

# **Усиление каменных конструкций**

## Отличительной особенностью каменных конструкций являются:

- Работа кладки главным образом на сжатие, **незначительная прочность на срез и на растяжение**. В результате при возникновении небольших растягивающих напряжений, в кладке появляются трещины, (например, при неравномерной осадке оснований).
- Кладка состоит из **двух компонентов, обладающих разной прочностью и деформативностью, - кирпича и раствора**. Прочность кирпичной кладки на слабых растворах составляет лишь 10-15%, а при прочных растворах - 30-40% прочности кирпича.
- **Глиняный кирпич** (наиболее распространенный материал для кладки) обладает большой **гигроскопичностью**, которая обуславливает значительную потерю прочностных свойств при увлажнении.
- Каменная кладка - благоприятный материал для создания **разнообразных архитектурных Форм**, здания часто имеют сложную в плане и по высоте конфигурацию со многими выступами, проемами, перепадами, которые обуславливают **неравномерное нагружение стен и фундаментов**.
- Практика показывает, что **большой объем аварий** каменных зданий связан именно **с нарушением технологии производства работ в зимнее время**.

# Проверка несущей способности кладки

Условие прочности кладки с трещинами силовой природы:

$$N \cdot \gamma_f = F \cdot m_k$$

- $\gamma_f$  - коэффициент безопасности (надежности по нагрузкам), принимается  $\gamma_f = 1,7$  для неармированной кладки и  $\gamma_f = 1,5$  для армированной кладки;
- $m_k$  - коэффициент условий работы кладки, имеющей трещины силовой природы

## Коэффициенты $m_k$ для стен, столбов, простенков

| №<br>пп | Характер повреждения кладки   | кладка             |                  |
|---------|---|--------------------|------------------|
|         |   | неармиро<br>ванная | армиро<br>ванная |
| 1       | Трещины в отдельных кирпичах, не пересекающие растворные швы  | 1                  | 1                |
| 2       | Волосные трещины, пересекающие не более двух рядов кладки (длиной 15...18 см)                         | 0,9                | 1                |
| 3       | То же, пересекающие не более 4-х рядов кладки при числе трещин не более 4 на 1 м стены                | 0,75               | 0,9              |
| 4       | Трещины с раскрытием до 2 мм, пересекающие не более 8 рядов кладки при числе трещин не более 4 на 1 м | 0,5                | 0,7              |
| 5       | То же, пересекающие более 8 рядов кладки  | 0                  | 0,5              |

## Коэффициенты $m_k$ для опор балок, ферм, перемычек

| №<br>пп | Характер повреждения кладки   | кладка             |                  |
|---------|---|--------------------|------------------|
|         |   | неармиро<br>ванная | армиро<br>ванная |
| 1       | Местное (краевое) повреждение кладки на глубину до 2 см и образование вертикальных трещин по концам опор (опорных подушек) балок и ферм, пересекающих не более 2 рядов кладки           | 0,75               | 0,9              |
| 2       | То же, при пересечении трещинами не более 4 рядов кладки  | 0,5                | 0,75             |
| 3       | Краевое повреждение кладки на глубину более 2 см и образование вертикальных и косых трещин по концам и под опорами (опорными подушками) балок и ферм, пересекающих более 4 рядов кладки | 0                  | 0,5              |

# Коэффициент, характеризующий низкое качество выполнения кладки $k_3$

| Характер повреждения неармированной кладки  | Коэффициент $k_3$ |
|---|-------------------|
| Отсутствие перевязки рядов кладки   |                   |
| • в 5...6 рядах   | 1,0               |
| • в 8...9 рядах   | 0,9               |
| • в 10...11 рядах   | 0,75              |
| Отсутствие заполнения раствором вертикальных швов                                   | 0,9               |
| Чрезмерная (более 2 см) толщина горизонтальных швов (3..4 шва на 1 м высоты кладки) |                   |
| • при марке раствора 75 и более   | 1,0               |
| • при марке раствора 25...50  | 0,9               |
| • при марке раствора менее 25   | 0,8               |

# Методы усиления каменных конструкций

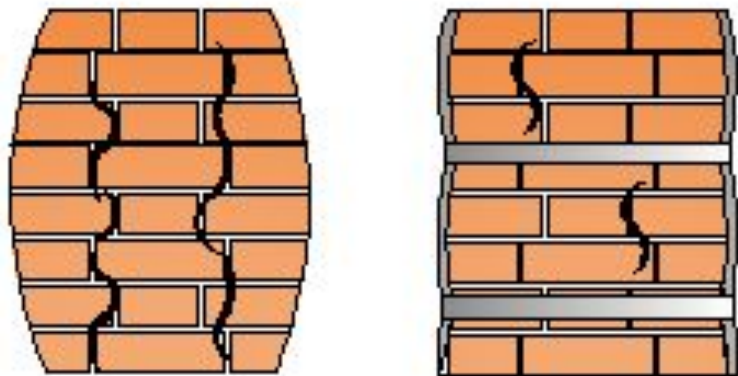
В зависимости от технического состояния каменных конструкций зданий их усиление сводится к:

- усилению отдельных элементов существующей кладки;
- повышению несущей способности перенапряженной кладки в целом;
- повышению пространственной жесткости деформированного здания;
- обеспечению устойчивости стен при разрывах креплений и отклонениях от вертикали;
- обеспечению свободы осадочных деформаций сопрягаемых стен.

# **Усиление отдельных элементов существующей кладки**



## Усиление кладки обоймами

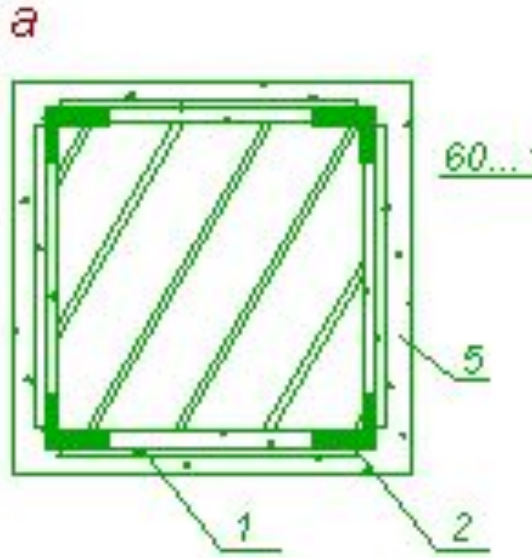


Устройство обойм повышает несущую способность кладки в 1,5...2,5 раза, сравнительно менее трудоемко.

**Сущность обойм** - в ограничении поперечного расширения кладки, что значительно увеличивает трещиностойкость и сопротивляемость кладки воздействию продольной силы.

- Обоймами усиливают отдельные конструкции: простенки, столбы, участки стен, работающие на центральное и внецентренное сжатие.
- Обоймы выполняют стальные, железобетонные, армированные растворные

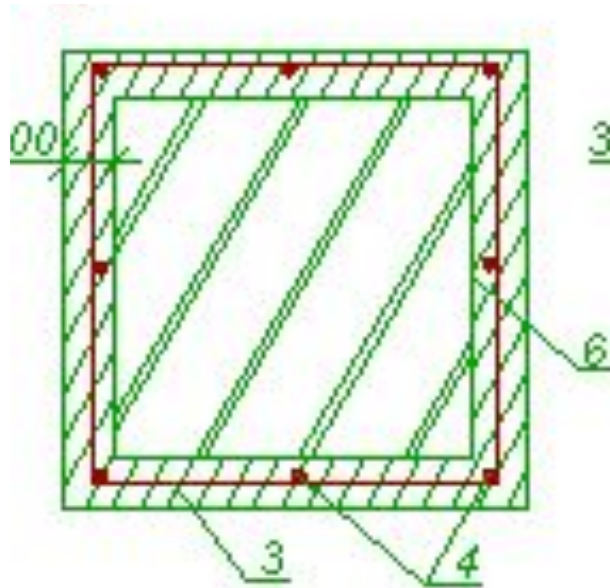
# Стальная обойма



- 1 – планки 35x5...60x12 мм;
- 2 – уголки;
- 5 – раствор;

Стальная обойма выполняется из стальных вертикальных уголков, устанавливаемых на растворе по углам очищенного от штукатурного слоя усиливаемого элемента (простенка, столба), и хомутов из полосовой или круглой стали, приваренных к уголкам. Расстояние между хомутами принимается не более меньшего размера сечения и не более 50 см. Для включения обоймы в работу зазоры между кладкой и уголками зачеканиваются или заинъецируются цементным раствором. Стальная обойма защищается от коррозии слоем цементного раствора толщиной 25...30 мм по металлической сетке.

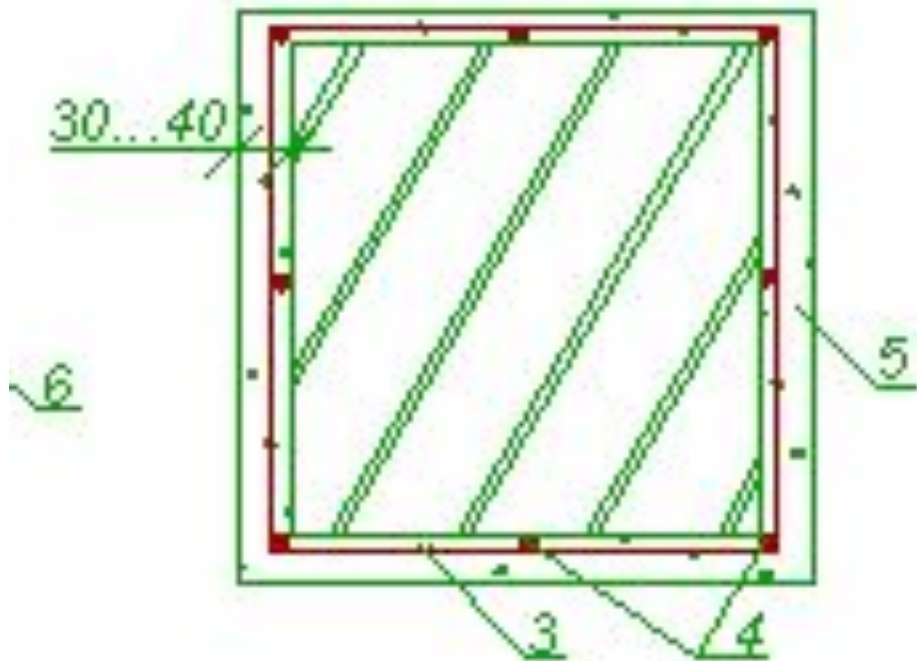
# Железобетонная обойма



- 3 – хомуты;
- 4 – стержни арматурные;
- 6 - бетон

Железобетонная обойма выполняется из бетона класса по прочности не ниже В10 с армированием вертикальными стержнями и сварными хомутами. Расстояние между хомутами не должно превышать 15 см. Толщина обоймы назначается по расчету и принимается в пределах 4...12 см.

# Армированная растворная обойма



Армированная растворная обойма армируется аналогично железобетонной, но вместо бетона арматура покрывается слоем цементного раствора марки М75...М100 толщиной 30...40 мм.

- 3 – хомуты;
- 4 – стержни арматурные;
- 5 – раствор;

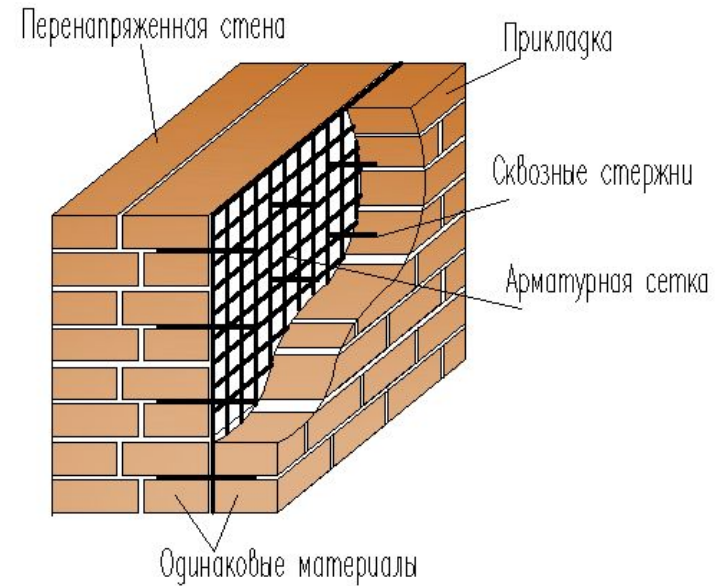
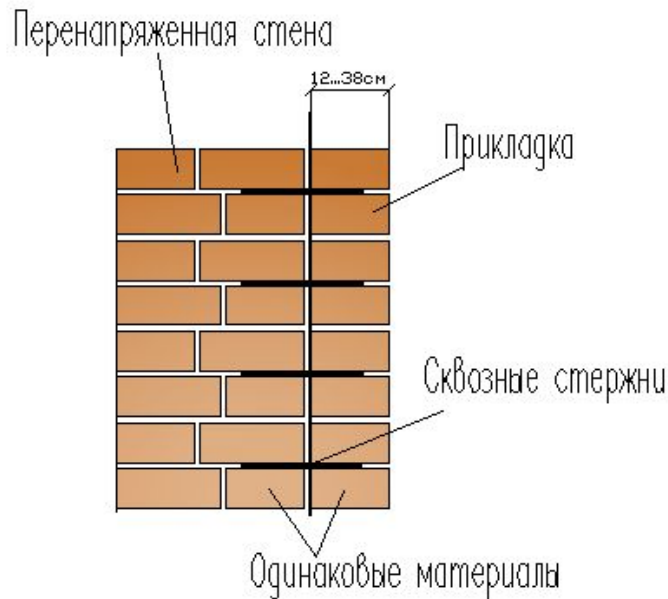
**Повышение несущей способности  
перенапряженной кладки в целом**

- Выполняется, если натурными обследованиями и проверочными расчетами или ввиду надстройки здания выявлена необходимость повышения несущей способности кладки в целом.

Методы:

- набетонка или прикладка;
- замена кладки (перекладка);
- инъецирование растворов;

# Прикладка



Осуществляется устройством новой кладки с одной или двух сторон перенапряженной стены.

# Прикладка

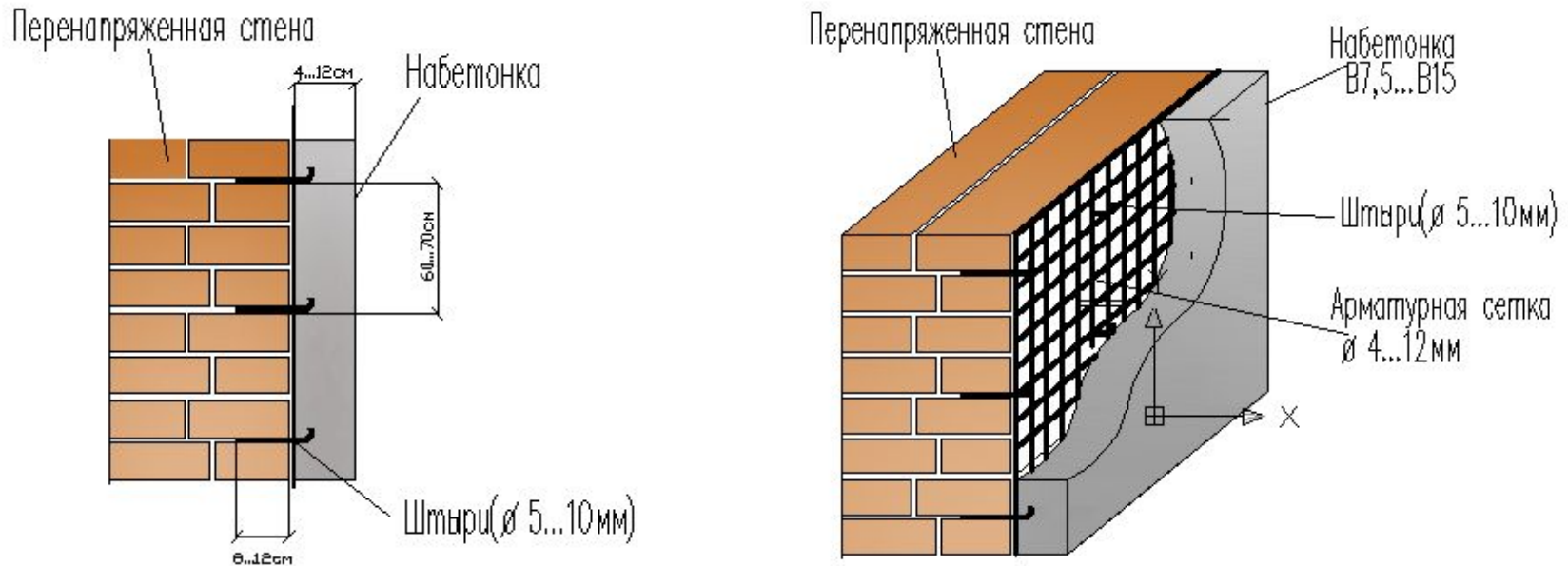
Прикладку выполняют из тех же материалов, что и основная стена.

Для повышения несущей способности кладку армируют сетками и каркасами. Толщина прикладки, определяется расчетом и составляет 12...38 см и более.

Для обеспечения совместной работы с основной кладкой прикладка должна иметь конструктивную связь с основной кладкой (перевязка, шпонки, штыри, сквозные стержни и пр.).



# Набетонка



Выполняется из тяжелого или легкого бетонов В7,5...15, армированных сетками диаметром 4...12 мм

Толщина бетонных слоев определяется расчетом и колеблется от 4 до 12 см.

# Набетонка

- Набетонку проводят на высоту этажа в опалубке с вибрированием или послойно бетонированием методом торкретирования.
- Для улучшения сцепления бетона с кладкой горизонтальные и вертикальные швы предварительно расчищают, поверхность кладки стен насекают и промывают.
- Арматурные сетки крепят к стальным штырям диаметром 5...10 мм, заделанным на цементном растворе М100 в швы кладки или отверстия, просверленные электродрелью.
- Глубина заложения штырей 8...12 см, шаг по длине и высоте 60...70 см, при шахматном расположении - 90 см. При двусторонней набетонке диаметр сквозных стержней 12...20 мм.
- Несущую способность стен, усиленных набетонкой, рассчитывают как для многослойных стен с жесткой связью между слоями.

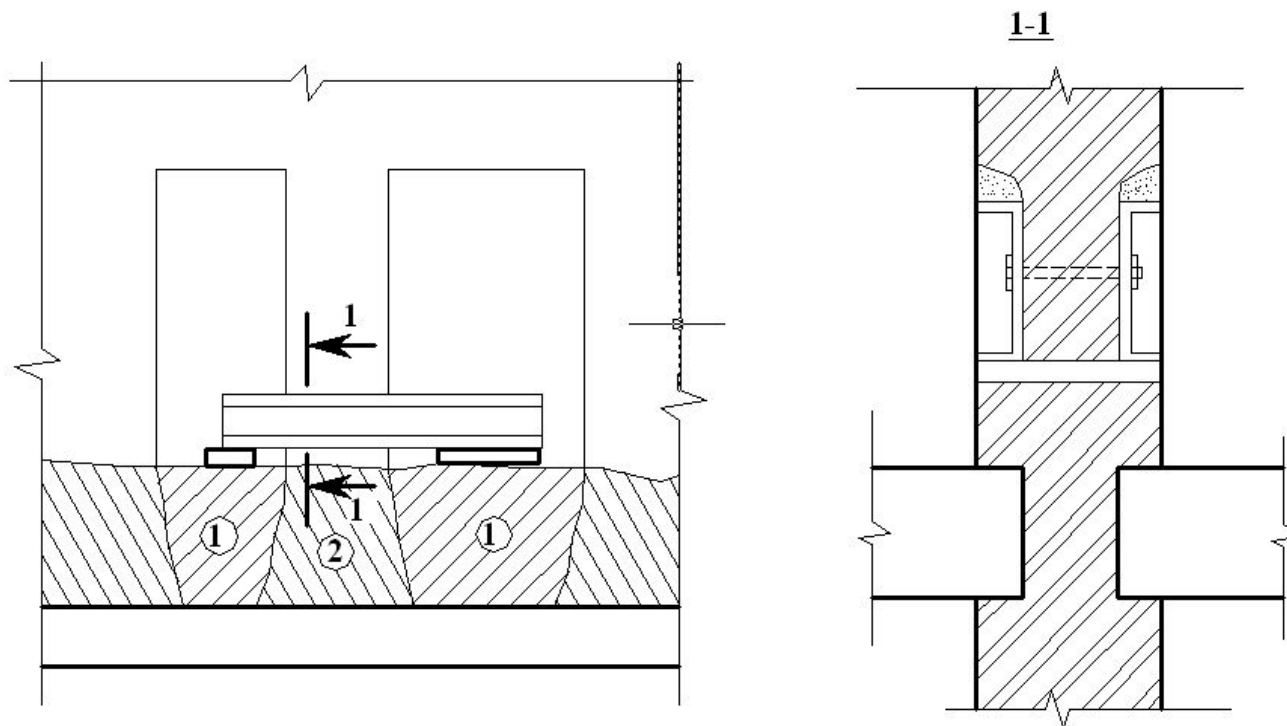
# Замена кладки

Производится при надстройке и реконструкции, когда:

- несущая способность недостаточна;
- при аварийном состоянии стен;
- понижении несущей способности кирпича в результате увлажнения.

Наиболее часто встречающаяся задача замены кладки связана с увлажнением кладки нижнего пояса первых этажей до уровня оконных проемов.

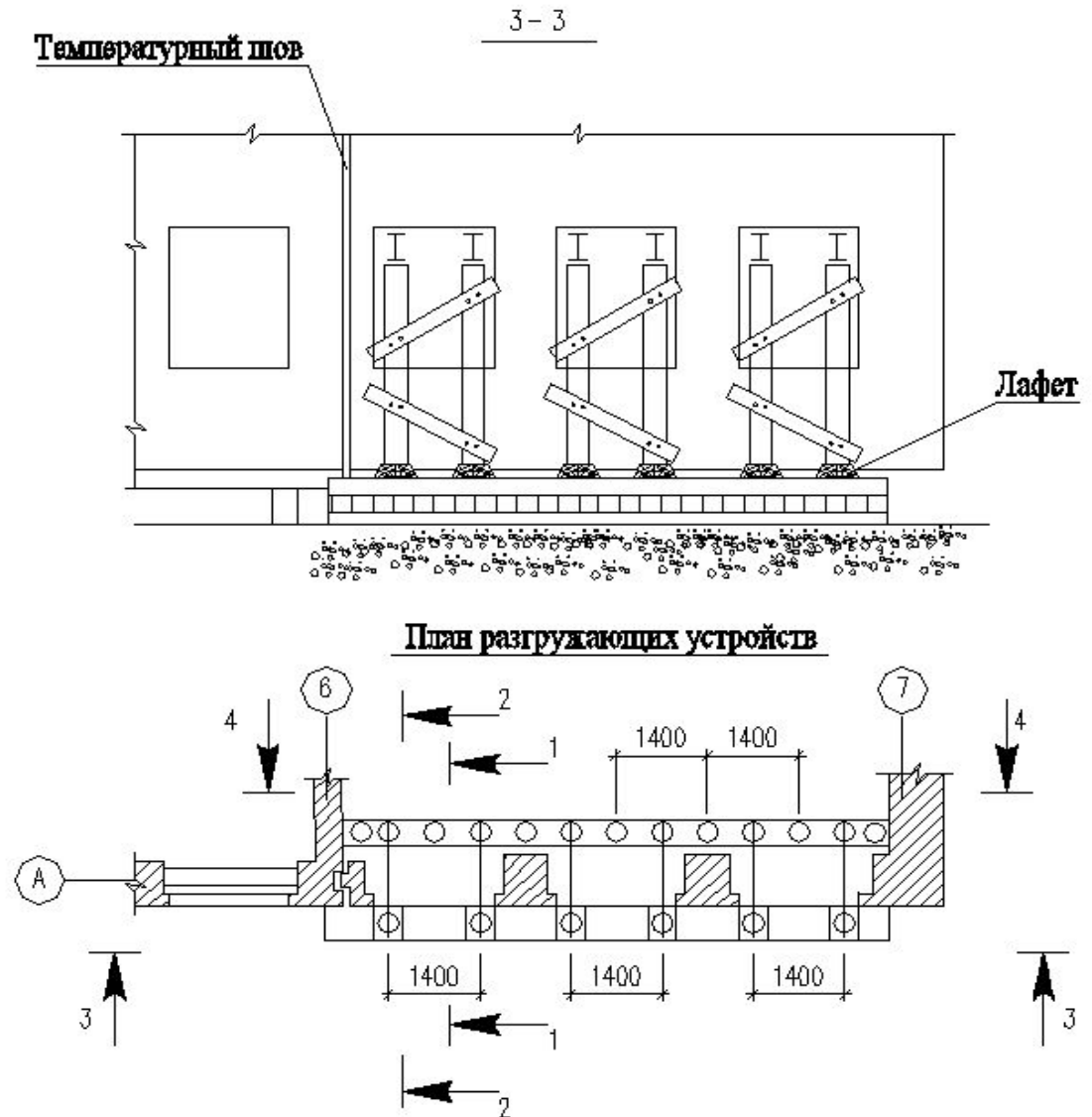
## Разгрузка подпростеночного участка кладки устройством швеллеров. 1, 2 – порядок замены кладки



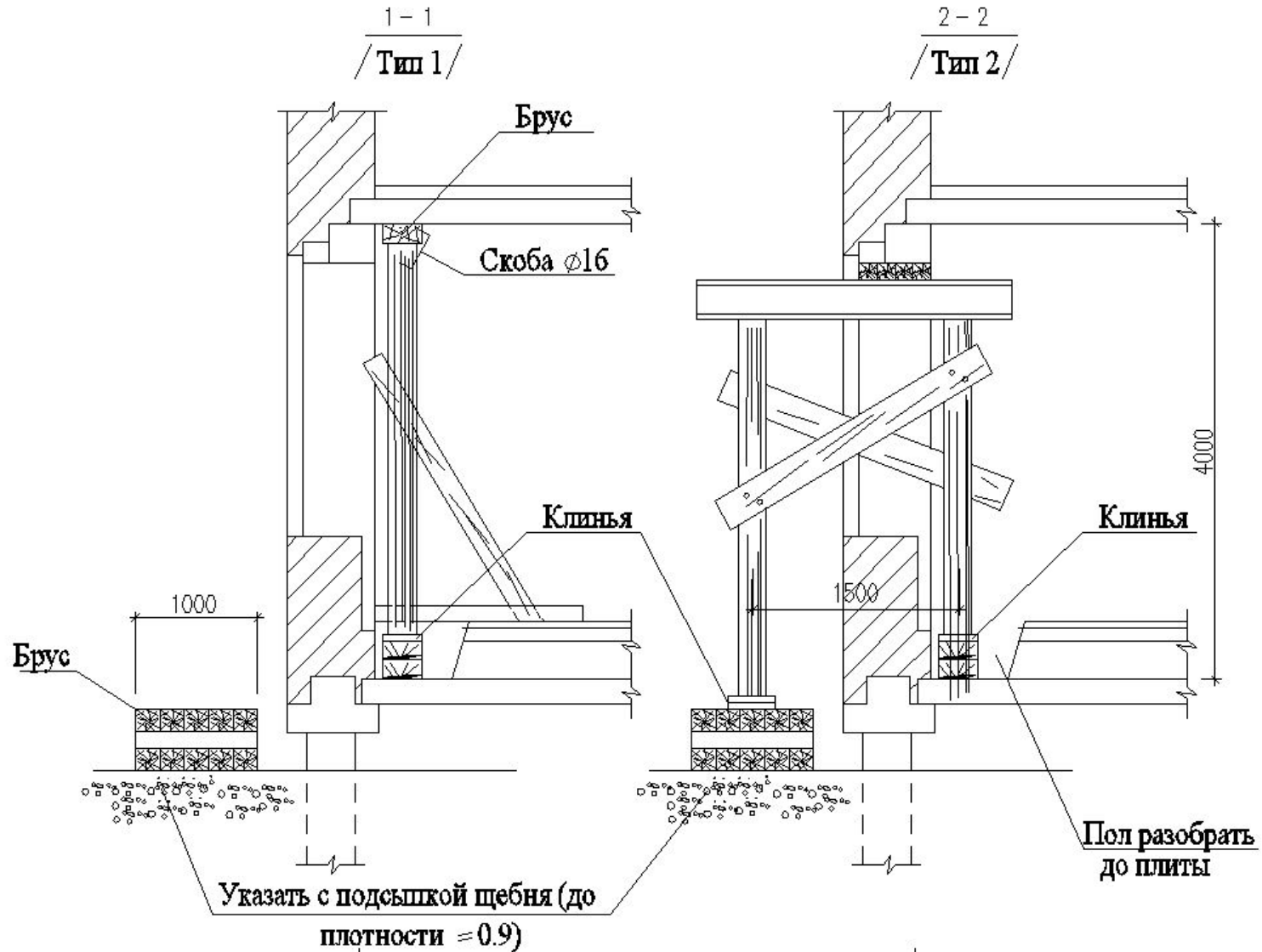
Технологически важно обеспечить разгрузку подпростеночного участка кладки, выбрать правильный порядок перекладки, для исключения перенапряжений смежных усиливаемому простенков, обеспечить равномерную передачу нагрузок от старой кладки (простенков) на вновь уложенную кладку.

# Замена кладки широких простенков (более 1 м)

Для замены кладки широких простенков разгружающие элементы выполняются из парных стоек, устанавливаемых по обеим сторонам проема - /типа 1/, а также одиночных стоек, поддерживающих междуэтажное перекрытие - /типа 2/. Для исключения продавливания плит перекрытия опоры необходимо довести до грунтов оснований, для чего устанавливаются основания в виде настила из бруса с устройством щебня в грунт



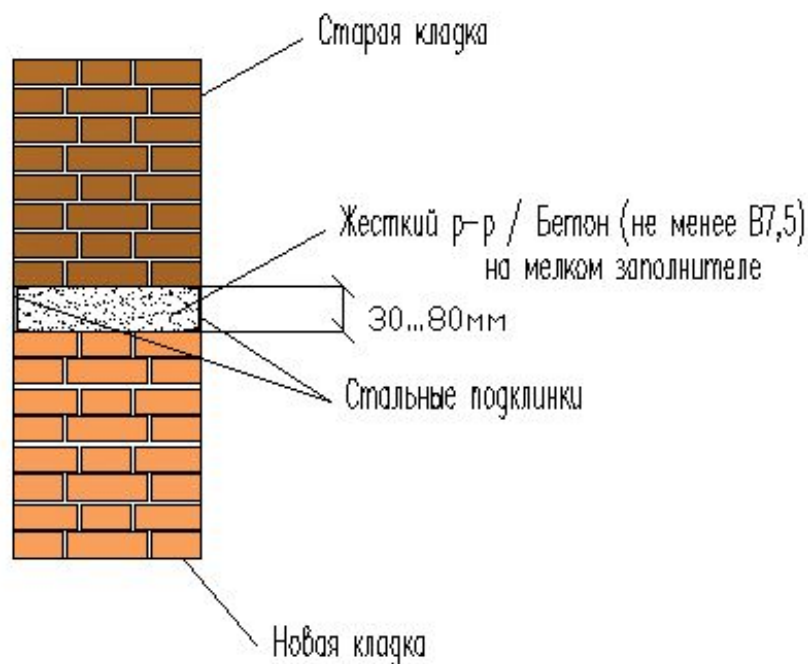
# Разгружающие устройства (тип 1 и тип 2)



# Порядок выполнения работ по замене кладки

- В первую очередь заменяется участок кладки под проемами, а затем - под простенками.
- Разгрузка подпростеночного участка кладки осуществляется устройством швеллеров в предварительно вырубленные штрабы и стянутых болтами. Балки устанавливаются на заменяемые, в первую очередь, подоконные участки кладки через металлические опорные прокладки после набора 50%-й прочности раствора (через 5 суток).
- Во избежание перенапряжения смежных простенков принято выполнять перекладку подпростеночных участков одновременно не ближе чем через 2 простенка, и в количестве не более 5-ти.

# Обеспечение равномерной передачи нагрузок от старой кладки на новую

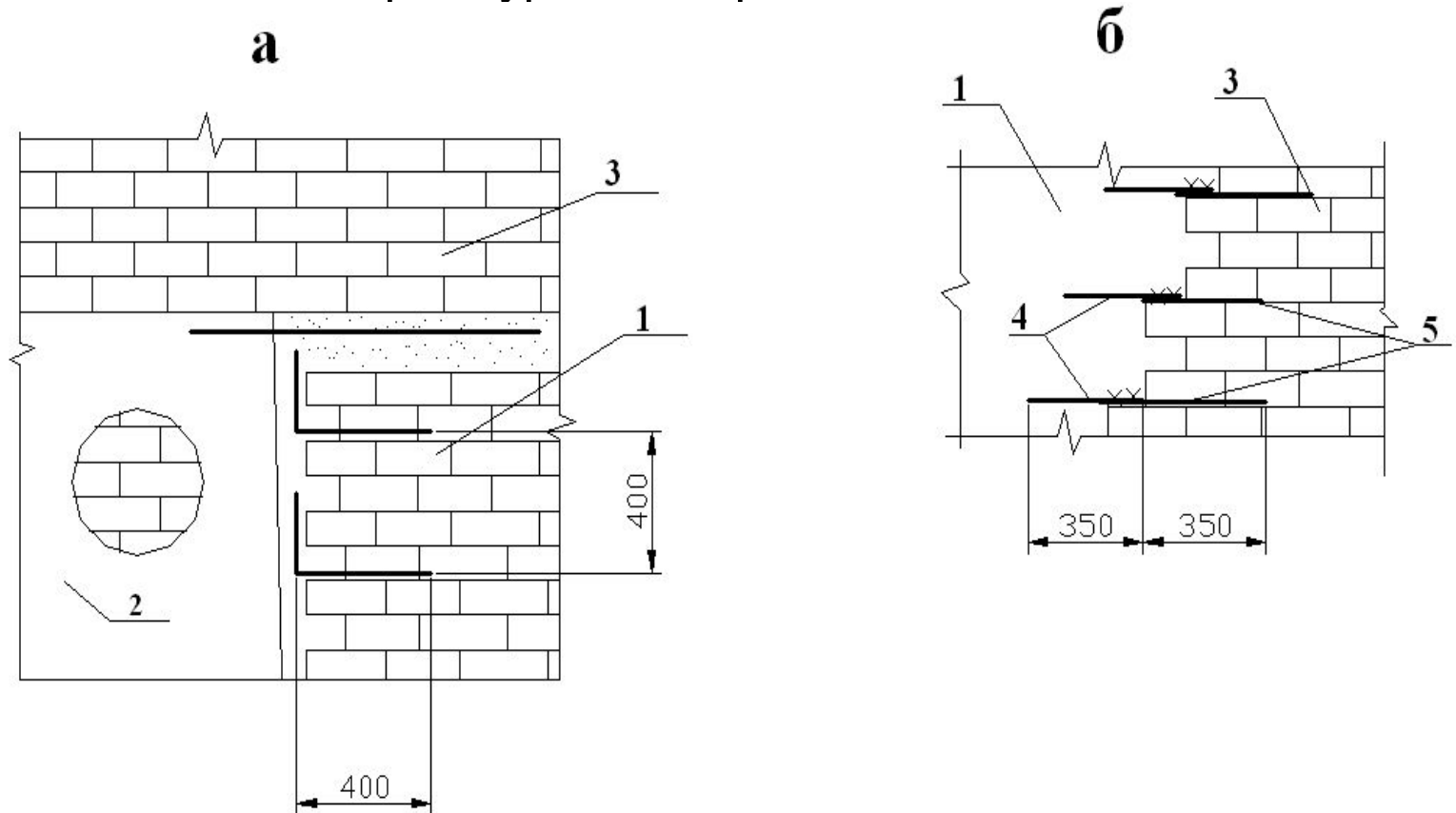


Обеспечивается:

- заполнением зазора между ними 30...80 мм жестким раствором или бетоном на мелком заполнителе класса не менее В7,5.
- для обеспечения надежности рекомендуется использование подкладки стальными пластинами



Соединение новой кладки на арматурных выпусках: а- при поэтапной кладке; б – при соединении со старой кладкой. 1 – новая кладка; 2 – кладка, укладываемая во вторую очередь; 3 – старая кладка; 4 – арматурная сетка 4Вр-I с ячейкой 100x100; 5 – арматурные стержни 6А-III



Для улучшения связи между участками кладки, укладываемыми последовательно в швах, устраиваются арматурные сетки.

# Разгрузка перекрытий

- Разгрузка, как правило, осуществляется устройством опорных стоек на клиньях, устанавливаемых непосредственной близости от разбираемой конструкции. Состав опорных стоек входят брус 150x150 или 180x180 оснований, на которые устанавливается круглый лес 160 или 180, крепежные доски, объединяющие стойки между собой, и деревянные клинья.
- Опорные стойки обязательно должны устанавливаться с разборкой пола до железобетонных плит перекрытий и доводиться до грунтов или фундаментных балок. Важно обеспечить эффективное включение разгружающих стоек в работу путем подклинки, осуществляя разгрузку постепенно, начиная с нижних этажей.
- Разгружающие конструкции разбирают после того, как раствор новой кладки наберет 50% проектной прочности.

# Повышение монолитности кладки инъецированием

Существенное улучшение работы кладки, повышение ее однородности достигается инъецированием цементных или полимерцементных растворов. Инъекционная композиция при нагнетании в поврежденную или неповрежденную кладку проникает в контактную зону между кирпичом и раствором, хорошо заполняет вертикальные швы, пустоты кладки, трещины. Растворная постель кладки выравнивается, становится более равномерной, и при этом в сжимаемой кладке снижаются растягивающие и срезающие напряжения, что и увеличивает ее несущую способность.

- Прочность неповрежденной кладки при этом увеличивается на 40...75%.
- Достоинством усиления инъецированием является возможность его осуществления без остановки производства, при небольших затратах материалов и без нарушения габаритных размеров конструкций.

Для усиления кладки с раскрытием трещин **1,5 мм и более** рекомендуются **цементно-полимерные растворы** состава:

- цемент;
- полимер ПВА;
- песок в соотношении 1:0,15:0,3 при В/Ц = 0,6;

**цементно-песчаные растворы** состава:

- цемент;
- пластификатор нитрит натрия;
- песок в соотношении 1:0,05:0,3 при В/Ц = 0,6.

Для усиления кладки с раскрытием трещин **до 1,5 мм** рекомендуется **полимерраствор** состава:

- эпоксидная смола ЭД-20 (или ЭД-16) - 100;
- модификатор МГФ-9 - 30;
- отвердитель полиэтиленполиамин - 15;
- тонкомолотый песок - 50
- или цементно-полимерный раствор состава: цемент; полимер ПВА; песок в соотношении 1:0,15:0,25 при В/Ц = 0,6.

Повышение прочности кладки, усиленной инъецированием в расчетах, учитывается введением поправочного коэффициента, величина которого принимается равной:

- 1,1 - для кладки с трещинами силовой природы, усиленной цементным и цементно-полимерным раствором;
- 1,3 - то же, усиленной полимерным раствором;
- 1,0 - для кладки с трещинами от неравномерной осадки стен или нарушения связи между стенами.

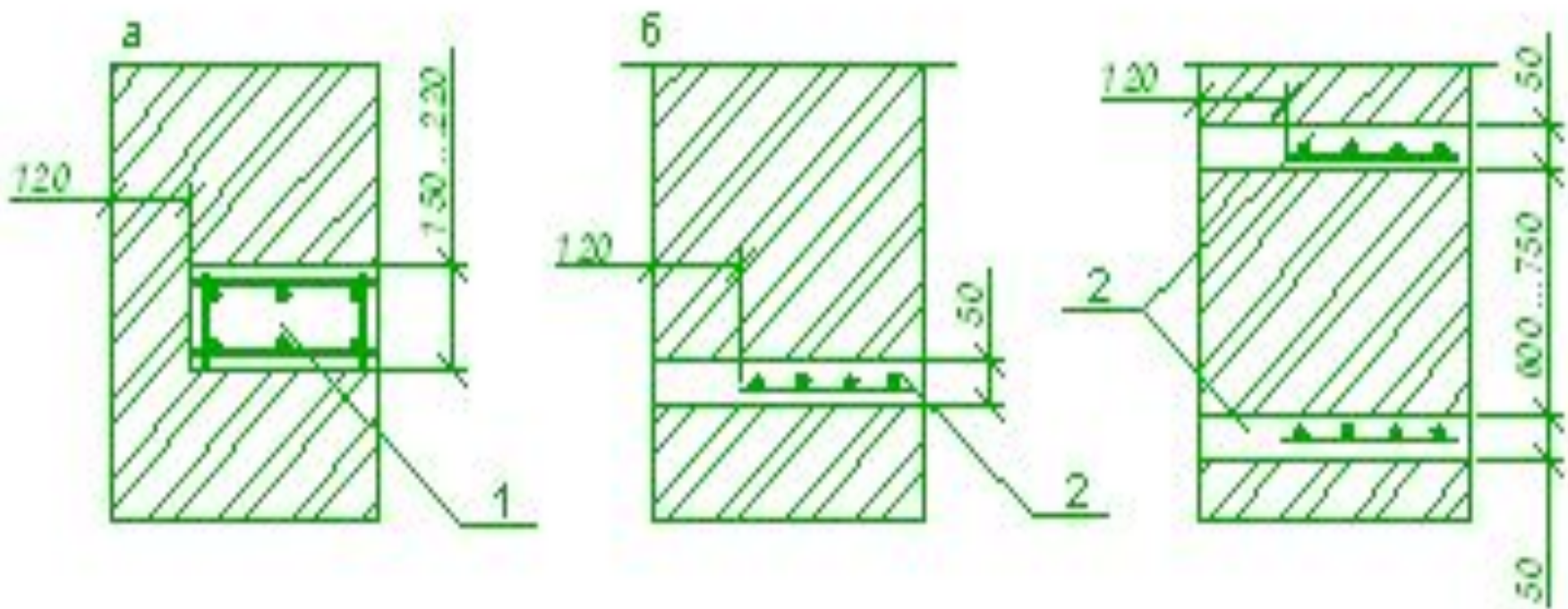
# **Повышение пространственной жесткости каменного здания**

Достигается устройством:

- **железобетонных, армированных растворных и армокирпичных поясов;**
- **напряженных стальных поясов (объемное обжатие);**
- **стальных каркасов.**

## Устройство железобетонных (а), армированных растворных (б) и армокирпичных (в) поясов

Пояса и швы равномерно распределяют нагрузку, воспринимают растягивающие усилия, возникающие от неравномерных осадок, и, увеличивая прочность стен, способствуют сохранению общей жесткости здания



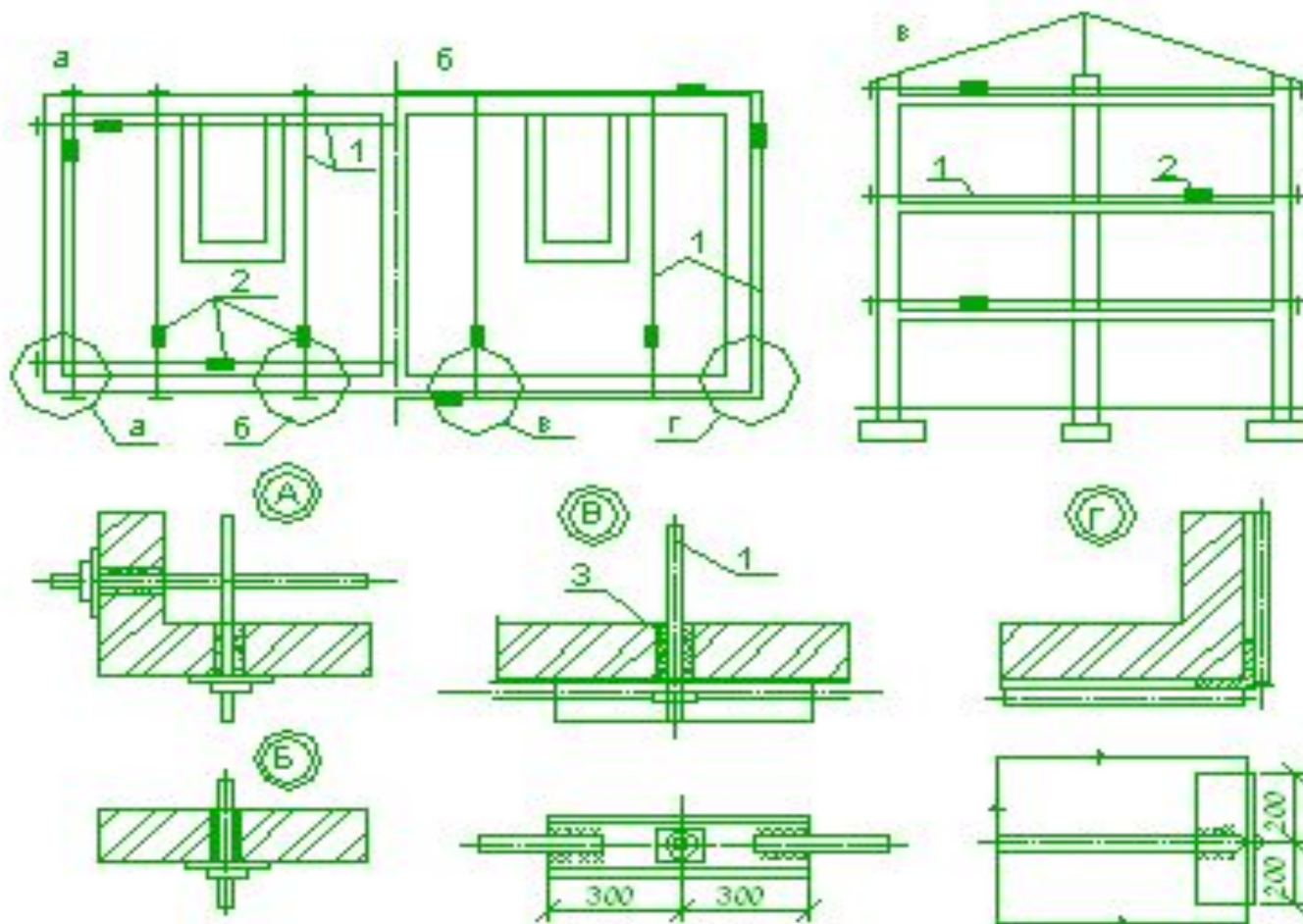


# Устройство напряженных стальных поясов (объемное обжатие)

- Рекомендуется при неравномерной осадке грунтов основания, а также некачественной перевязке швов. В этом случае с помощью металлических тяжей, располагаемых на уровне перекрытий, создается объемное обжатие здания или его части. Диаметры тяжей принимают 25...40 мм.
- Тяжи располагаются по поверхности стен или в бороздах сечением 70x80 см. Борозды после натяжения заделываются цементным раствором. Крепление тяжей осуществляется к вертикальным уголкам и швеллерам, устанавливаемым на цементном растворе.
- Натяжение осуществляется при помощи муфт с левой и правой резьбой механическим способом после предварительного разогрева.

# Объемное обжатие каменного здания на уровне перекрытий:

1 – тяж; 2 – муфта натяжения; 3 - раствор



## **Устройство стальных каркасов.**

- При значительных осадочных деформациях практикуется укрепление коробки здания устройством стальных каркасов.
- По наружным стенам зданий в углах и в местах пересечения с внутренними несущими стенами устанавливаются стойки, которые в уровне междуэтажных перекрытий по периметру здания объединяются поясами из прокатной стали.
- Стойки через внутренние помещения соединяются преднапряженными тяжами.

## Обеспечение устойчивости стен при разрывах креплений и отклонениях от вертикали

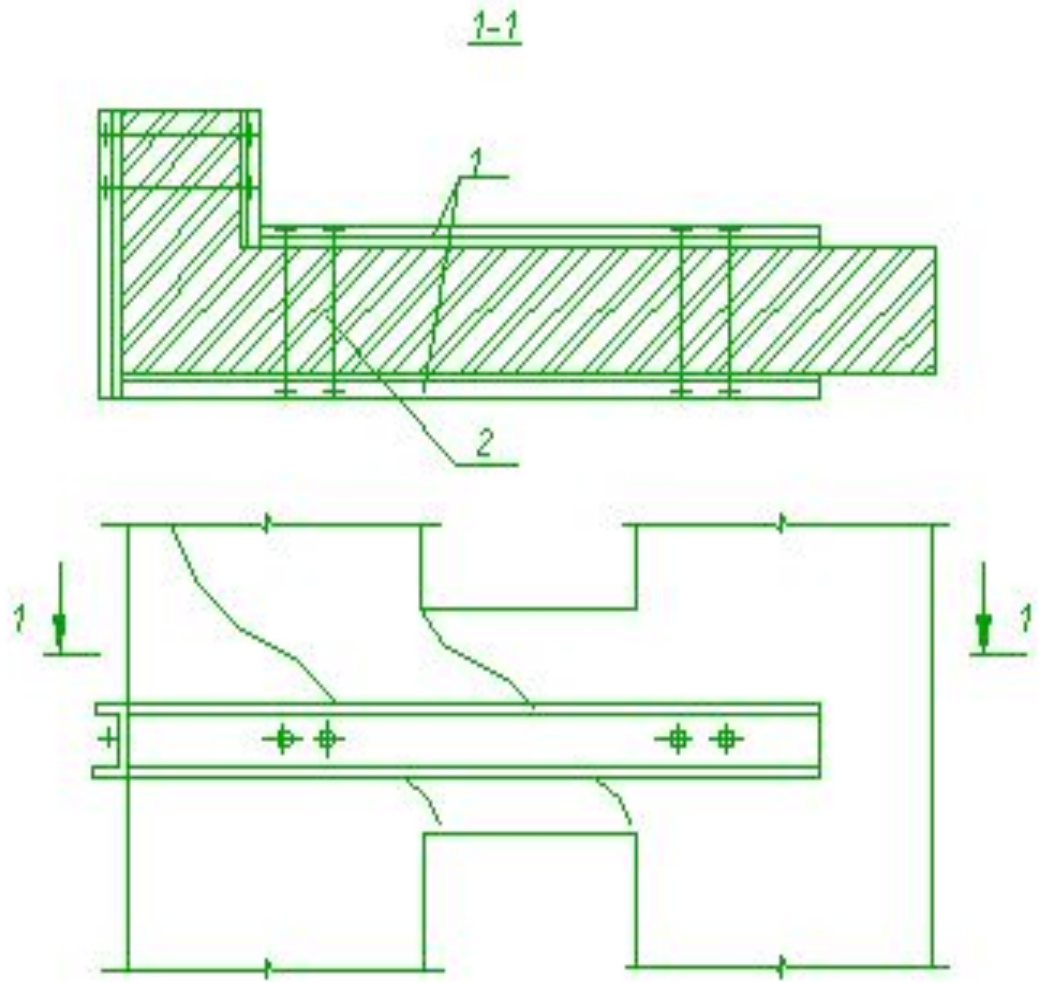
Осуществляется:

- с двух сторон стены на уровне перекрытий устройством металлических балок (швеллеров N16...20), стянутых болтами.
- установкой стальных тяжей диаметром 20...25 мм в уровне перекрытий.
- устройством арматурных сеток в слое торкретштукатурки или торкретбетона.

# Усиление отклонившихся углов зданий стальными балками

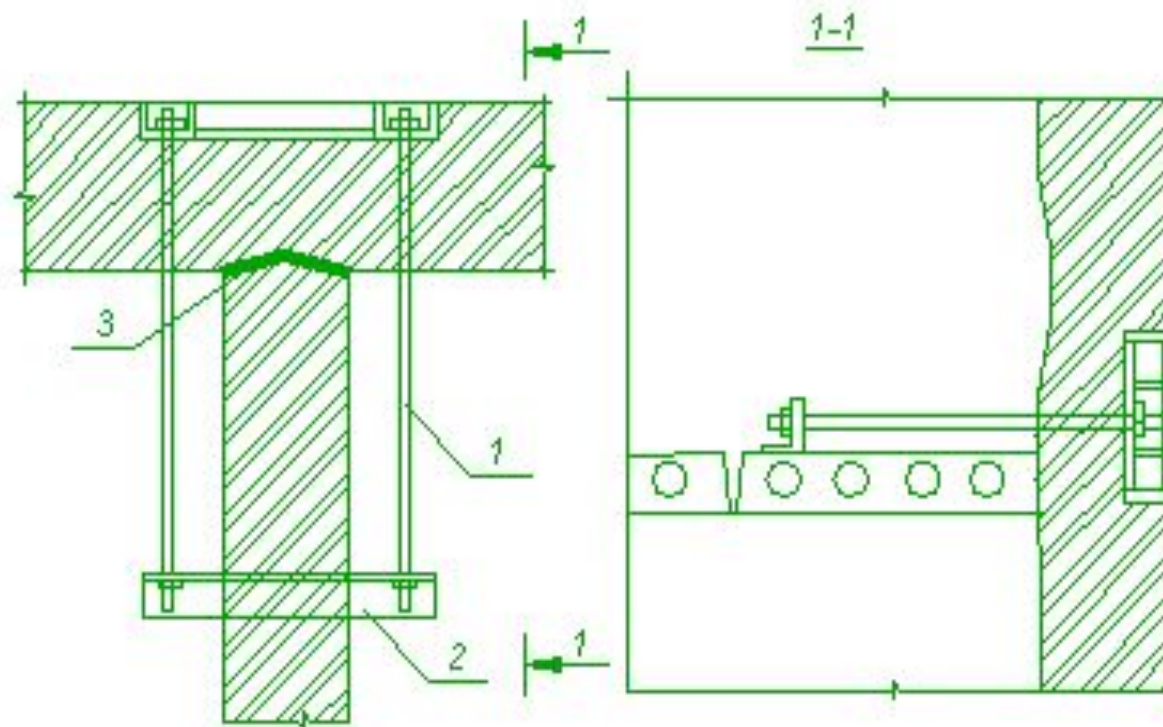
Балки устраиваются с двух сторон стены на уровне перекрытий (швеллеры N16...20) и стягиваются болтами (M16...20).

Балки рекомендуется укладывать в борозды, вырубленные с двух сторон с последующим стягиванием болтами и заделкой раствором по сетке.



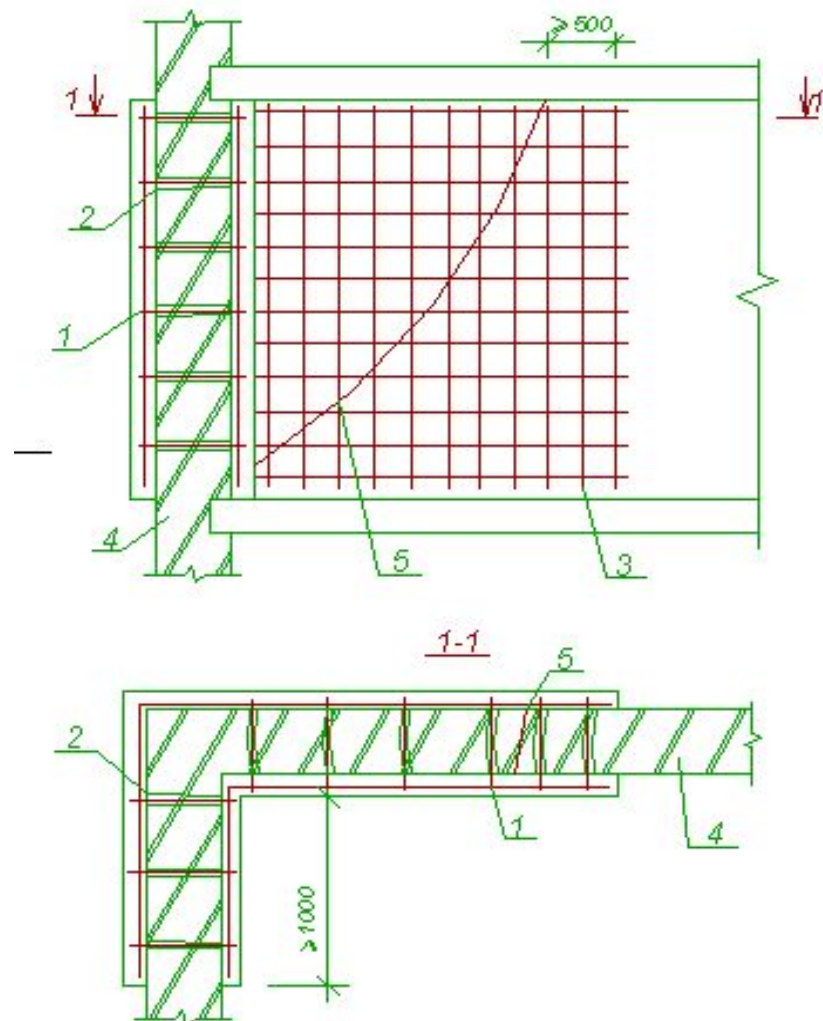
## Крепление стен при разрывах поверхности сопряжения продольных и поперечных стен

Устанавливаются стальные тяжи диаметром 20...25 мм в уровне перекрытий. Тяжи закрепляются в наружной и внутренней стенах распределительными прокладками из швеллеров или уголков.



1 – стальной тяж диаметром 20...24 мм; 2 – уголок 75x75 мм; 3 – поверхность разрыва

- Усиление стены с трещиной арматурными сетками в слое торкретбетона (торкретштукатурки):
- 1 – анкеры  $d6$  мм в шахматном порядке с шагом не более 600 мм;
- 2 – отверстия в стене;
- 3 – арматурная сетка;
- 4 – торкретбетон;
- 5 – трещина в стене



При односторонней сетке анкера выполняются Г-образные из арматуры периодического профиля, при двусторонней сетке - Z-образные из гладкой арматуры. При наличии трещин сетки заводятся за трещину не менее чем на 500 мм. Толщина торкретбетона принимается по расчету, но менее 40 мм.