



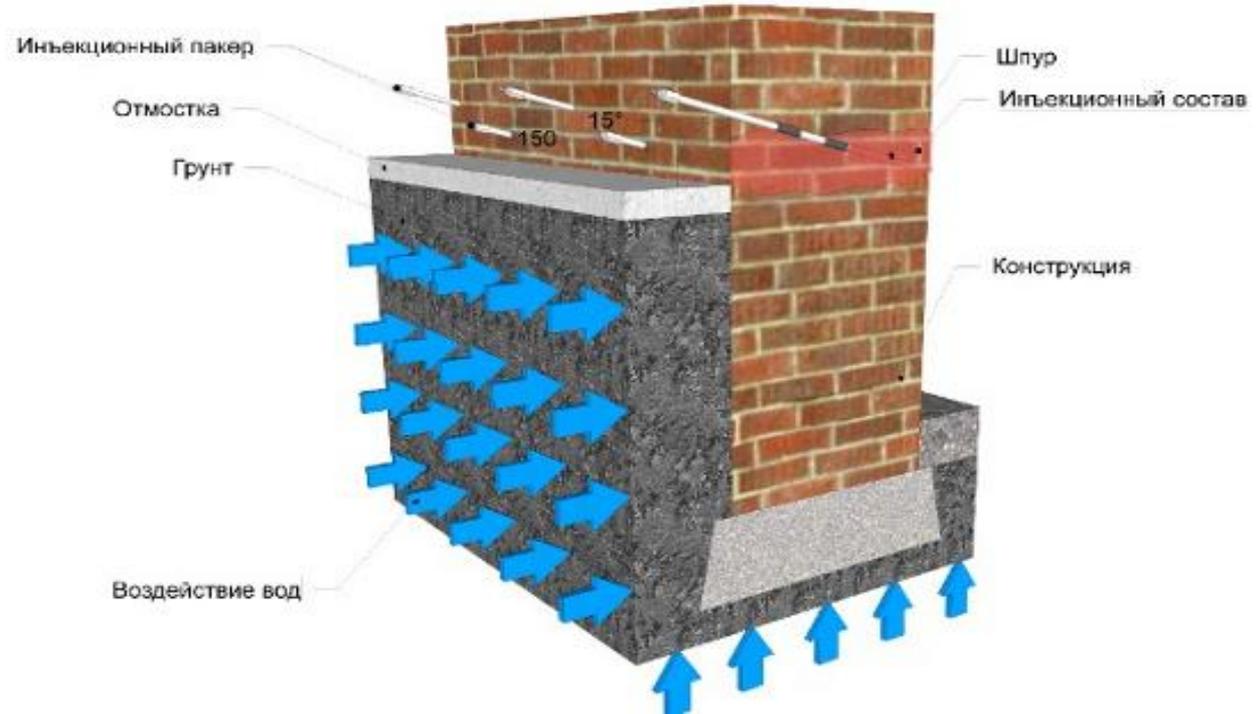
Трещины в кирпичной кладке могут появиться абсолютно в любом месте, и в некоторых случаях восстановить целостность кладки можно только путем инъецирования.

## Инъекцирование трещин в кирпичной кладке

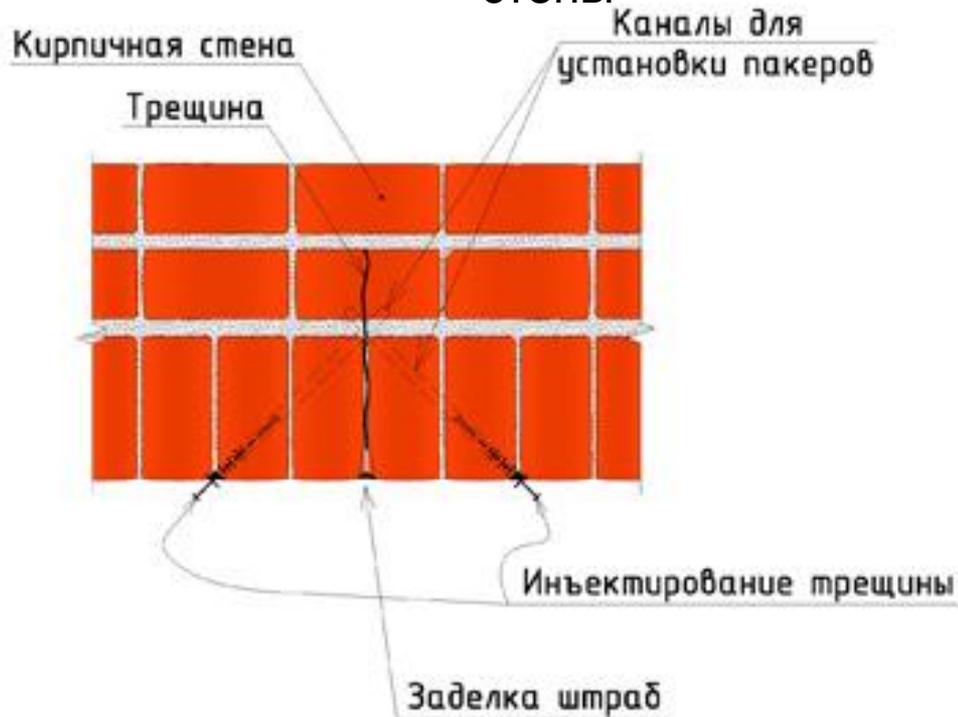
- Инъекцирование представляет собой процесс заполнения пустот, трещин и различных полостей специальным составом в кирпичной кладке.
- Целью данной технологии является возможность усилить или склеить конструкцию либо воспрепятствовать проникновению влаги, вредных продуктов, усиливающих коррозию и нарушающих целостность объекта.
- Процедура инъекцирования осуществляется за счет нагнетания под давлением полужидкого или жидкого раствора, в состав которого входят как цементные, так и сложные полимерные компоненты. Его содержание зависит от специфики работы, поставленной задачи, а также состояния конструкции.

### Достоинства:

- Не требуют остановки эксплуатации здания на время проведения работ;
- Единственно возможный способ восстановления целостности с сохранением внешнего вида



## Схема инъецирования кирпичной стены



Для инъецирования ремонтной смеси в трещину используются пакеры. Функциональное назначение данного элемента состоит в предотвращении вытекания инъекционного состава. Подбор пакеров зависит от применяемого раствора, условий работы и удобства пользования.

### Пакеры

Буровой

Забивной

Клеевой

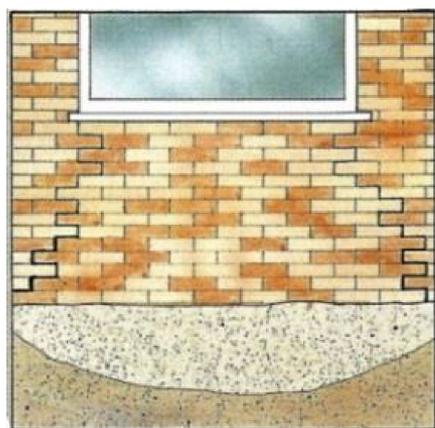


## **Последовательность выполнения работ:**

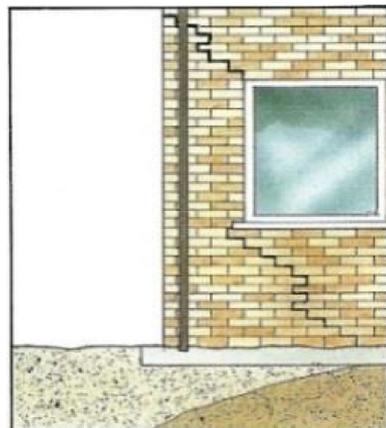
1. Подготовка поверхности. Кладка зачищается от битума, гипса, масел, смазочных материалов, краски, пыли и других разделительных слоев. Имеющийся на поверхности цемент или раствор извести удаляется шлифовальным или пескоструйным инструментом.
2. На рабочей поверхности по всей длине трещины создают прямоугольной формы штрабы 2х3 см. Рекомендуется расшивка под «ласточкин хвост».
3. На стене с двух сторон в шахматном порядке пробуривают каналы вдоль обработанной поверхности с шагом 15...40 см. При этом канал должен пересекать трещину и буриться под наклоном сверху вниз. Его угол наклона должен составлять относительно горизонта не менее 10°.
4. Каналы и трещины продувают сжатым воздухом.
5. Устанавливают пакеры.
6. Каналы и трещины равномерно смачивают водой. Поверхность к моменту инъектирования должна быть равномерно увлажненной.
7. Приготавливают ремонтную смесь и наносят на штрабы для предотвращения вытекания раствора из трещин. Также производят герметизацию мест установки пакеров.
8. Через пакеры вводят смесь, начиная снизу вверх и выдерживая давление 1...2 атм.
9. Производят демонтаж пакеров.
10. После застывания раствора обработанную поверхность зачищают, места установки пакеров зачеканивают ремонтным составом.

- Характерным показателем поврежденной кладки являются трещины. Согласно статистике основными причинами возникновения трещин являются неравномерные осадки грунтов, перегрузки конструкций, температурно-влажностные деформации и др.

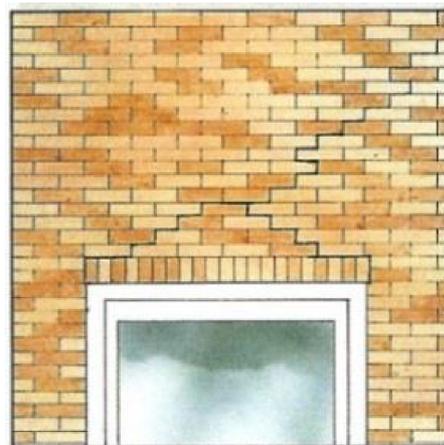
## Примеры трещин, возникающих в кирпичной кладке



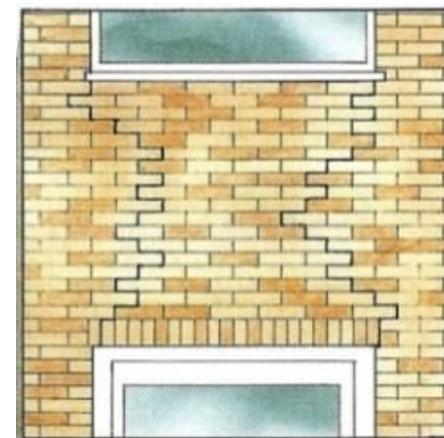
а



б



в

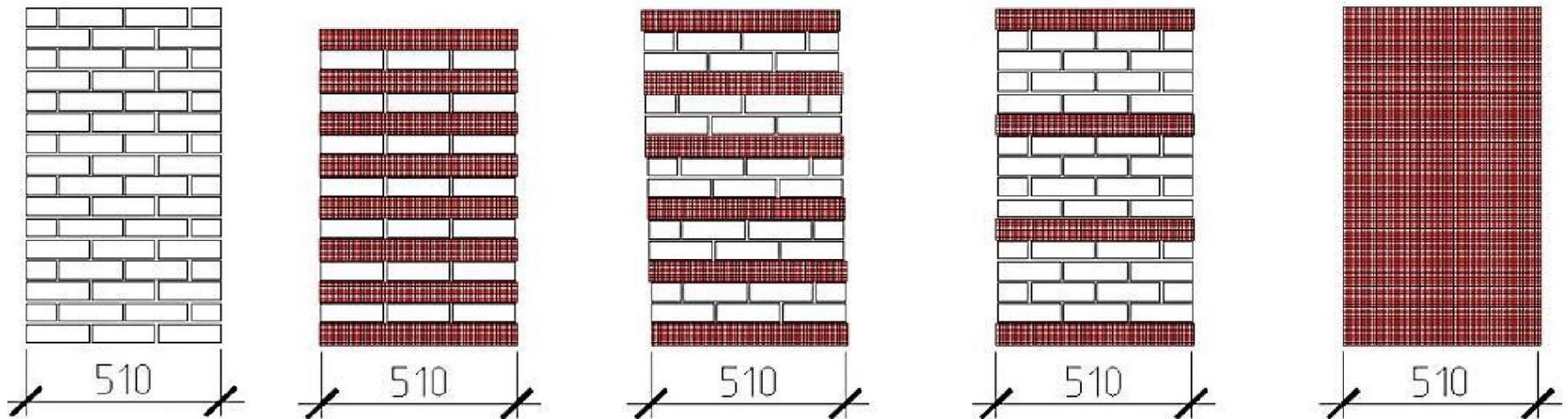


г

Трещины, возникающие в кирпичной кладке (а, б – от неравномерного оседания грунта; в – растрескивание в зоне перемычки; г – растрескивание кирпичной кладки от перегрузки простенка)

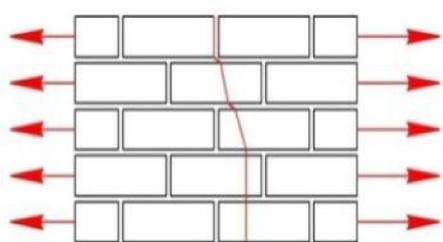
# Обоймы из композитных материалов

- В Европе система усиления композитами известна под названием FRP (Fiber Reinforced Polymer) – усиление полимерным волокном.
- В зависимости от схемы армирования несущая способность колонн увеличивается в 2-2,6 раз.
- Наиболее эффективно полное покрытие сетками (повышение прочности в 2,6 раза). Недостатки данной схемы: исключается паропроницаемость кирпичной кладки и разрушение кладки приобретает внезапный характер, поскольку исключается возможность контроля

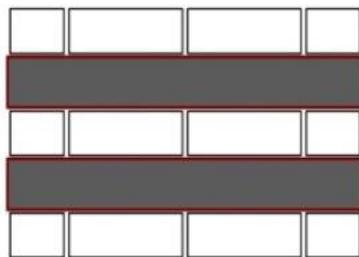


Схемы армирования композитными сетками при испытании образцов на сжатие

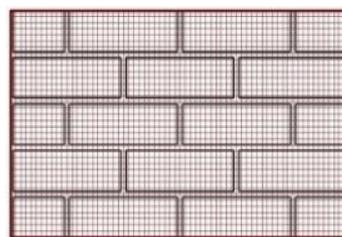
- Примеры расположения лент, сеток и стержней при вертикальных и диагональных трещинах. Как видно из рисунков, ленты, сетки и стержни располагаются перпендикулярно трещине. Так материал воспринимает на себя те растягивающие напряжения, которые не воспринимает кирпичная кладка.



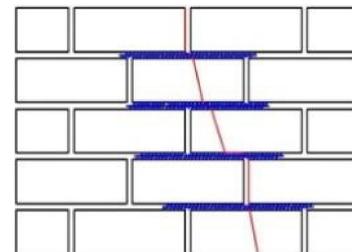
а



б

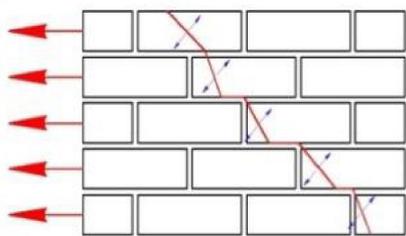


в

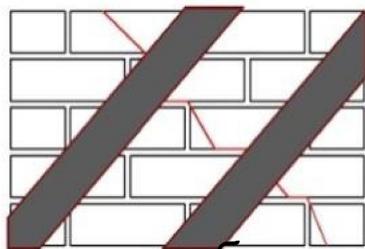


г

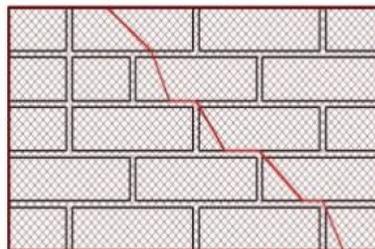
Примеры расположения лент, сеток и стержней при вертикальной трещине (а – вертикальная трещина; б – усиление лентами; в – усиление сетками; г – усиление стержнями)



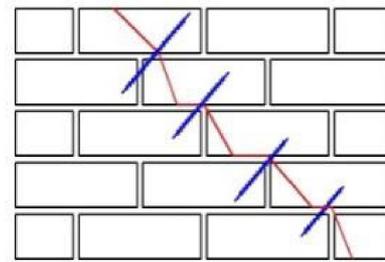
а



б



в



г

Примеры расположения лент, сеток и стержней при различных диагональной трещине (а – диагональная трещина; б – усиление лентами; в – усиление сетками; г – усиление стержнями)

# Расчет усиления композитными лентами и сетками

- Расчет усиления композитными лентами и сетками производится по аналогии с косвенным армированием, исходя из принципа увеличения расчетного сопротивления кладки прибавлением расчетного сопротивления усиливающего материала:

$$R_{\text{арм}} = R + R_{\text{ус}}$$

- где  $R_{\text{арм}}$  – прочность армированной кладки,  $R$  – расчетное сопротивление кладки,  $R_{\text{ус}}$  – расчетное сопротивление усиливающего материала (лента или сетка). Расчет  $R_{\text{ус}}$  производится в соответствии с:

$$R_{\text{ус}} = \frac{2 \cdot \mu \cdot R_{\text{угл}}}{100}$$

- где  $\mu = \frac{S_{\text{арм}}}{S_{\text{кл}}} \times 100$  – коэффициент поверхностного армирования,  $R_{\text{угл}}$  – расчетное сопротивление усиливающего материала разрыву.
- Расчеты показали, что, среди лент самый высокий показатель эффективности усиления у углеволокна, среди сеток - у базальтовых материалов.
- Арамид не получил широкого использования среди сеток из-за анизотропии структуры волокна, которая приводит к образованию петель на сетке.

# Сравнение эффективности усиления лентами (а) и

сетками (б)



## Недостатки усиления композитными материалами :

- высокая стоимость материала;
- низкий показатель огнестойкости эпоксидных клеев (начиная от 50°C);
- токсичность эпоксидного клея.

**Микроцемент** с добавлением полимерных смол, в отличие от эпоксидного клея, в качестве адгезива является более эффективным с точки зрения безопасности проведения работ, а также с точки зрения огнестойкости. При усилении сетками, для закрепления их на поверхности усиливаемых конструкций, также используют клеящий раствор на основе цемента.

## Усиление с применением винтовых стержней из нержавеющей стали

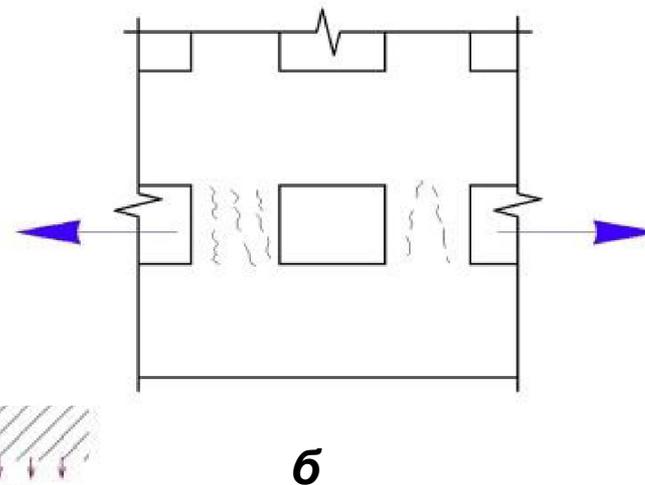
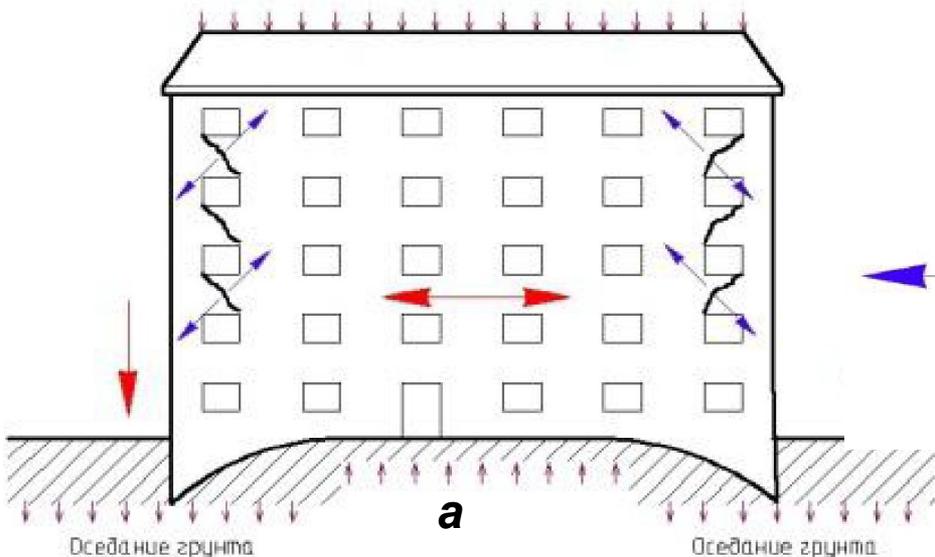
- Во многих европейских странах такие связи применяются последние 30 лет не только для ремонта кирпичной кладки при растрескивании, но и для связи наружного слоя облицовки с внутренним слоем.
- Нержавеющая сталь, из которой изготавливается эти стержни, имеет прочность на разрыв в 2 раза большую, чем прочность арматуры, обычно используемой в железобетонных изделиях. Малые диаметры стержней требуют соответственно малых канавок и отверстий, и поэтому имеют минимальное влияние на прочность конструкции и требуют минимального расхода раствора для заполнения шва.



Винтовой стержень

- Модуль упругости спиральных стержней составляет  $E = 150$  кН/мм<sup>2</sup>. Стержни выпускаются диаметрами 6, 8, 10 мм. Стержни воспринимают на себя растяжение, влияющее на образование и развитие трещин в кладке. Такая технология усиления кирпичной кладки в Европе имеет название «bed joint reinforcement technique», что переводится как техника усиления горизонтального шва.
- Анализ работы стержней позволяет сделать вывод о том, что, также как и композитные материалы, они устанавливаются для восприятия растягивающих усилий. Таким образом, направления стержней должны совпадать с направлением этих растяжений, которые превышают допустимые значения.
- Выделим ряд задач, связанных с расчетом усиления кладки стержнями, а именно:
  1. определение несущей способности кладки обследуемых конструкций;
  2. выделение «слабых зон» и значений нагрузок, превышающих расчетные напряжения;
  3. определение направления их действия;
  4. расчет требуемого количества стержней, для восприятия превышающих нагрузок.
- Кирпичная кладка является материалом неоднородным и комплексным. В данном случае для расчета конструкции был применен упругий анализ и были использованы условные параметры упругости и прочности камня.

- В кладке при осадочных деформациях фундаментов возникают растягивающие усилия. Равнодействующая этих сил показана синими стрелками, в результате растягивающие напряжения проходят под углом  $45^\circ$  главным растягивающим усилиям. Трещины образуются перпендикулярно растягивающим напряжениям в виде синих стрелок. Растягивающие усилия показаны синими стрелками.
- Разрушение кирпичной кладки является следствием того, что растягивающие напряжения превышают допустимые значения.
- Главный принцип размещения композитных сеток и винтовых стержней заключается в параллельном расположении растягивающим усилиям.



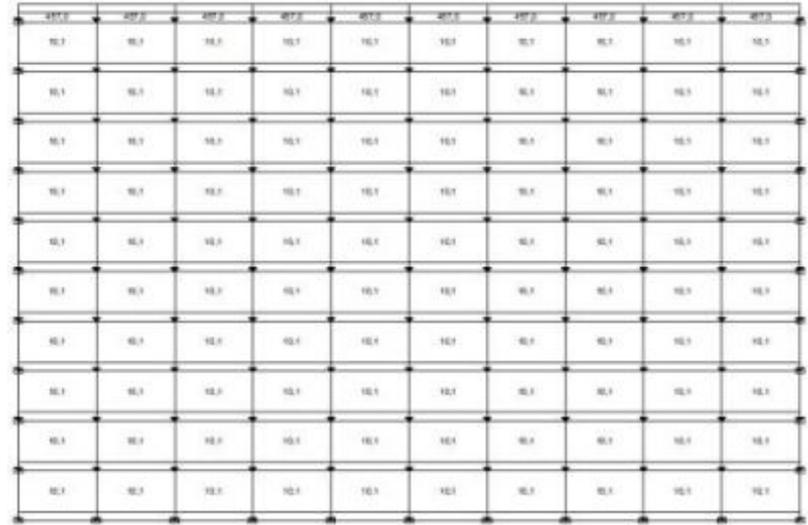
Формы разрушения здания и растягивающие усилия (а – при оседании грунта; б – от перегрузки участка стены)

# Результаты расчета каменного здания с учетом деформации грунтов основания

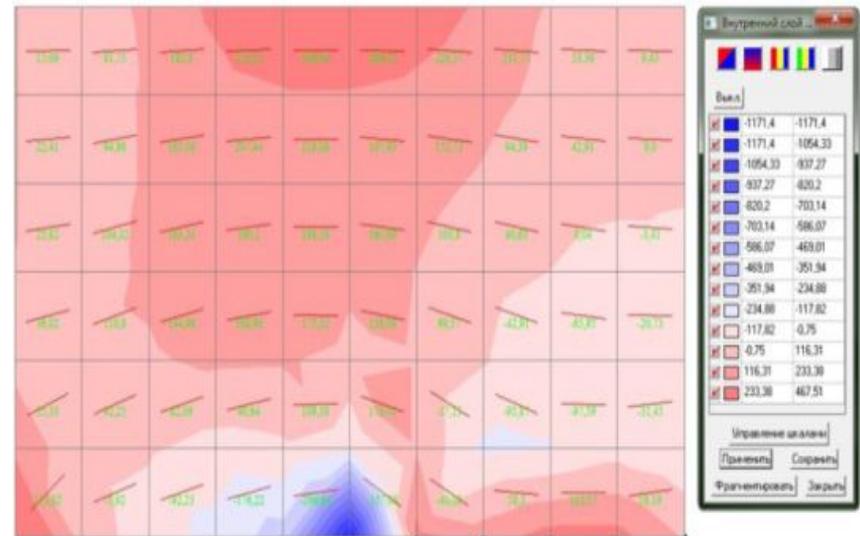


**а** - расчетная модель здания в виде пластины, разбитая на. Участок оседания грунта показан синим прямоугольником

**в** - расчетная модель с отображением главных напряжений, зоны, в которых величина напряжения оказалась больше допустимого значения выделена красным цветом.



**б** - Нагрузки собственного веса и вышележащих конструкций,

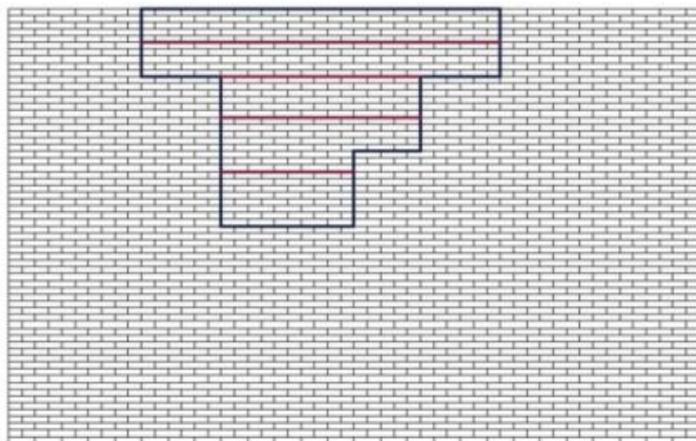


- Для определения требуемого количества стержней, в каждом КЭ с превышающими напряжениями, была использована фор

$$R_{ус} = \frac{2 \cdot \mu \cdot R_{угл}}{100}$$

- Коэффициент армирования  $\mu = \frac{V_{арм}}{V_{кл}} \times 100$  усилению поперечными сетками

- Принятая схема усиления стержнями, полученная в результате расчета, показана на рисунке. На рис. синим цветом выделена область превышающих напряжений, стержни показаны красным цветом.



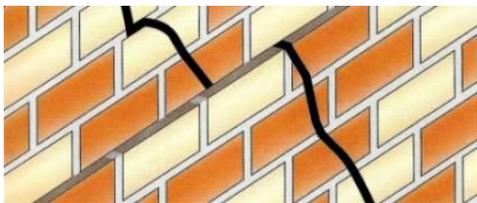
Принятая схема усиления стержнями

Общая длина требуемых стержней составила 9 м. Суммарная прочность простенка после усиления составила 1,64 МПа, или 126%. Стоимость усиления в данном случае, по данным цен каталога производителя, составила 40 тыс. руб.

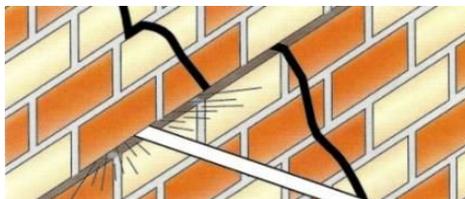
# Технология установки стержней

Последовательность выполнения работ:

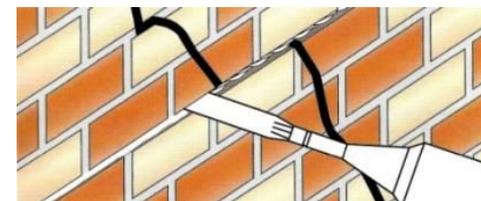
- При помощи фрезы для прорезания пазов в кирпичной кладке, создают горизонтальный шов глубиной около 4-6 см. Ширина шва должна быть как минимум 1 см (а).
- канавку прочищают сжатым воздухом (б);
- при помощи пистолетов укладывают вяжущий раствор вглубь шва, примерно на 2 см. Укладывают стержень вглубь шва (в).
- Выполняют финишные работы специальным раствором для закрепления стержня в кладке (г).
- Инъектирование трещин - д:



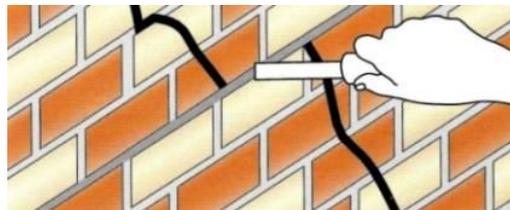
А - устройство канавки



б- очистка канавки сжатым воздухом



в – установка стержня



г – заделка шва специальным раствором;



д – инъектирование трещин)

Следует отметить, что в случае техники «bed joint reinforcement», вместо стальных стержней (рисунок 13а) применяют композитные волокна (рисунок 13б). Несмотря на высокую прочность, FRP является гибким материалом и его поведение в растворе мало изучено.

Достоинствами систем анкерного армирования являются:

- высокие физические, прочностные и упругие характеристики материала;
- легкий вес;
- высокая технологичность, без использования сложного механизированного труда;
- стойкость к коррозии;
- отсутствие необходимости вмешательства изнутри конструкций (при наличии только внешнего повреждения);
- технологическая совместимость с любыми материалами.

Положительным качеством данного метода является и то, что после проведения этих работ внешний облик здания не изменяется.

Обсуждая недостатки данного метода, следует отметить:

- высокую стоимость расходных материалов;
- потребность в квалифицированных рабочих.

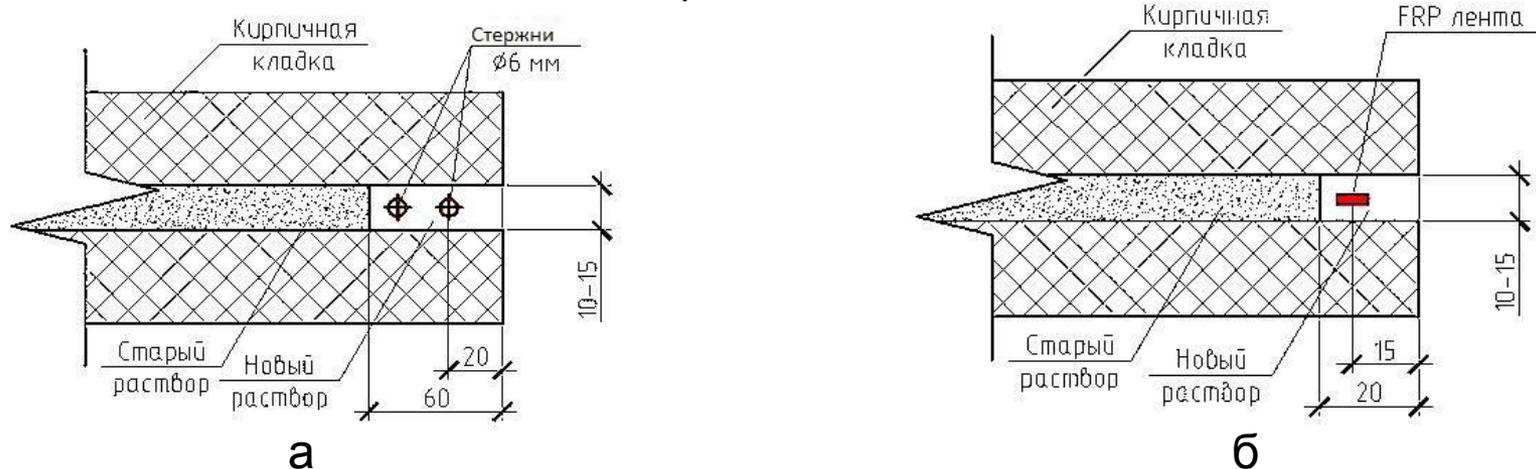


Рисунок 13. Эскиз техники усиления горизонтального шва (а – винтовыми анкерами; б – лентами FRP)