 Деформационные и прочностные характеристики инъекционных растворов подбирают с учетом деформационных характеристик усиливаемой кладки в соответствии с 5.8 с учетом характера дефектов в соответствии с 6.2–6.8.

5.8 Основной деформационной характеристикой инъекционного раствора и кладки служит их модуль упругости.

Модуль упругости инъекционного раствора следует принимать ниже модуля упругости кладки. Применение излишне жестких инъекционных растворов может привести в ряде случаев к раскалыванию кладки, работающей на сжатие, или раскрытию по старым трещинам в случае развития деформаций конструкции.

Модуль упругости $E_{m,inj}$ цементных, известково-цементных и полимер-цементных инъекционных растворов следует принимать по формуле

$$E_{m,inj} = \alpha_{m,inj} \cdot R_{m,inj}, \quad (4)$$

где $\alpha_{m,inj}$ – упругая характеристика инъекционного раствора, принимаемая равной 2000 [6];

$R_{m,inj}$ – прочность инъекционного раствора на сжатие, определяемая по испытаниям кубов габаритами 3 × 3 × 3 см в соответствии с 6.14.7.

Модуль упругости кладки $E$ следует принимать по формуле

$$E = \alpha \cdot \beta \cdot \eta \cdot R, \quad (5)$$

где $\alpha$ – упругая характеристика кладки, зависящая от вида кирпича (камня) и прочности раствора, принимаемая по СП 15.13330;

β – коэффициент для кладки, выполненной на известковых и известково-цементных растворах, принимаемый равным 0,8 при содержании извести не менее 50 % по объему и 1,0 при меньшем количестве извести;

η – коэффициент, учитывающий снижение модуля упругости кладки на участках ее восстановления новой кладкой, за счет неполного включения этой кладки в работу:

η = 0,5 при усилении кладки стены, находящейся под нагрузкой, составляющей не менее 50 % расчетной;

η = 0,9 при усилении кладки стены, находящейся под нагрузкой, составляющей более 50 % расчетной.

Модуль упругости полимеров устанавливают по паспорту на материал, представляемому предприятием-изготовителем, либо по результатам испытаний растворных кубов или призм в соответствии с ГОСТ 5802.

5.9 Одним из основных показателей является способность кладки работать на растяжение, что требует применения инъекционных растворов с высокой адгезией к кладочным материалам.

Расчетные значения прочности нормального сцепления инъекционного раствора $R_{t,n,inj}$ принимают с понижающим коэффициентом, равным 2,25:

$$R_{t,n,inj} = R_{t,n,inj,ult} / 2{,}25, \qquad (6)$$

где $R_{t,n,inj,ult}$ – значение прочности нормального сцепления, полученное как среднее значение испытаний пяти образцов в соответствии с 6.14.8.

5.10 При инъекции силовых трещин в соответствии с 6.7 и 6.8 прочность нормального сцепления инъекционного раствора с камнем $R_{t,n,inj}$ должна быть не ниже приведенных в СП 15.13330 соответствующих значений расчетных сопротивлений кладки растяжению по перевязанному сечению $R_t$:

$$R_{t,n,inj} \geq R_t. \qquad (7)$$

При инъекции отдельных деформационных трещин в соответствии с 6.2–6.6 прочность нормального сцепления инъекционного раствора с камнем должна быть не менее временного сопротивления прочности кладки на растяжение как по перевязанному, так и по неперевязанному сечению, определяемой по формуле

$$R_{t,n,inj} \geq R_{t,n,inj,ult}. \quad (8)$$

5.11 Подвижность растворов на основе минеральных вяжущих составляет от 18 до 24 см, а на основе тонкодисперсных цементов с полимерными добавками – до 40 см.

5.12 Инъекционные растворы должны обладать водоотделением от 2 % до 10 %.

5.13 Полимерцементные инъекционные растворы рекомендуется изготовлять на основе тонкодисперсных цементов и полимерных добавок, обеспечивающих их требуемую подвижность, водоудерживающую способность, время схватывания и т. д., подбираемых в соответствии с ГОСТ 30459.

В качестве полимерных составов рекомендуется применять двухкомпонентную эпоксидную смолу. Обладая высокой прочностью при сжатии и растяжении, хорошей адгезией с кладочными материалами, эпоксидная смола имеет относительно невысокий модуль упругости, что обеспечивает ей совместную работу с кладкой при различных видах силовых и деформационных воздействий.

5.14 Для усиления кладки с силовыми трещинами рекомендуются инъекционные растворы, прошедшие экспериментальную проверку (приложение А) на образцах, изготовленных в виде столбов в соответствии с ГОСТ 32047–2012. Для этих инъекционных растворов коэффициент условий работы $m$ принимают по разделу 7. Методика проведения испытаний приведена в приложении Б.

Не проходившие экспериментальную проверку инъекционные растворы испытывают на образцах из кирпича и раствора с близкими прочностными и деформационными характеристиками кирпича и кладочного раствора в

усиливаемой кладке по приведенной в приложении Б методике. Инъекцию кладки с несиловыми трещинами допускается выполнять растворами, состав которых подбирают в соответствии с требованиями настоящего раздела и раздела 6.

## 6 Требования к технологии производства работ

### 6.1 Состав работ

6.1.1 Технология производства работ включает:

- подготовительные мероприятия;
- приготовление и нагнетание инъекционного раствора;
- пооперационный контроль на всех этапах работ.

Подготовительные мероприятия включают:

- определение места расположения скважин (отверстий);
- бурение скважин (отверстий);
- очистку поверхности кладки, трещин, пробуренных отверстий;
- установку инъекторов (инъекционных патрубков, пакеров);
- заделку трещин;
- устройство, при необходимости, временных креплений для обеспечения устойчивости конструкций и разделенных трещинами частей кладки в период нагнетания инъекционного раствора под давлением;
- тампонаж отверстий, пустот, трещин и т. п., через которые возможно нежелательное проникание инъекционного раствора на другие участки стен и помещения.

6.1.2 Приготовление инъекционного раствора зависит от его состава и технологии его нагнетания в кладку, которые, в свою очередь, зависят от материала кладки, ее технического состояния.

6.1.3 Рекомендации по технологии проведения работ по усилению инъекцией кладки с различными видами дефектов приведены в 6.2–6.11.

**6.2 Инъекция раствора в кладку с отдельными деформационными трещинами**

6.2.1 Деформационные трещины могут возникать по разным причинам, среди которых наиболее распространенными являются трещины от неравномерной осадки фундаментов вследствие разности вертикальных деформаций кладки разнозагруженных стен, температурно-влажностных деформаций, прогиба перекрытий, деформаций каркаса.

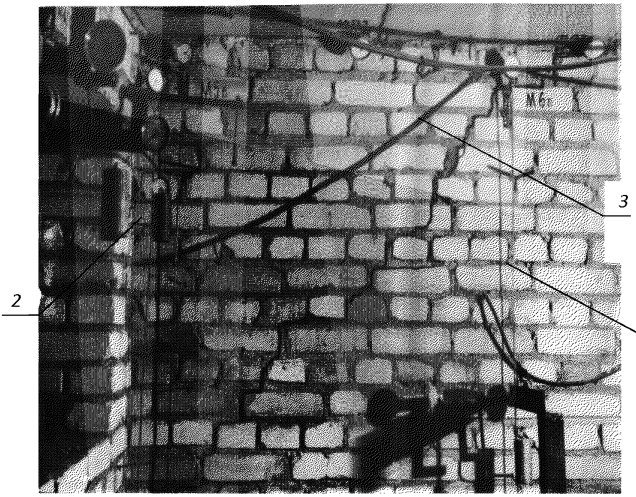
6.2.2 Ремонт кладки с деформационными трещинами с применением метода инъекции проводят после стабилизации их ширины раскрытия и устранения причин, их вызывающих. В противном случае возможны раскрытие старых и образование новых трещин.

При необходимости выполняют противоаварийные мероприятия, которые могут быть как временными, так и постоянными.

6.2.3 Деформационные трещины вследствие неравномерной осадки фундаментов (рисунки 1, 2) являются сквозными.



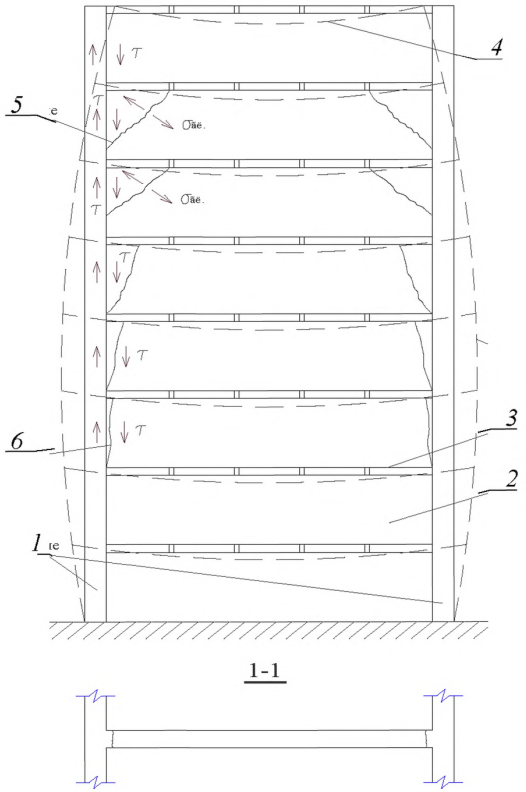
*Рисунок 1* – **Пример кладки с отдельными деформационными трещинами, проходящими по проему в стене и возникшими вследствие неравномерной осадки фундаментов**




*1* – внутренняя стена; *2* – наружная стена; *3* – отдельная наклонная трещина

***Рисунок 2* – Пример кладки с отдельными деформационными трещинами, возникшими при испытании на неравномерную осадку основания на пересечении наружной и внутренней стен**

6.2.4 Деформационные трещины вследствие разности вертикальных деформаций совместно работающих стен или их отдельных участков (рисунок 3) могут протекать в течение первых нескольких лет после приложения всех нагрузок вследствие развития деформаций ползучести.




*1* – наружные продольные стены; *2* – внутренние поперечные стены; *3* – сборные железобетонные плиты перекрытий; *4* – эпюра перемещений стен; *5* – наклонная трещина вследствие действия главных растягивающих напряжений; *6* – вертикальная трещина вследствие действия касательных напряжений

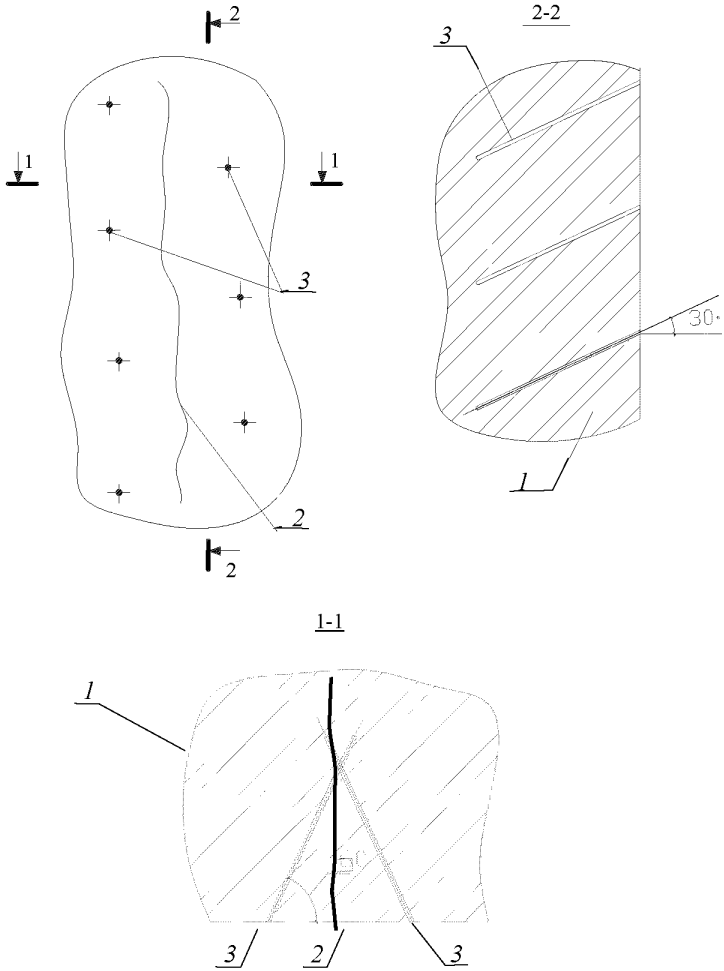
***Рисунок 3*** **– Пример возникновения отдельных наклонных и вертикальных трещин в кладке разнодеформируемых стен**

6.2.5 Отверстия для подачи инъекционного раствора располагают по обеим сторонам трещины с шагом не более 50 см между отверстиями, расположенными на одной стороне от трещины (рисунок 4).

Отверстия выполняют под углом 30° к вертикали. По горизонтали угол наклона отверстий к поверхности стены одного ряда составляет 45°, а смежных с ним рядов – 135°.

Устья отверстий рекомендуется располагать на пересечениях вертикальных и горизонтальных швов в целях нанесения меньших повреждений кирпичам. Расстояния устьев отверстий от трещины принимают от 12 до 25 см.

Диаметр отверстий принимают от 12 до 14 мм.




*1* – кладка; *2* – деформационная трещина в кладке; *3* – отверстия в кладке для подачи инъекционного раствора

***Рисунок 4* – Схема устройства отверстий для подачи инъекционного раствора в кладке с отдельной деформационной трещиной**

6.2.6 Трещины в кладке и пробуренные отверстия тщательно продувают сжатым воздухом под давлением 0,1–0,2 МПа или промывают водой.

6.2.7 В отверстия вставляют патрубки.

6.2.8 Поверхность кладки с трещинами и пустыми швами предварительно затирают штукатурным раствором, состав которого, при необходимости, согласовывают со специалистами по реставрации.

6.2.9 Инъекционный раствор подают под давлением от 0,2 до 0,6 МПа. Давление инъекционного раствора выбирают в зависимости от технического состояния кладки и определяют путем проб на отдельных участках. Выбирают максимально возможное давление.

6.2.10 Подачу инъекционного раствора начинают с нижних отверстий. После его появления в вышерасположенных отверстиях нижнее заглушают, и патрубок переставляется выше.

6.2.11 Одновременно с инъекцией рекомендуется выполнять косвенное армирование кладки [4] стержнями периодического профиля диаметром 6–10 мм из стали или композитных материалов, устанавливаемых в пробуренные в кладке отверстия. Допускается применение стальных шпилек с резьбой.

Стержни (шпильки) заводят на всю глубину отверстия. После их установки в те же отверстия вставляют инъекторы, через которые подается инъекционный раствор.

6.2.12 В случаях, когда требуется максимально сохранить отделочные слои, устья отверстий следует располагать непосредственно на трещине.

При ширине раскрытия трещин до 5–10 мм допускается использование накладных пакеров (6.12.6).

6.2.13 Для инъекции трещины рекомендуется применение цементных и полимерцементных инъекционных растворов, прошедших экспериментальную проверку в соответствии с приложением А и с соблюдением требований раздела 7.

В особо ответственных случаях допускается применение эпоксидной смолы.

Для исторической кладки при ограничении на применение цементных и полимерных инъекционных растворов допускается применение инъекционного раствора на основе гидравлической извести с минеральными добавками в сочетании с косвенным армированием.

6.2.14 Расчетное сопротивление сжатию кладки, имеющей отдельные трещины, расположенные на расстоянии друг от друга более 25 см, и усиленной инъекцией по описанному выше методу с соблюдением требований по составу инъекционных растворов, принимают по СП 15.13330.

### 6.3 Инъекция раствора на участках сопряжения разнородных кладок в целях повышения монолитности

6.3.1 Настоящий раздел относится к участкам стен, на которых произведена закладка проемов, ниш, а также выполнен ремонт с восстановлением утраченных фрагментов кладки новой кладкой.

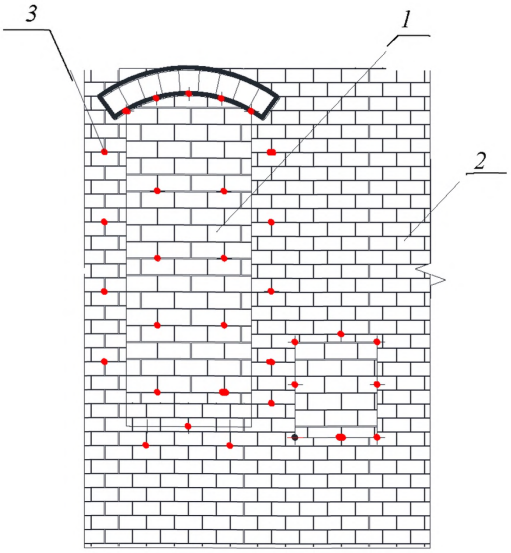
6.3.2 Отверстия для подачи инъекционного раствора располагают по обеим сторонам шва, разделяющего разнородные кладки на участках их ремонта с вычинкой [7], закладкой проемов, ниш.

Шаг отверстий принимают не более 50 см между отверстиями, расположенными на одной стороне от шва (рисунок 5).

На участках стен, где в процессе реконструкции в целях большей сохранности закладка проемов, ниш выполнена без перевязки старой и новой кладок, инъекцию швов, разделяющих более старую и новую кладки, допускается выполнять через пробуренные по швам кладки отверстия.

В остальном технология работ и составы инъекционных растворов идентичны приведенным в 6.2 для усиления кладки с отдельными деформационными трещинами.

Работы по инъекции рекомендуется сочетать с выполнением косвенного армирования в соответствии с 6.2.11.




*1* – закладка проема новой кладкой; *2* – старая кладка; *3* – отверстия для подачи инъекционного раствора и установки косвенного армирования

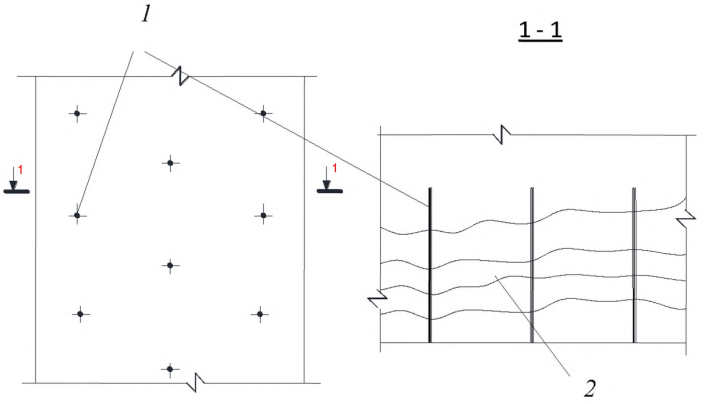
***Рисунок 5* – Схема устройства отверстий для подачи инъекционного раствора на участках ремонта и закладки проемов**

**6.4 Инъекция раствора в расслоившуюся в плоскости стены кладку в целях повышения ее монолитности в сочетании с устройством косвенного армирования**

6.4.1 Настоящий раздел относится к участкам стен с расслоившейся в плоскости стены кладкой.

6.4.2 Места расположения скважин назначают в шахматном порядке с шагом примерно 25 см по вертикали и 25 см по горизонтали (рисунок 6). Устья отверстий предпочтительно располагать на пересечениях вертикальных и горизонтальных швов.

Отверстия выполняют под углом 45° к вертикали. По горизонтали угол наклона отверстий к поверхности стены одного ряда составляет 45°, а смежных с ним рядов – 135°.




*1* – отверстия в кладке с установленными в них шпильками косвенного армирования; *2* – расслоившаяся кладка

***Рисунок 6* – Схема устройства отверстий для подачи инъекционного раствора в расслоившейся кладке**

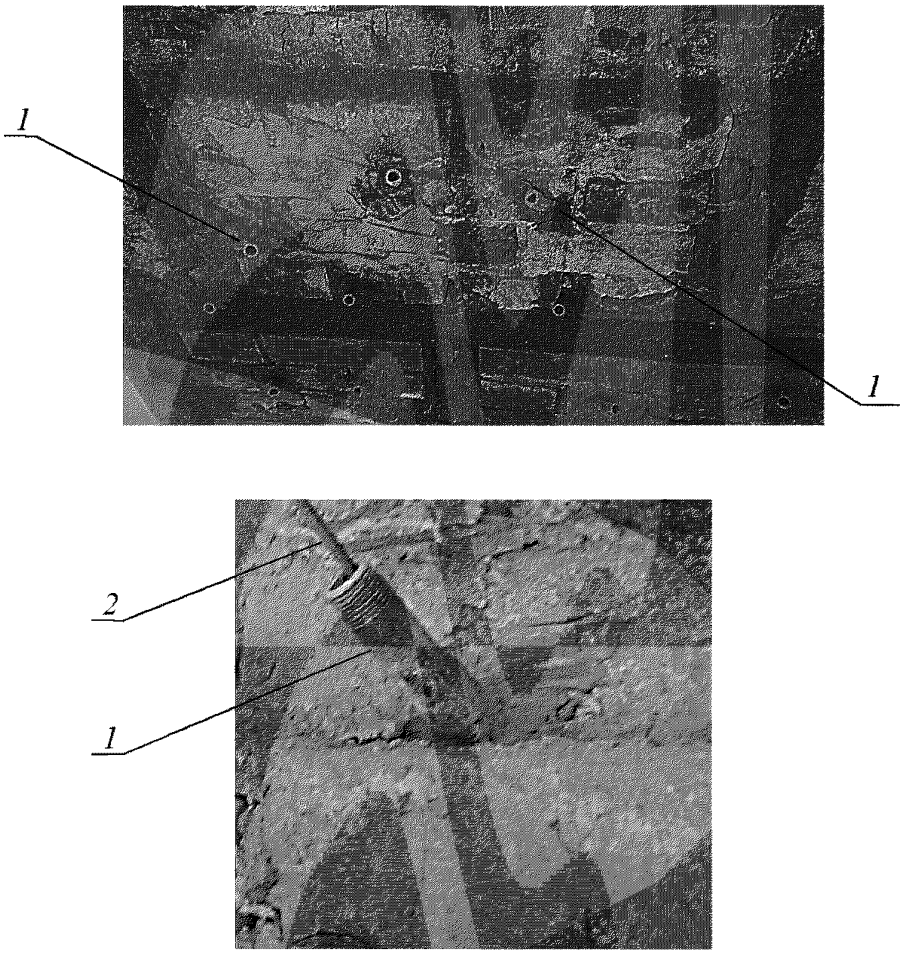
6.4.3 Одновременно с инъекцией в обязательном порядке выполняют косвенное армирование кладки. Армирование осуществляют стержнями периодического профиля диаметром 6–10 мм из стали или композиционных материалов, устанавливаемых в пробуренные в кладке отверстия. Допускается применение стальных шпилек с резьбой (рисунок 7).

Стержни (шпильки) заводят на всю глубину отверстия. После их установки в те же отверстия вставляют патрубки, через которые подается инъекционный раствор.

В остальном технология работ и составы инъекционных растворов идентичны приведенным в 6.2 для усиления кладки с одиночными трещинами.

6.4.4 Расчетное сопротивление сжатию расслоившейся кладки, усиленной инъекцией по описанному выше методу с соблюдением требований по

составам инъекционных растворов в соответствии с приложением А и разделом 5, принимают по СП 15.13330.



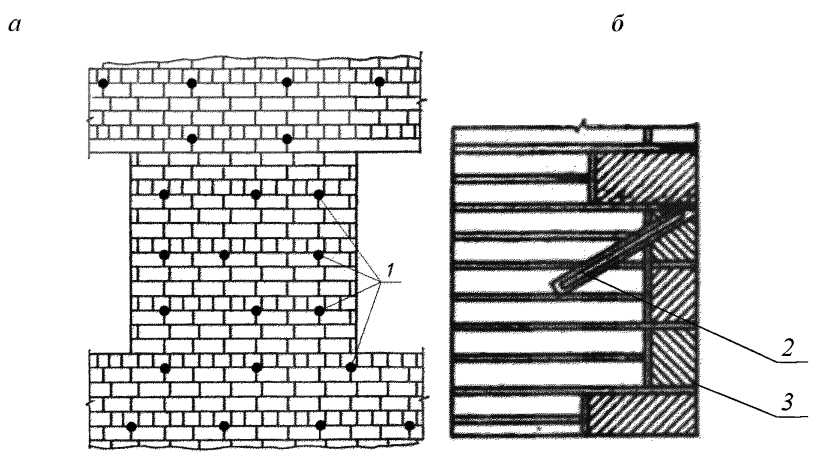

*1* – инъекторы из стального патрубка диаметром 1/2"; *2* – устанавливаемые в отверстия стальные шпильки

***Рисунок 7* – Схема устройства косвенного армирования стальными шпильками с одновременной инъекцией расслоившейся кладки**

### 6.5 Ремонт лицевого слоя в двухслойных стенах, выполненных с перевязкой слоев

6.5.1 Крепление вновь выполненного лицевого слоя взамен утраченного выполняют связями из стальных стержней диаметром 10–12 мм периодического профиля (рисунок 8). Для связей допускается использование стальных шпилек. Отверстия для связей длиной 350–400 мм под углом 30° к горизонтали выбуривают ручным электрифицированным инструментом. Шаг связей составляет 60–80 см по горизонтали и вертикали.

6.5.2 Отверстия рекомендуется устраивать в местах пересечений горизонтального шва с вертикальным. Вариант примерного расположения стальных связей для крепления облицовки приведен на рисунке 8.




*а* – схема устройства отверстий для подачи инъекционного раствора; *б* – установка шпилек (косвенного армирования); *1* – отверстия в кладке для инъекции и установки в них стальных шпилек; *2* – стальная связь; *3* – отслоившаяся или вновь выполненная облицовка

***Рисунок 8* – Крепление поврежденной облицовки к стене**

6.5.3 Отверстия тщательно очищают от пыли и шлама водой или воздухом.

6.5.4 Крепление кладки лицевого слоя, отслоившегося в результате среза перевязочных кирпичей на величину до 20 мм и при перенапряжении кладки (без учета лицевого слоя) не более, чем на 20 %, рекомендуется производить в сочетании с инъекцией аналогично приведенным в 6.2 указаниям.

В отверстия устанавливают стальные связи и патрубки, через которые под давлением подается инъекционный раствор. Давление регулируют в зависимости от технического состояния кладки и возможности ее выпучивания в пределах от 0,1 до 0,6 МПа.

6.5.5 В случае опасности выпучивания кладки при нагнетании инъекционного раствора рекомендуется выполнять работы в такой последовательности.

Первоначально отверстия заполняют инъекционным раствором с подвижностью, определяемой осадкой стандартного конуса 8–10 см по ГОСТ 5802 с помощью шприца с насаженным на него гибким патрубком. При заполнении отверстия необходимо следить за тем, чтобы по мере заполнения отверстия в нем не оставалось воздуха.

После заполнения части отверстия инъекционным раствором в него ввинчивают стальную шпильку, выдавливающую инъекционный раствор до тех пор, пока он не окажется на поверхности.

После набора инъекционным раствором требуемой прочности выполняют инъекцию кладки на участках ее расслоения через вновь пробуренные отверстия, располагаемые между отверстиями первого этапа.

6.5.6 Составы инъекционных растворов принимают идентичными приведенным в 6.2 для усиления кладки с одиночными трещинами.

6.5.7 Расчет усиленной кладки на различные виды воздействий проводят в соответствии с СП 15.13330. При этом кладку рассматривают как двухслойную – с жесткими связями для случая выполнения перевязки вновь вы-

полненной кладки со старой в соответствии с требованиями СП 15.13330 по перевязке и с гибкими в противном случае.

Расчетное сопротивление кладки сжатию принимают в соответствии с СП 15.13330.

Модуль упругости кладки на участках с заменой старой кладки новой принимают с учетом степени включения новой кладки в работу по 5.8.

### 6.6 Ремонт инъекцией кладки лицевого слоя на гибких связях несущих стен с трещинами от температурно-влажностных деформаций

6.6.1 Основной причиной возникновения трещин в кладке лицевого слоя от температурно-влажностных деформаций является отсутствие или большое расстояние между вертикальными деформационными швами.

Усиление таких трещин без устройства дополнительных деформационных швов вызовет их раскрытие или появление новых трещин рядом с усиленными.

6.6.2 Усиление температурно-влажностных трещин, образовавшихся на углах стен (рисунок 9, *а*), является нецелесообразным ввиду возможности их дальнейшего раскрытия. В этом случае рекомендуется устройство на углу вертикального деформационного шва.

Ремонт температурно-влажностных трещин, отстоящих от угла (рисунок 9, *б*), следует проводить после устройства в достаточном количестве вертикальных деформационных швов, расстояния между которыми определяются в соответствии с СП 15.13330 и СП 327.1325800.

Новые деформационные швы по возможности следует совмещать с существующими вертикальными трещинами.

6.6.3 Кладку на участках ремонта с вычинкой рекомендуется усилить с инъекций раствора в сочетании с косвенным армированием в соответствии с 6.2.

Инъекцию рекомендуется проводить полимерцементным инъекционным раствором подвижностью не более 20 см при давлении не более 0,1 МПа.

*а* *б*



***Рисунок 9* – Трещины в кладке лицевого слоя, возникшие от температурно-влажностных деформаций на углу здания (*а*) и на удалении от угла здания (*б*)**

6.6.4 Кладку на участках с трещинами, удаленными от углов стен, рекомендуется усилить с инъекций раствора.

6.6.5 Учитывая циклический характер температурно-влажностных деформаций рекомендуется выполнить инъекцию трещин низкомодульными составами, обладающими в то же время достаточной адгезией с кладкой. К таким составам относят некоторые инъекционные растворы на основе полиуретана. После твердения инъекционного раствора следует выполнить расшивку трещин и заполнить ее поверх инъекционного раствора мастикой, препятствующей отрицательному воздействию солнечных лучей.

6.6.6 При толщине кладки лицевого слоя 12 см и менее, отделенного от внутреннего слоя воздушным зазором и слоем утеплителя, инъекцию следует проводить составами на основе полиуретановых смол подвижностью не менее 10 сПз при давлении не выше 0,1 МПа.

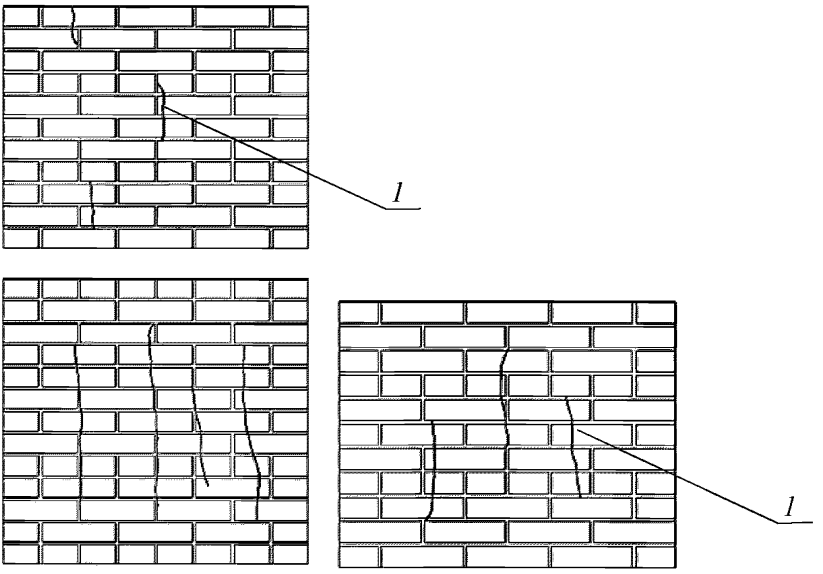
6.6.7 Отверстия для установки инъекторов назначают на трещинах по возможности на пересечении вертикальных и растворных швов. При ширине

раскрытия трещин менее 8–10 мм в качестве инъекторов рекомендуются накладные пакеры (6.12.6).

6.6.8 Косвенное армирование кладки на участках с трещинами рекомендуется выполнять стальными спиралевидными шпильками, арматурой из базальто- или стеклопластика, обладающих более низкими модулями упругости по сравнению со стальной арматурой или стальными шпильками.

### 6.7 Усиление кладки с отдельными силовыми трещинами

6.7.1 Усиление кладки с отдельными силовыми трещинами (рисунок 10) методом инъекции проводят для восстановления монолитности кладки.




*а* – длиной 15–18 см; *б* – через 25–30 см длиной 30–35 см;

*в* – через 20–25 см длиной 60–65 см;

*1* – отдельные силовые трещины

***Рисунок 10*** **– Примеры кладки с отдельными силовыми трещинами**

6.7.2 Технология усиления кладки с отдельными силовыми трещинами аналогична принятой в 6.2 для усиления деформационных трещин. Основное

отличие состоит в том, что давление инъекционного раствора должно составлять не менее 0,6 МПа.

Прочность кладки на растяжение принимается по 5.10.

6.7.3 Инъекцию рекомендуется проводить эпоксидной смолой в сочетании с косвенным армированием стальной арматурой или стальными шпильками. Применение стальных спиралевидных шпилек, арматуры из базальто- или стеклопластика не рекомендуется ввиду их относительно низкого модуля упругости.

## 6.8 Инъекция раствора в кладку со скрытыми дефектами в целях повышения ее монолитности

6.8.1 Настоящий подраздел относится к инъекции участков стен и сводов со скрытыми дефектами.

Целесообразность такой работы проверяют в следующих случаях:

- увеличение в ходе ремонта или реконструкции нагрузки на конструкцию, превышающей прежнюю более чем на 10 %;

- изменения схемы опирания балок и т. п. в случае невозможности выявить в процессе обследования все имеющиеся в кладке дефекты (полости, некачественная забутовка внутренних слоев стены и т. д.).

Целесообразность выполнения инъекции устанавливают путем опытного участка кладки площадью не менее 1 $м^2$ и расходом инъекционного раствора не менее 4 л на 1 $м^2$.

6.8.2 Места расположения скважин назначают в шахматном порядке с шагом примерно 25 см по вертикали и 25 см по горизонтали аналогично тому, как описано в 6.4 для расслоившейся кладки. Инъекционный раствор подают при давлении не менее 0,6 МПа.

В остальном технология работ идентична приведенной в 6.2 для усиления кладки с одиночными трещинами.

6.8.3 Прочность кладки на сжатие после выполнения работ по инъекции в соответствии с настоящим разделом принимают в соответствии с СП 15.13330.

### 6.9 Инъекция раствора в кладку с множественными силовыми трещинами в целях повышения ее монолитности и сопротивления сжатию

6.9.1 Настоящий подраздел относится к участкам стен и сводов, имеющих силовые трещины, расположенные на расстоянии друг от друга не более 25 см (рисунки 11, 12).

6.9.2 Несущая способность конструкций с множественными силовыми трещинами является, практически, исчерпанной. Коэффициент технического состояния конструкций, учитывающий снижение несущей способности при наличии трещин $k_{mc}$ в формуле (3) в соответствии с СП 427.1325800 принимается равным нулю. Усиление такой кладки требует особой тщательности.

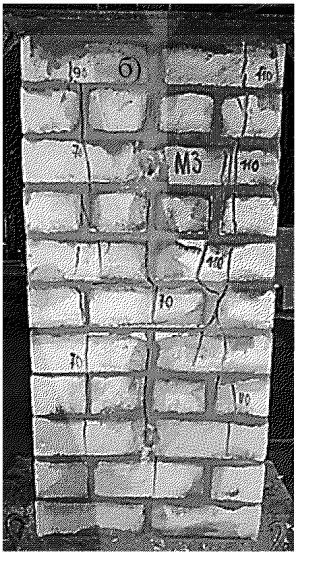
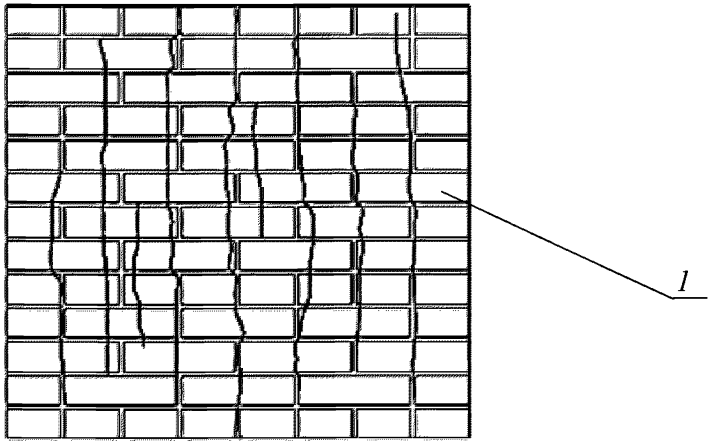



*Рисунок 11* – **Кладка с множественными силовыми трещинами, полученными при испытании кирпичного столба на сжатие равномерно распределенной нагрузкой**




*1* – множественные силовые трещины

***Рисунок 12* – Пример кладки с множественными силовыми трещинами в кирпичной стене**

6.9.3 Усиление кладки с множественными силовыми трещинами методом инъекции проводят для восстановления монолитности кладки и при необходимости повышения ее несущей способности по сравнению с аналогичной кладкой без трещин.

6.9.4 Основные отверстия рекомендуется располагать на крупных трещинах или пустых швах. В местах сосредоточения мелких трещин, не соединяющихся с крупными, рекомендуется располагать резервные отверстия. Их используют для нагнетания раствора в том случае, если через них не будет выходить раствор при подаче его через основные скважины.

6.9.5 Составы растворов, нагнетаемых в крупные и мелкие трещины, могут различаться и приниматься в соответствии с приложением А. Наилучший эффект достигается при усилении кладки эпоксидной смолой [2], [3].

Инъекцию рекомендуется проводить в сочетании с косвенным армированием стальной арматурой или стальными шпильками.

В остальном технология работ идентична приведенной в 6.7 для усиления кладки с отдельными силовыми трещинами.

6.9.6 Силовые трещины, возникающие в кладке при местном сжатии (рисунок 13), по внешнему виду могут отличаться от возникших при равномерно распределенной нагрузке (см. рисунок 12). Основное отличие состоит в том, что они являются, как правило, более короткими и сосредоточены вблизи места приложения нагрузи (от балок, перемычек и т. п.).

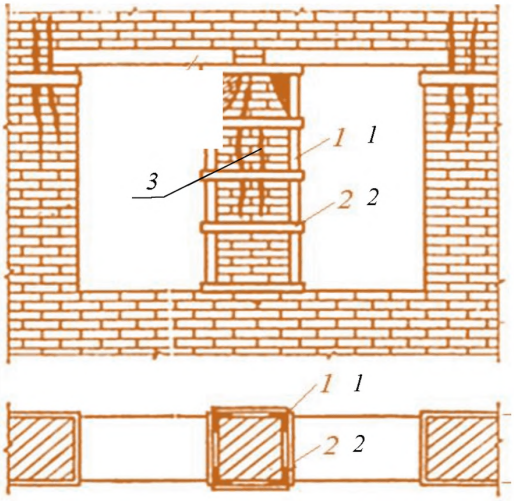
Усиление таких трещин рекомендуется проводить инъекцией в сочетании с косвенным армированием стальными шпильками.



***Рисунок 13* – Множественные трещины в кладке, возникшие при испытании на местное сжатие кладки, изготовленной из исторического кирпича**

6.9.7 Усиление узких простенков с силовыми трещинами (рисунок 14) рекомендуется выполнять инъекцией в сочетании с обоймами (стальными, железобетонными, из полимерных композитных материалов). Расчет таких простенков выполняют по правилам усиления кладки обоймами, приведенным в СП 427.1325800 и [8]. При этом расчетное сопротивление кладки, подставляемое в формулы для определения несущей способности усиленной

обоймой кладки, принимают с коэффициентом условий работы $m$, равным 1,0 и выше в соответствии с разделом 7 и приложением А.




*1* – вертикальные стойки из стальных уголков; *2* – горизонтальные планки из стальной полосы; *3* – силовые трещины в кладке, усиливаемой инъекцией раствора

***Рисунок 14* – Усиление инъекцией узких простенков с множественными силовыми трещинами в сочетании со стальной обоймой**

### 6.10 Особенности производства работ при усилении инъекцией исторической кладки

6.10.1 Инъекционные растворы для исторической кладки следует подбирать по возможности с учетом близости прочностных и деформационных характеристик с усиливаемой кладкой.

6.10.2 При усилении инъекцией исторической кладки предпочтительными являются инъекционные составы на основе гидравлической извести в

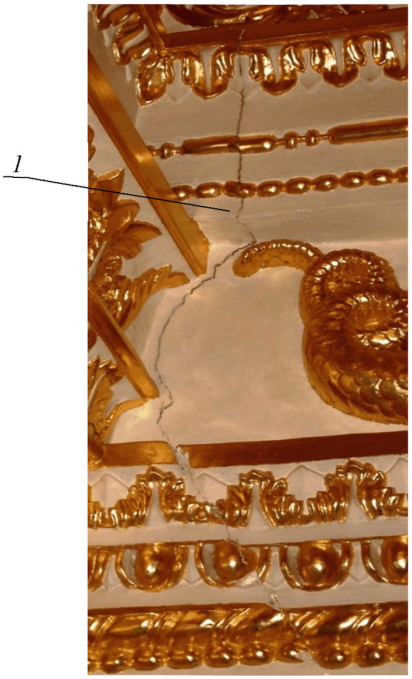
количестве до 50 % общего объема, как наиболее близкие по своим свойствам к применявшимся в исторической кладке кладочным растворам.

Вместе с тем прочность таких инъекционных растворов относительно невелика, и при усилении силовых трещин допускается применение по согласованию с органами охраны памятников других видов растворов, например цементно-песчаных, полимерцементных.

6.10.3 Составы инъекционных растворов рекомендуется подбирать по результатам испытаний на сжатие усиленных инъекцией образцов кладки в виде столбов в соответствии с приложением Б с учетом требований раздела 5.

Для усиления деформационных трещин могут быть применены составы, приведенные в [5].

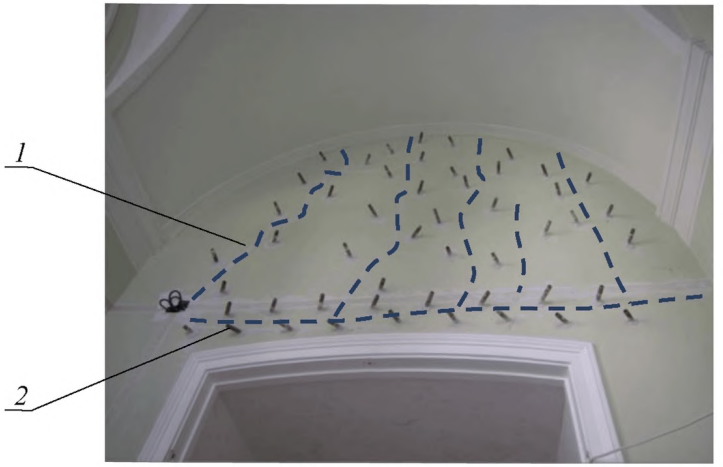
6.10.4 Инъекционный раствор не должен оставлять следов на поверхности стен и оказывать вредное воздействие на стенную роспись и историческую штукатурку (рисунки 15, 16).




*1* – трещина в кладке, проявившаяся по штукатурному слою

***Рисунок 15* – Одиночная (отдельная) трещина в кладке, возникшая вследствие неравномерной осадки фундаментов**

6.10.5 В случаях, когда требуется максимально сохранить отделочные слои, устья отверстий следует располагать непосредственно на трещине. При ширине раскрытия трещины менее 12–14 мм для нагнетания инъекционного раствора применяют накладные пакеры в соответствии с 6.12.6.




*1* – трещины в кладке; *2* – стальные патрубки для подачи инъекционного раствора и установки в них стальных шпилек косвенного армирования

***Рисунок 16* – Отдельные деформационные трещины в кладке над проемом**

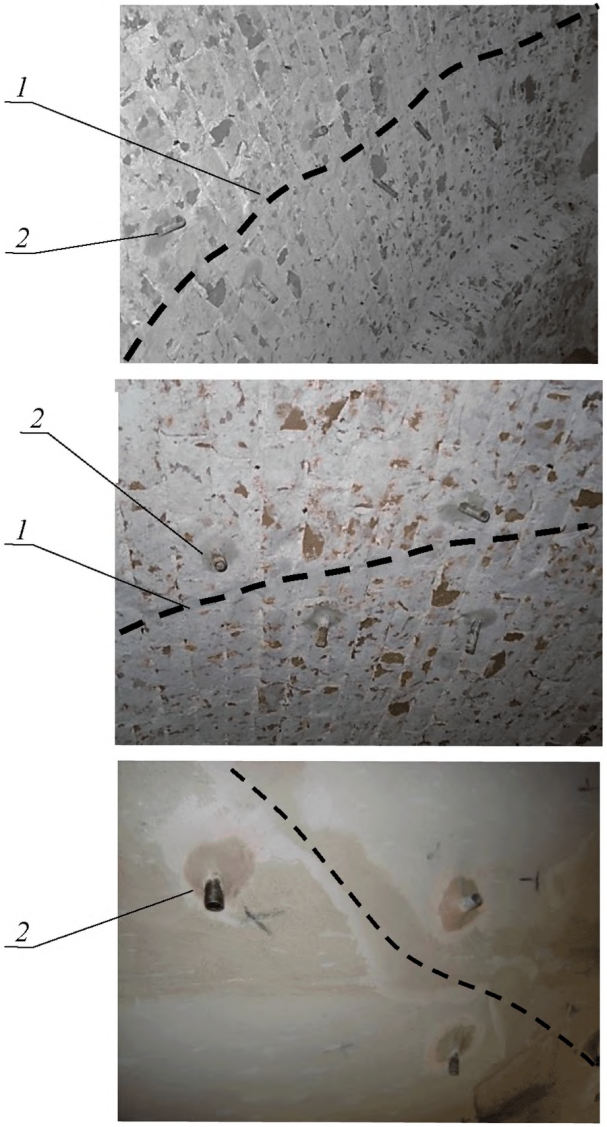
### 6.11 Особенности усиления кладки сводов

6.11.1 Трещины в кирпичных сводах являются, как правило, отдельными (рисунок 17). Причиной трещин могут быть чрезмерные прогибы, вызванные утратой стальных затяжек вследствие неравномерных деформаций опор, несущих своды, и др.

6.11.2 По возможности следует устраивать косвенное армирование стальными шпильками, устанавливаемыми в растянутой зоне свода.

6.11.3 В случае невозможности выполнить герметизацию сквозных трещин с обеих сторон кладки свода (например, при наличии полов, выстилки из кирпича или пустотелых керамических элементов, заполняющих пазухи сводов, и т. п.) следует проводить инъекцию в два этапа. На первом этапе применяют составы с растекаемостью до 20 см и подаваемые при давлении 0,1–0,2 МПа. После их твердения выполняют инъекцию более подвижными составами.

6.11.4 В случае наличия в своде незаполненных растворных швов, при выпадении отдельных кирпичей предварительно выполняют ремонт поверхности свода с заполнением швов раствором, идентичным по свойствам кладочному раствору.




*1* – трещины в кладке; *2* – стальные патрубки для подачи инъекционного раствора и установки в них стальных шпилек косвенного армирования

***Рисунок 17*– Отдельные деформационные трещины в кладке кирпичных сводов**

### 6.12 Технологическое оборудование

6.12.1 Для производства работ по инъекции растворов в кирпичную кладку применяют смесительное и насосное оборудование, шланги, инъекторы, перфораторы и контрольно-измерительную аппаратуру.

6.12.2 Могут быть применены инъекторы в виде стальных и пластиковых пакеров, оборудованных устройствами для предотвращения обратного выхода раствора при инъектировании – ниппелями или обратными клапанами.

6.12.3 Различают несколько видов пакеров, которые используются в зависимости от поставленных задач:

- пакер для высокого давления – до 20 МПа;
- пакер для среднего давления – до 15 МПа;
- пакер для низкого давления – до 5 МПа.

Пакеры высокого давления производят из стали и применяют для инъекции смол (рисунок 18, *а*).

Пакеры среднего давления изготовляют из алюминия или пластика высокого качества (рисунок 18, *б*). С их помощью возможно проводить инъекции смол и минеральных материалов.

Пакеры низкого давления выполняются из дешевых видов пластика. Пакер имеет широкий проходной внутренний диаметр до 16 мм, служит для инъекции цементных, микроцементных суспензий и полимерных составов.




***Рисунок 18*** **– Стальной (*а*) и пластиковый (*б*) пакеры с ниппелями для смол, вставляемые в отверстия или трещины в кладке**

6.12.4 Стальные пакеры имеют разжимной резиновый манжет (сальник), который при установке и последующем сжатии увеличивает свой объем и уплотняет пространство между пакером и стенками отверстия. Пакеры из пластика работают по принципу дюбеля.

Стальные или пластмассовые патрубки устанавливаются в отверстия в кладке или трещины и удерживаются в кладке за счет обмазки раствором гипса, служащего одновременно для герметизации отверстия.

Патрубки используют преимущественно при установке в отверстия в кладке стальных шпилек или арматуры косвенного армирования и последующей инъекции раствора (см. рисунок 7). Для исключения обратного выхода инъекционного раствора во время опрессовки и перед снятием шлангов для подачи раствора патрубки оборудуют запорным краном.

6.12.5 Для инъекции смол применяют стальные и пластмассовые пакеры, оборудованные ниппелями для предотвращения вытекания закачанного раствора. Такие пакеры вставляют в пробуренные в кладке отверстия или трещины при ширине их раскрытия от 10 мм.

6.12.6 Для инъекции смол в зазор между отслоившейся облицовкой и кладкой применяют накладные стальные или пластмассовые пакеры, закрепляемые на поверхности конструкции с помощью клея или дюбелей (рисунок 19). Такие пакеры также оборудованы ниппелями для предотвращения вытекания закачанного инъекционного раствора.

Накладные пакеры предназначены для прокачки трещин при относительно низком давлении.

Использование накладных пакеров рекомендуется также при ограничениях на выполнение отверстий в кладке (например, исторической) и наличии в ней трещин с шириной раскрытия до 5–10 мм.



*Рисунок 19* – **Накладной стальной пакер с ниппелем для смол, закрепляемый на поверхности кладки**

6.12.7 Для инъекции цементных и полимерцементных инъекционных растворов применяют пакеры большего, чем у пакеров для смол, диаметра (до 16 мм). Такие пакеры оборудованы обратным клапаном для предотвращения вытекания инъекционного раствора из кладки (рисунок 20).



*Рисунок 20* – **Инъекционный пластиковый пакер для цементных и полимерцементных растворов**

6.12.8 Для фиксации на пластиковом пакере шланга для подачи инъекционного раствора используют различные виды насадок:

- насадки-щипцы (рисунок 21);
- насадки-муфты, в том числе оборудованные манометром (рисунок 22).

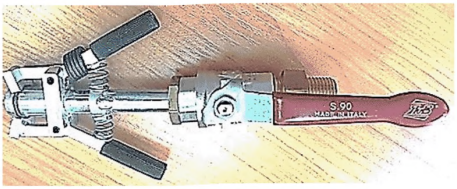



*Рисунок 21* – **Насадка-щипцы под пластиковый пакер**

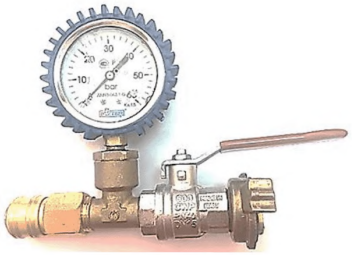


*Рисунок 22* – **Насадка-переходник под пластиковый пакер, оборудованная манометром**

6.12.9 Инъекционные насосы различают по виду раствора, который они могут прокачивать:

- насосы для водных суспензий на основе цементов и микроцементов, извести (рисунки 23, 24);

- насосы для инъекции смол (рисунок 25).

6.12.10 Конструкции насосов отличаются большим разнообразием и выбираются в зависимости от типа раствора, для которого они предназначены, крупности зерен заполнителя, требуемого давления и производительности.

Основными типами насосов для водных суспензий являются шнековые (см. рисунок 23) и поршневые (см. рисунок 24) насосы.

*а* *б*



*Рисунок 23* – **Шнековые насосы для прокачки микроцементов, цементных растворов со смесителем (*а*) и без смесителя (*б*)**



***Рисунок 24*** **– Ручной поршневой насос для инъектирования микроцементов и других водных суспензий с крупностью заполнителя не более 0,3 мм (рабочее давление до 2 МПа)**

Для инъекции смол применяют одно- и двухкомпонентные насосы (см. рисунок 25).

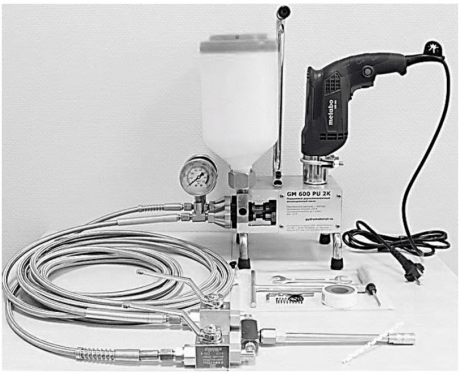



***Рисунок 25*** **– Двухкомпонентный инъекционный насос для эпоксидных, акриловых и полиэфирных смол, полиуретановых смол, микроэмульсий, водных растворов (рабочее давление до 40 МПа)**

6.12.11 Технологическое оборудование и его размещение должны обеспечивать безопасное обслуживание машин и механизмов, а также удобство транспортирования материалов и растворов.

6.12.12 Измерительная аппаратура (манометры, термометры, секундомеры) должна обладать требуемой точностью.

Измерение давления производят с точностью до 0,05 МПа, температуры – с точностью до 1 °С, времени – до 1 с.

Манометры и весы должны иметь соответствующие удостоверения о поверке.

### 6.13 Приготовление инъекционных растворов

6.13.1 Приготовление инъекционных растворов осуществляют на строительной площадке путем смешивания компонентов или затворения водой готовых составов.

Воду и водные растворы химических добавок дозируют по объему.

Химические добавки для улучшения свойств инъекционных растворов готовят заранее в виде раствора повышенной концентрации и вводят в воду затворения в количестве, обеспечивающем рабочую концентрацию их в нагнетаемом растворе.

6.13.2 Приготовленный инъекционный раствор должен непрерывно перемешиваться или перекачиваться до момента его нагнетания.

6.13.3 Инъекционные растворы, приготовленные на основе тонкодисперсных цементов, в частности микродура, перемешивают со скоростью не менее 3000 мин$^{-1}$ при мощности электродвигателя не менее 2 кВт или в турбулентном смесителе с активатором и автоматическим дозированием вяжущего, воды и добавок.

Очередность введения компонентов в растворомешалку: вода – суперпластификатор – ускоритель схватывания – минеральное вяжущее.

6.13.4 В зависимости от вида технологических параметров инъекционного раствора нагнетание выполняют однокомпонентными или многокомпонентными насосами.

При нагнетании однокомпонентным насосом инъекционный раствор, приготовленный путем смешивания компонентов раствора в отдельной емкости, нагнетают в скважину по одному растворопроводу.

При нагнетании многокомпонентным насосом компоненты инъекционного раствора подают по отдельным растворопроводам к смесителю, установленному непосредственно у инъектора.

### 6.14 Контроль качества инъекционных растворов

6.14.1 Контроль качества инъекционных растворов состоит в пооперационном контроле на всех этапах работ:

- входной контроль поступающих материалов;
- контроль в период приготовления инъекционного раствора;
- контроль в период нагнетания инъекционного раствора в кладку;
- контроль после затвердевания раствора.

6.14.2 Входной контроль поступающих материалов состоит в проверке соответствия их стандартам, техническим условиям, паспортам и другим документам, подтверждающим качество материалов, а также в проверке соблюдения требований их разгрузки и хранения.

6.14.3 Проверяют основные характеристики инъекционного раствора в зависимости от типа раствора:

- прочность на сжатие;
- подвижность;
- прочность нормального сцепления с камнем;
- деформации усадки;
- время схватывания и твердения, живучесть раствора;
- водоудерживающая способность;
- расслаиваемость.

6.14.4 Для инъекционных растворов цементных, полимерцементных, на основе извести определяют подвижность в соответствии с ГОСТ 26798.1, которая характеризуется растекаемостью.

Растекаемость инъекционного раствора определяют по диаметру его расплыва. С этой целью инъекционный раствор наливают в конус до краев. Резким движением конус поднимают вверх, и раствор растекается по стеклу.

Диаметр растекания измеряют по двум взаимно перпендикулярным плоскостям. За диаметр расплыва принимают среднее из двух полученных значений. Полученный диаметр расплыва сравнивают с заданным в соответствии с разделами 5 и 6, после чего, при необходимости, растекаемость инъекционного раствора корректируют добавлением воды или сухой смеси.

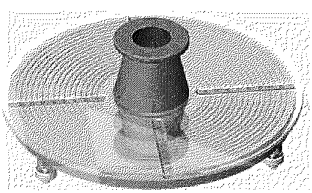


***Рисунок 26*** **– Прибор АзНИИ для измерения растекаемости цементного, полимерцементного и цементно-известкового инъекционных растворов в соответствии с ГОСТ 26798.1**

6.14.5 Для полимерных инъекционных растворов подвижность характеризуется вязкостью, определяемой вискозиметром.

6.14.6 Подвижность инъекционного раствора подбирают исходя из технологических требований при изготовлении и подаче инъекционного раствора и конструкционных требований по заполнению трещин и пустот в кладке в зависимости от вида материалов кладки и ее технического состояния в соответствии с 6.2–6.11.

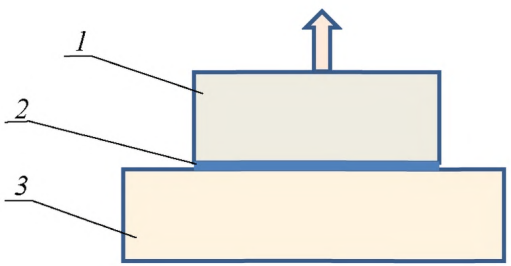
6.14.7 Контроль прочности при сжатии инъекционного раствора на минеральном вяжущем осуществляют предварительно в лабораторных условиях, а затем для каждых 250 л раствора по испытаниям трех контрольных образцов-кубов с ребром 3 см, изготовляемых в металлических формах на пористом основании.

Образцы-кубы изготовляют при таком водоцементном отношении, чтобы подвижность инъекционного раствора соответствовала осадке конуса 10 см по ГОСТ 5802.

Выдержку и испытания образцов-кубов проводят в соответствии с ГОСТ 5802.

Прочность инъекционного раствора зависит от водоцементного отношения и ряда других факторов. Полученная по результатам испытаний прочность на сжатие является условной и служит для качественной оценки различных видов инъекционных растворов и при вычислении модуля упругости раствора по формуле (4).

6.14.8 Прочность нормального сцепления (адгезии) инъекционного раствора с камнем определяют по ГОСТ Р 58277 с использованием в качестве основания кирпича или камня, извлеченного из исследуемой кладки или близкого к нему по своим физико-механическим характеристикам (рисунок 27).




*1* – стальной штамп; *2* – слой инъекционного раствора; *3* – камень

***Рисунок 27* – Схема испытаний по прочности нормального сцепления (адгезии) инъекционного раствора с камнем по ГОСТ Р 58277**

6.14.9 Деформации усадки инъекционного раствора измеряют в соответствии с ГОСТ 5802 по изменению линейных размеров призмы квадратного сечения 40 × 40 × 160 мм.

6.14.10 Начало и конец схватывания инъекционного раствора определяют на приборе Вика в соответствии с ГОСТ 310.3. Началом схватывания цементного теста считают период времени с начала затворения до того момента, когда игла не доходит до пластинки на 2–4 мм. Концом схватывания считают период времени от начала затворения до момента, когда игла опускается в раствор не более чем на 1–2 мм.

6.14.11 Водоудерживающую способность инъекционного раствора на минеральных вяжущих определяют путем испытания по ГОСТ 5802. Водоотделение должно быть не более 2 %.

6.14.12 Расслаиваемость растворной смеси, характеризующей ее связность при динамическом воздействии, определяют путем сопоставления содержания массы заполнителя в нижней и верхней частях свежеотформованного образца размерами 150 × 150 × 150 мм в соответствии с ГОСТ 5802.

### 6.15 Контроль качества заполнения кладки инъекционным раствором

6.15.1 При выполнении работ на строительной площадке следует вести операционный контроль, состоящий из четырех основных этапов:

- проверка технологического оборудования на соответствие требованиям к выполнению подготовительных и основных работ по инъекции (наличие скоростных мешалок и миксеров при работе с тонкодисперсными цементами, обеспечивающими скорость вращения не менее 3000 мин$^{-1}$, наличие компрессоров для продувки скважин, наличие манометров для измерения давления инъектируемого раствора и др.);

- контроль выполнения подготовительных работ с составлением актов на освидетельствование скрытых работ, состоящий в проверке соответствия

проекту мест расположения отверстий, их диаметра и глубины, качества очистки отверстий от шлама и пыли, качества установки инъекторов, герметизации трещин, и при необходимости, поверхности кладки.

- контроль качества и соответствия заданным в проекте технологическим параметрам работ при нагнетании инъекционного раствора в кладку, состоящий в проверке порядка нагнетания инъекционного раствора в соответствии с технологическими проектными параметрами: количество закачиваемого в отверстия инъекционного раствора, подвижность раствора, давление нагнетания;

- контроль качества заполнения кладки инъекционным раствором в процессе производства работ, осуществляемый по радиусу его распространения, определяемому по вытеканию инъекционного раствора через патрубки и щели (при обнаружении выхода инъекционного раствора на поверхность место выхода следует затампонировать быстросхватывающимся раствором).

6.15.2 Контроль качества заполнения трещин, пустот, на участках расслоения кладки осуществляют выбуриванием кернов и их визуальным осмотром.

### 6.16 Техника безопасности при производстве работ

6.16.1 При производстве работ по инъекции необходимо соблюдать требования [9], [10], руководствоваться всеми действующими правилами охраны труда, а также указаниями, изложенными в 6.16.2–6.16.13.

6.16.2 К работе с электрифицированным и пневматическим инструментом допускаются лица, прошедшие специальное обучение.

К работе по инъекции допускаются рабочие и лаборанты, достигшие 18-летнего возраста и после прохождения ими инструктажа.

6.16.3 Прочность и плотность всех соединений в механизмах и шлангах должны быть проверены перед началом работ по инъекции, испытаны при давлении, в 1,5 раза превышающем максимальное рабочее давление. Предел

измерений манометров должен превышать максимальное рабочее давление нагнетания в 1,5–2 раза.

При нагнетании инъекционного раствора необходимо следить за надежностью крепления инъектора, и, при необходимости, нагнетание должно быть приостановлено, а инъектор закреплен.

6.16.4 Все аппараты, работающие под давлением, необходимо не реже одного раза в месяц опробовать на удвоенное рабочее давление.

6.16.5 Все электрооборудование должно быть заземлено в соответствии с существующими требованиями для передвижных установок.

Электродвигатели и пусковая аппаратура смесительного и нагнетательного оборудования должны быть защищены от попадания на них воды и инъекционного раствора.

6.16.6 Разборку, ремонт и чистку установки для инъекции проводят после снятия давления и отключения оборудования от электросети.

6.16.7 Рабочие, выполняющие инъекцию, должны быть обеспечены специальной одеждой (комбинезоном, рукавицами, резиновыми перчатками, касками и предохранительными очками) и обязаны во время работы ими пользоваться.

6.16.8 При работе с эпоксидно-диановыми и другими смолами возможны два пути проникновения в организм вредных веществ – ингаляционный и кожный.

Ингаляционный обусловлен наличием в смолах летучих компонентов. Летучие компоненты смол оказывают раздражающее и сенсибилизирующее действие на кожу и слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз, а также общетоксическое действие.

При попадании раствора на кожный покров необходимо промыть кожу водой или содовым раствором, при попадании в глаза – промыть водой и раствором борной кислоты.

Запрещается мытье рук растворителями, так как это способствует возникновению кожных поражений. Брызги смол должны быть немедленно

удалены сухими марлевыми тампонами. Затем пораженное место следует обработать этиловым спиртом, тщательно промыть водой с мылом, осушить бумажным полотенцем одноразового пользования и смазать мягкой мазью на основе ланолина, вазелина или касторового масла.

6.16.9 Работающие с эпоксидными смолами должны быть обеспечены специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.011.

6.16.10 Метилметакрилат хранят в герметично закрываемой алюминиевой и стальной таре, защищенной от воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков, в огнебезопасных помещениях при температуре не выше 25 °С. С повышением температуры повышается вероятность полимеризации продукта.

6.16.11 По токсичности метилметакрилат относится к 3-му классу опасности (умеренно опасные вещества) по ГОСТ 12.1.007. По степени горючести метилметакрилат – легковоспламеняющаяся жидкость. После твердения материал относится к группе трудносгораемых по ГОСТ 12.1.044, т. е. горит при наличии постоянного внешнего источника высокой температуры (огня).

Метилметакрилат может оказывать угнетающее действие на центральную нервную систему, печень, почки, вызывать аллергические реакции глаз, кожи, носа, горла, сильную головную боль, тошноту, дерматит без принятия дополнительных мер по защите.

6.16.12 Во время проведения работ и в течение 20–30 мин после их завершения категорически запрещается курить, использовать открытый огонь, проводить сварочные работы, применять искрообразующие механизмы.

6.16.13 При работе внутри помещений, особенно при больших объемах ремонтных работ, необходимо обеспечить принудительную вентиляцию.

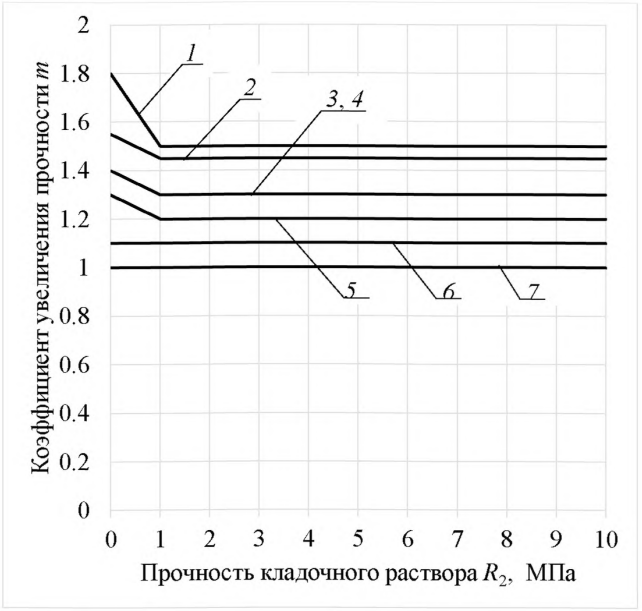
## 7 Оценка прочности и монолитности кладки, усиленной методом инъекции

7.1 Коэффициенты условий работы $m$ характеризуют рост прочности сопротивления сжатию $R$ усиленной инъекцией кладки, имевшей до усиления множественные силовые трещины, по отношению к прочности такой же кладки без дефектов, принимаемой по СП 15.13330.

Коэффициент $m$ подставляют в формулы оценки несущей способности кладки на сжатие.

7.2 Коэффициенты условий работы $m$ усиленной без трещин кладки и кладки с отдельными трещинами принимают равными единице.

7.3 Значения коэффициента $m$ для инъекционных растворов, прошедших экспериментальную проверку путем испытания усиленной с множественными силовыми трещинами кладки на сжатие равномерно распределенной нагрузкой, представлены на графиках на рисунке 28. Виды и составы растворов, прошедших экспериментальную проверку, приведены в приложении А.




*1* – двухкомпонентные на основе эпоксидной смолы; *2* – тонкодисперсные полимерцементные; *3* – на основе метилметакрилата; *4* – полимерцементные; *5* – на основе фурановой смолы; *6* – цементные; *7* – известково-цементные

***Рисунок 28* – Зависимость коэффициента роста прочности кладки *m* с множественными силовыми трещинами, усиленной инъекцией раствора, от прочности кладочного раствора $R_2$ и вида инъекционных растворов в соответствии с приложением А**

## Приложение А

## Составы инъекционных растворов, прошедшие экспериментальную проверку при испытании кладки на сжатие, а также рекомендуемые для восстановления монолитности исторической кладки

А.1 Экспериментальная проверка инъекционных растворов проводилась в разное время различными исследователями на стандартных образцах кладки (столбах с габаритами 0,4 × 5 × 1,2 м) на сжатие равномерно распределенной и местной нагрузками, а также на внецентренное сжатие (приложение Б).

К числу проверенных таким образом инъекционных растворов относятся [11], [12]:

- цементные (беспесчаные);

- цементно-песчаные с включением минеральных добавок – молотого кирпича, известняка, алюминиевого порошка и т. д.;

- цементно-полимерные с использованием в качестве полимерной добавки поливинилацетатной эмульсии или латекса;

- полимерные на основе эпоксидных смол ЭД-16 и ЭД-20 по ГОСТ 10587.

А.2 В качестве вяжущего для цементных инъекционных растворов используют портландцемент активностью не менее 40 МПа с тонкостью помола не менее 2400 $см^2$ и нормальной густотой теста в пределах 22 % – 25 %, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент. Цементы должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10178.

А.3 От каждой партии применяемого цемента следует отбирать пробы и проводить испытания для определения физико-механических свойств в соответствии с ГОСТ 310.1.

А.4 Песок для инъекционных растворов принимают с модулем крупности не более 1–1,5 по ГОСТ 8736, а тонкомолотый должен доходить до тонкости помола цемента.

А.5 Для цементных инъекционных растворов используют улучшающие свойства раствора комплексные добавки (пластифицирующие, водоудерживающие, гидрофобизирующие и др.) в соответствии с ГОСТ 30459 и инструкциями по применению добавок.

А.6 Вода для цементных инъекционных растворов должна удовлетворять требованиям ГОСТ 23732.

А.7 В полимерцементных инъекционных растворах с использованием в качестве полимера поливинилацетатной эмульсии (ПВА) ее количество принимают 15 % – 20 % массы цемента.

А.8 Для усиления кладки с силовыми трещинами (см. 6.7, 6.9) рекомендуют полимерные инъекционные растворы на основе эпоксидных смол ЭД-16 и ЭД-20 по ГОСТ 10587.

А.9 При ширине раскрытия отдельных деформационных трещин (см. 6.2), на участках сопряжения разнородных кладок (см. 6.3) шириной 5 мм и более, расслоившейся в плоскости стены кладки (см. 6.4) с зазорами между слоями также 5 мм и более, рекомендованы следующие составы инъекционных растворов:

- цементно-полимерные состава 1 : 0,15 : 0,6 (цемент : поливинилацетат : вода) с добавкой мелкого или тонкомолотого песка в количестве 25 % – 30 % массы цемента;

- цементно-песчаные состава 1 : 0,25 (цемент : песок) при В/Ц = 0,7–0,8;

- цементные (беспесчаные) при В/Ц = 0,7–0,8.

А.10 При ширине раскрытия отдельных деформационных и силовых трещин менее 5 мм рекомендована эпоксидная смола. Для деформационных трещин рекомендованы также инъекционные растворы, расположенные в порядке убывания их эффективности:

- цементно-полимерные состава 1 : 0,15 : 0,6 (цемент : ПВА : вода);

- цементно-песчаные состава 1 : 0,25 (цемент : песок) с добавкой тонкомолотого песка в количестве 25 % массы цемента при В/Ц = 0,7–0,8;

- цементные (беспесчаные) состава 1 : 0,7–0,8.

А.11 В разделе 7 приведены коэффициенты увеличения прочности кладки, имевшей множественные силовые трещины, усиленной инъекцией раствора, по сравнению с прочностью аналогичной кладки без дефектов.

А.12 На процессы инъекции и твердения инъекционных растворов влияют такие факторы, как влажность кладки, ее сорбционные свойства, вид и размеры трещин, степень их загрязнения и др. В связи с этим указанные в А.7–А.10 составы и виды инъекционных растворов подлежат уточнению с учетом соблюдения требований к инъекционных растворам, приведенным в разделе 5.

А.13 Помимо приведенных в А.7–А.10 составов инъекционных растворов, прошедших экспериментальную проверку при испытаниях усиленных инъекцией образцов кладки, допускается применение других инъекционных растворов, составы которых подбирают с учетом требований к инъекционным растворам раздела 5, а также требований раздела 6.

Рекомендуется применение для усиления кладки полимерцементных инъекционных растворов на основе микроцементов, получаемых путем домола цемента, с комплексными полимерными добавками, подбираемыми в соответствии с ГОСТ 30459.

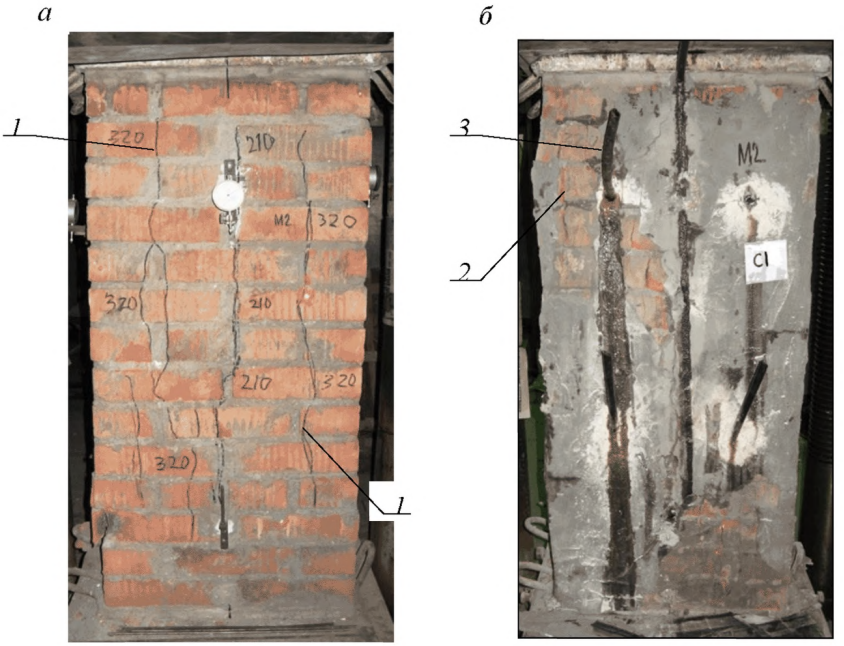
А.14 Для восстановления монолитности исторической кладки составы инъекционных растворов рекомендуется подбирать в соответствии с [5] либо по результатам испытаний усиленной кладки инъекционным раствором на основе гидравлической извести с минеральными добавками в соответствии с приложением Б.

## Приложение Б

## Методика экспериментальной проверки прочности на сжатие кладки, усиленной инъекцией раствора

Б.1 Определение коэффициентов условий работы $m$, показывающих величину увеличения прочности на сжатие кладки, имевшей множественные силовые трещины и усиленной инъекцией раствора под давлением, проводят путем испытания на сжатие образцов кладки, выполненных в соответствии с ГОСТ 32047 в виде столбов габаритами 0,4 × 0,5 × 1,2 м.

После первого этапа испытаний образцы кладки, получившей множественные силовые трещины, усиливают инъекцией раствора под давлением и вновь подвергают сжатию (рисунок Б.1).



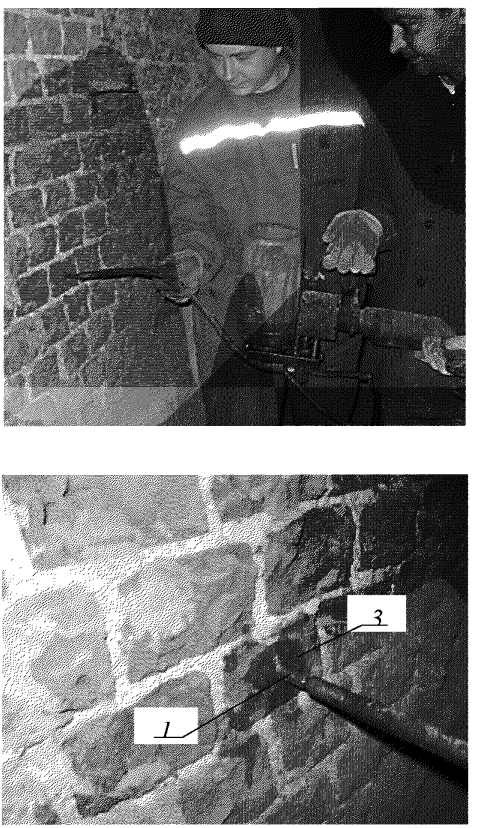

*а* – испытанный на сжатие образец (первый этап испытаний); *б* – усиленный инъекцией образец после испытаний на сжатие (второй этап испытаний);
*1* – множественные силовые трещины; *2* – трещина, образовавшаяся на втором этапе испытаний после усиления инъекцией;
*3* – нераскрывшаяся трещина, усиленная после первого этапа испытаний

***Рисунок Б.1*** **– Образец кладки до и после усиления инъекцией эпоксидной смолы**

Сравнив несущую способность образцов, полученную на первом и втором этапах испытаний, определяют коэффициент увеличения несущей способности кладки $m$, усиленной инъекцией раствора (см. раздел 7).

**Б.2 Пример оценка распространения инъекционного раствора по кладке**

Метилметакрилат распространился по кладке без трещин на незначительное расстояние (рисунок Б.2).

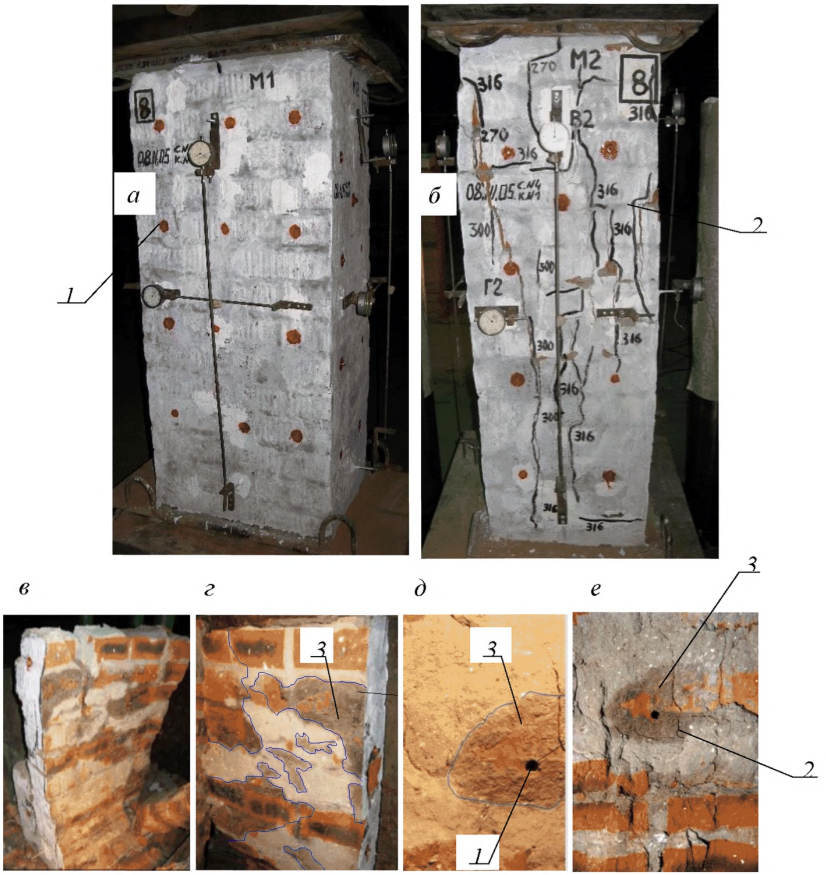



*1* – насос высокого давления (до 20 МПа); *2* – пакер;

*3* – зона распространения метилметакрилата по кладке

***Рисунок Б.2*** **– Пробная инъекция метилметакрилата в кладку без трещин**

В лабораторных условиях были испытаны образцы кладки из полнотелого керамического кирпича (рисунок Б.3, *а*, *б*). Усиление образцов было проведено с кладкой без трещин.




*а* – подготовленный к испытанию на сжатие образец; *б* – образец после испытаний; *в*, *г*, *д*, *е* – вскрытия образца в целях исследования зоны распространения метилметакрилата; *1* – места закачки метилметакрилата; *2* – трещины в усиленной кладке; *3* – зона распространения метилметакрилата

***Рисунок Б.3* – Образец кладки после инъекции метилметакрилата**

Несущая способность усиленных инъекцией образцов практически равна испытанным эталонным образцам без усиления кладки, поскольку распространение метилметакрилата в кладке незначительно (рисунок Б.3, *в*). Коэффициент усиления кладки без трещин $m$ принят равным 1,0.

### Б.3 Пример инъекции кладки раствором гидравлической извести (50 %) с минеральными добавками

Были испытаны образцы кладки в виде кирпичных столбов с габаритами 0,4×0,5 м и высотой 1,2 м (рисунок Б.4).




*1* – «старая» кладка; *2* – «новая» кладка; *3* – стальная плита для передачи местной нагрузки; *4* – вертикальные силовые трещины

***Рисунок Б.4*** **– Образцы кладки из исторического кирпича на известковом кладочном растворе, усиленные предварительно новой кладкой с перевязкой, после первого этапа испытаний на местное сжатие перед усилением инъекцией инъекционным раствором на основе гидравлической извести**

Образцы выполнены из исторического кирпича на известковом растворе. Имитировался ремонт кладки с восстановлением утраченных участков новой кладкой. После восстановления кладки новой кладкой был проведен первый этап испытаний на сжатие равномерно распределенной и местной нагрузкой.

После первого этапа испытаний трещины в образцах были усилены инъекцией раствора, приготовленного на основе гидравлической извести в количестве 50 % общей массы инъекционного раствора с минеральными тонкодисперсными добавками.

Проведенное усиление позволило восстановить монолитность кладки. Увеличения прочности усиленной кладки по сравнению с первоначальной, полученной на первом этапе испытаний, не произошло. Коэффициент $m$ принят равным 1,0 (раздел 9).

## Библиография

[1] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности в строительстве»

[2] СТО 36554501-010-2008 Усиление кирпичной кладки методом инъекции эпоксидной смолы «GLOBALPOX I-10/138/BT»

[3] Ищук М.К., Ищук Е.М., Фролова И.Г. Усиление кладки инъекцией эпоксидной смолы // ПГС – № 4. – 2013. – С. 48–51

[4] Ищук М.К., Фролова И.Г., Ищук Е.М. Усиление каменных конструкций // ПГС – № 8. – 2006.– С. 28–30

[5] Технология инъекционного укрепления каменных кладок памятников архитектуры. Методические рекомендации / Проектный институт по реставрации памятников истории и культуры «Спецпроектреставрация» Всесоюзного специализированного производственного объединения «Союзреставрация». – М.: Институт «Спецпроектреставрация», 1990. – 40 с.

[6] Поляков С.В. Длительное сжатие кирпичной кладки – М.: Госстройиздат, 1959. – 183 с.

[7] Ищук, М.К., Ищук Е.М., Фролова И.Г. Совместная работа старой и новой кладок на участках с вычинкой // ПГС – № 1. – 2014. – С. 28–30

[8] Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования») / ЦНИИСК Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 152 с.

[9] СП 12-135-2003 Безопасность труда в строительстве. Отраслевые типовые инструкции по охране труда

[10] СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство

[11] Рекомендации по повышению качества каменной кладки и стыков крупнопанельных зданий инъецированием под давлением / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1987. – 24 с.

[12] Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1984. – 36 с.

Ключевые слова: каменная кладка, историческая кладка, усиление каменной кладки, раствор, ремонт, деформационные трещины, силовые трещины, трещины от температурно-влажностных деформаций, инъекция, оценка прочности и монолитности.

gost.e-ecolog.ru