

УСИЛЕНИЕ СЖАТОЙ ЗОНЫ КОНСТРУКЦИЙ

Усиление сжатой зоны производится увеличением поперечного сечения, установкой дополнительной сжатой арматуры, ограничением поперечных деформаций усиливаемой конструкции.

Совместная работа старого и нового бетона при увеличении поперечного сечения усиливаемой конструкции достигается устройством в старом бетоне открытых пазов, насечки или дополнительными поперечными арматурными стержнями, соединенными с арматурой усиливаемой конструкции.

Совместная работа дополнительной сжатой арматуры с усиливаемой конструкцией обеспечивается приваркой к существующей арматуре; приклеиванием к бетону сжатой зоны. После установки в проектное положение дополнительная арматура обетонируется и покрывается антикоррозионными и огнезащитными составами

Увеличение поперечного сечения сжатой зоны усиливаемой конструкции производится устройством наращивания, рубашек или обойм из бетона на безусадочном цементе

Усиление наращиванием заключается в том, что усиливаемая конструкция увеличивается по высоте или ширине (снизу, с боков или сверху усиливаемого элемента).

Характерной особенностью этого способа является восприятие касательных напряжений, действующих в плоскости контакта старого бетона с новым, специальной дополнительной арматурой, привариваемой к арматуре усиливаемой конструкции, предварительно обнажаемой скалыванием защитного слоя в местах приварки.

Наращивание применяется для усиления любых железобетонных конструкций (как монолитных, так и сборных).

При наращивании не рекомендуется применение арматурных стержней диаметром менее 10 мм.

При скалывании защитного слоя, расположенного в сжатой зоне, следует учитывать временное снижение несущей способности.

Расчет железобетонных конструкций, усиленных увеличением поперечного сечения сжатой зоны и установкой дополнительной сжатой арматуры производится в предположении совместной работы дополнительного сечения бетона и арматуры с усиливаемой конструкцией по общему случаю расчета из условия:

$$\left. \begin{array}{l} \text{для изгибаемых} \\ \\ \text{для} \\ \text{внецентренно} \\ \text{растянутых} \\ \text{и сжатых} \end{array} \right\} \begin{array}{l} M \\ \\ Ne \end{array} \leq R_b S_b + R_{b,ad} S_{b,ad} - \sum_{i=1}^n \sigma_{si} S_{si} - \sum_{j=1}^m \sigma_{s,adj} S_{s,adj}$$

где e - расстояние от места приложения внешней продольной силы до центра тяжести наиболее растянутой или наименее сжатой арматуры

$$\left. \begin{array}{l} \text{для изгибаемых} \\ \\ \text{для} \\ \text{внецентренно} \\ \text{растянутых} \\ \text{для} \\ \text{внецентренно} \\ \text{и сжатых} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0 \\ N \\ -N \end{array} \left\{ + R_b A_b + R_{b,ad} A_{b,ad} - \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} - \sum_{j=1}^m \sigma_{s,adj} A_{s,adj} = 0 \right.$$

Расчет прочности усиленных конструкций прямоугольного поперечного сечения производится :

- если соблюдается условие:

для изгибаемых

внецентренно

растянутых

внецентренно сжатых

0

N

- N

}

+ R_s A_s ≤ R_{b,ad} b h_{ad}' + R_{sc,ad} A_{s,ad}'

То

есть

x ≤ h_{ad}'

расчет производится, как для элемента, выполненного из одного класса бетона

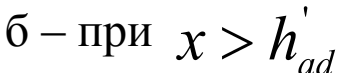
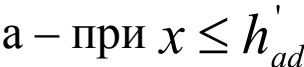
для изгибаемых
 для внецентренно
 растянутых
 и внецентренно сжатых

$$\left. \begin{array}{l} M \\ Ne \end{array} \right\} \leq R_{b,ad} b x \left(h_0 + h'_{ad} - \frac{x}{2} \right) + R_{sc,ad} A'_{s,ad} (h_0 + h'_{ad} - a'_{ad})$$

где e - расстояние от продольной силы до центра тяжести растянутой арматуры.
 При этом высота сжатой зоны определяется из условия:

для изгибаемых
 для внецентренно
 растянутых
 и внецентренно сжатых

$$\left. \begin{array}{l} 0 \\ N \\ -N \end{array} \right\} + R_{b,ad} b x + R_{sc,ad} A'_{s,ad} = R_s A_s$$

$$\xi \geq \xi_R$$


при $x > h'_{ad}$

расчет производится с учетом различных классов бетона

$$\left. \begin{array}{l} M \\ Ne \end{array} \right\} \leq R_b b (x - h'_{ad}) \left(h_0 + \frac{h'_{ad}}{2} - \frac{x}{2} \right) + \\
 + R_{sc} A'_s (h_0 - a') + R_{b,ad} b \cdot h'_{ad} \left(h_0 + \frac{h'_{ad}}{2} \right) + \\
 + R_{sc,ad} A'_{s,ad} (h_0 + h'_{ad} - a'_{ad})$$

где X определяется из
условия

для
изгибаемых

для
внецентренно
растянутых

и
внецентренно
сжатых

$$\left. \begin{array}{l} 0 \\ N \\ -N \end{array} \right\} + R_{b,ad} b (x - h'_{ad}) + R_{sc} A'_s +$$

$$+ R_{b,ad} b h'_{ad} + R_{sc,ad} A'_{s,ad} = R_s A_s$$

Расчет прочности нормальных сечений конструкций, имеющих полку в сжатой зоне, с усиленной сжатой зоной путем наращивания производится в зависимости от положения границы сжатой зоны.

Если граница сжатой зоны проходит в полке **в пределах бетона наращивания**, т.е. при

$$\xi \leq \xi_R$$

соблюдается условие:

$$\left. \begin{array}{l} \text{для изгибаемых} \\ \text{внецентренно растянутых} \\ \text{внецентренно сжатых} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0 \\ N \\ -N \end{array} + R_s A_s \leq R_{b,ad} b'_f h'_{ad} + R_{sc,ad} A'_{s,ad}$$

расчет производится как для прямоугольного сечения шириной $b = b'_f$

выполненных из бетона одного класса

Если граница сжатой зоны проходит в полке в пределах бетона усиливаемой конструкции

соблюдается условие:

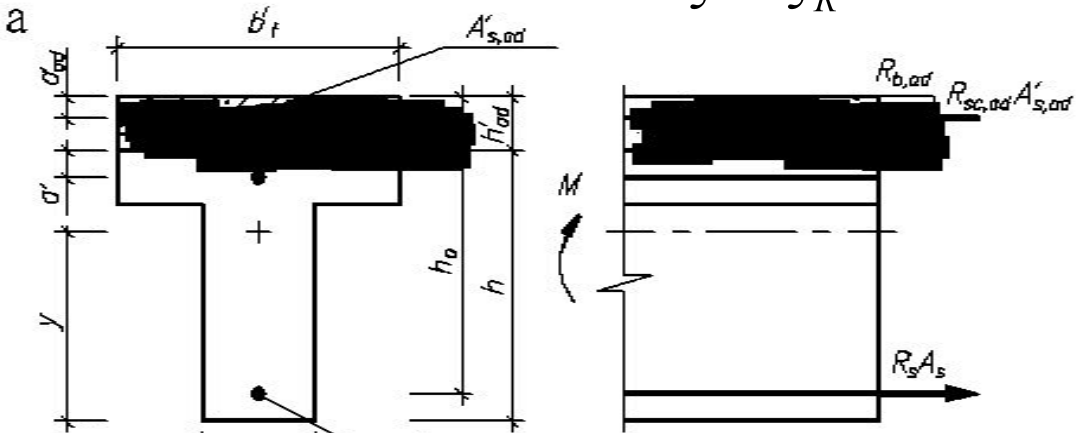
$$\left. \begin{array}{l} \text{для изгибаемых} \\ \text{Внецентренно} \\ \text{растянутых} \\ \text{внецентренно сжатых} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0 \\ N \\ N \\ -N \end{array} + R_s A_s \leq R_{b,ad} b'_f h'_f + R_{sc,ad} A'_s + R_{b,ad} b'_f h'_{ad} + R_{sc,ad} A_{sc,ad}$$

расчет производится как для прямоугольного сечения шириной

$$b = b'_f$$

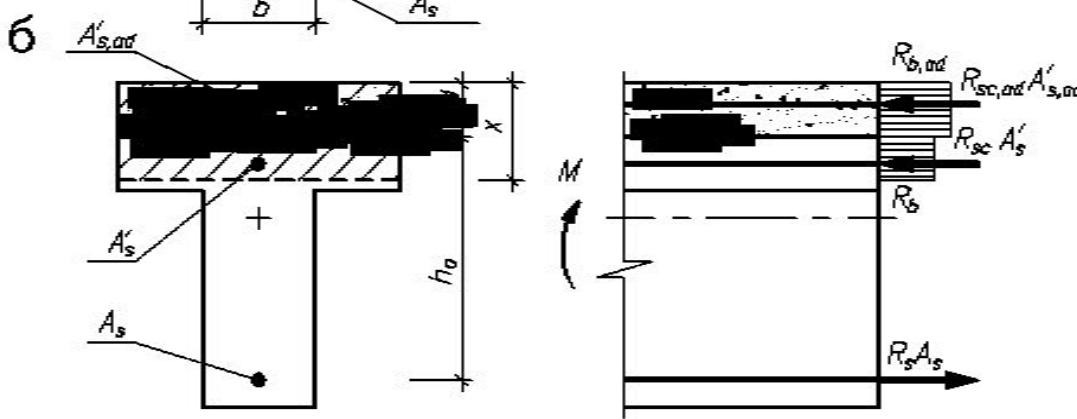
с учетом бетона разных классов

Схемы усилий и эпюры напряжений в тавровом сечении с полкой в сжатой зоне элемента, усиленного наращиванием, при $\xi \leq \xi_R$



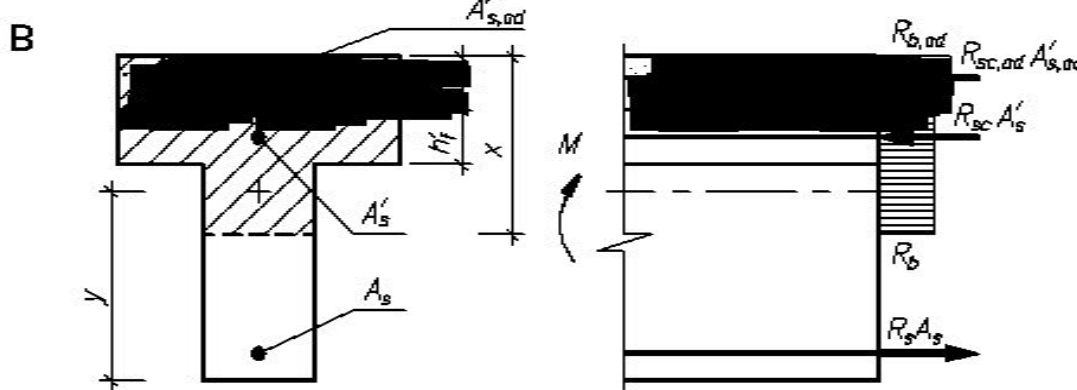
а – при

$$x < h'_{ad}$$



б – при

$$h'_{ad} < x < h'_{ad} + h'_f$$



в – при

$$x > h'_{ad} + h'_f$$

Если граница сжатой зоны проходит в ребре, расчет производится из условия:

для изгибаемых

внецентренно растянутых
и сжатых

$$\left. \begin{matrix} M \\ Ne \end{matrix} \right\} \leq R_b (b'_f - b) h'_f \left(h_0 - \frac{h'_f}{2} \right) +$$

$$+ R_b b (x - h'_{ad}) \left(h_0 + \frac{h'_{ad}}{2} - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') +$$

$$+ R_{b,ad} b'_f h'_{ad} \left(h_0 + \frac{h'_{ad}}{2} \right) + R_{sc,ad} A'_{s,ad} (h_0 + h'_{ad} - a'_{ad})$$

Высота сжатой зоны определяется по формуле:

для изгибаемых

внецентренно растянутых

внецентренно сжатых

$$\left. \begin{matrix} 0 \\ N \\ -N \end{matrix} \right\} + R_b (b'_f + b) h'_f + R_b b (x - h'_{ad}) +$$

$$+ R_{sc} A'_s + R_{b,ad} b'_f h'_{ad} + R_{sc,ad} A'_{s,ad} = R_s A_s$$

При расчете наращивания усиливаемых конструкций в случае соблюдения условия

$$x \leq h'_{ad}$$

а также выполненного из бетона того же класса, что и усиливаемая конструкция без учета сжатой арматуры толщина наращивания определяется по формуле

$$h'_{ad} = \frac{Ne}{R_s A_s \xi N} + 0.5 \frac{R_s A_s \xi N}{R_{b,ad} b} - h_0$$

Для изгибаемых конструкций

$$Ne = M,$$

$$N = 0.$$

Знак "минус" - для внецентренно растянутых,

знак "плюс" - для внецентренно сжатых конструкций.

Одним из распространенных способов усиления стержневых элементов являются обоймы, характерной особенностью которых является охват усиливаемого элемента со всех четырех сторон .

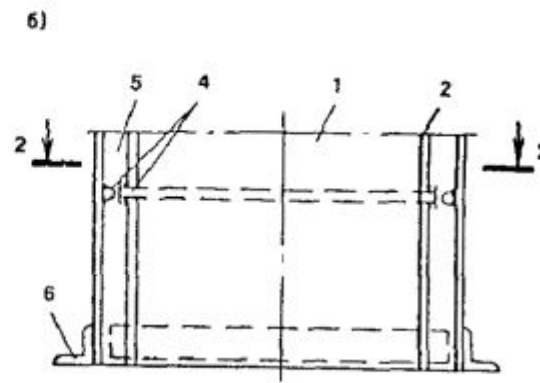
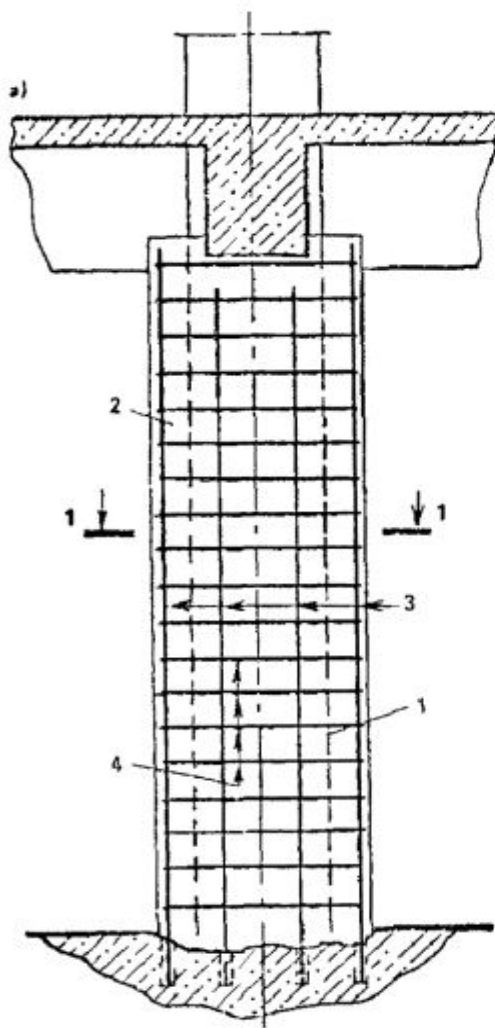
Обоймы могут быть железобетонными и металлическими.

Наиболее широкое применение обойм рекомендуется для усиления колонн. В этом случае достигается наибольшая эффективность этого конструктивного решения.

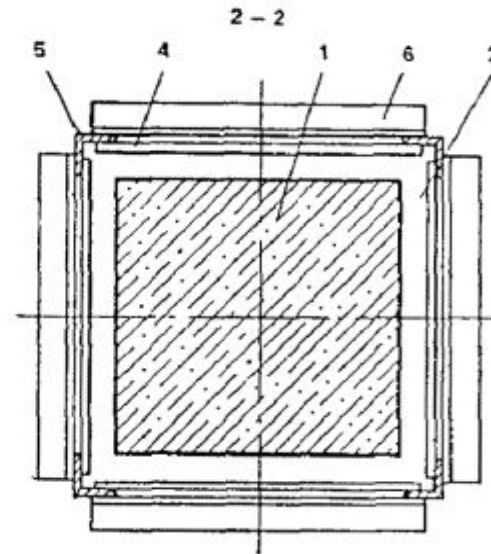
Для усиления колонн применяется несколько типов обойм, которые различаются:

- конструктивными особенностями,
- материалами, производством работ
- эффективностью усиления.

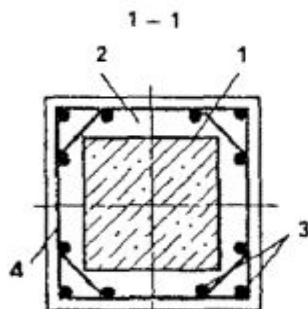
Усиление колонн железобетонной обоймой



а - со стержневой арматурой;
б - с жесткой наружной
арматурой из уголков;



1 - усиливаемая колонна;
2 - обойма;
3 - продольная арматура
обоймы;
4 - поперечная арматура
обоймы;
5 - жесткая продольная
арматура обоймы;
6 - опорные уголки жесткой
обоймы



Разновидностью железобетонных обойм колонн являются обоймы с устанавливаемой вдоль их граней жесткой наружной арматурой из уголков, которая у концов усиливаемых колонн приваривается к горизонтальным опорным уголкам

Рекомендуются для конструкций с малыми эксцентриситетами приложения нормальных сил.

Железобетонные обоймы колонн могут быть выполнены с поперечной арматурой в виде спиральной обмотки из проволоочной арматуры диаметром не менее 6 мм. При конструировании обойм должны соблюдаться следующие условия:

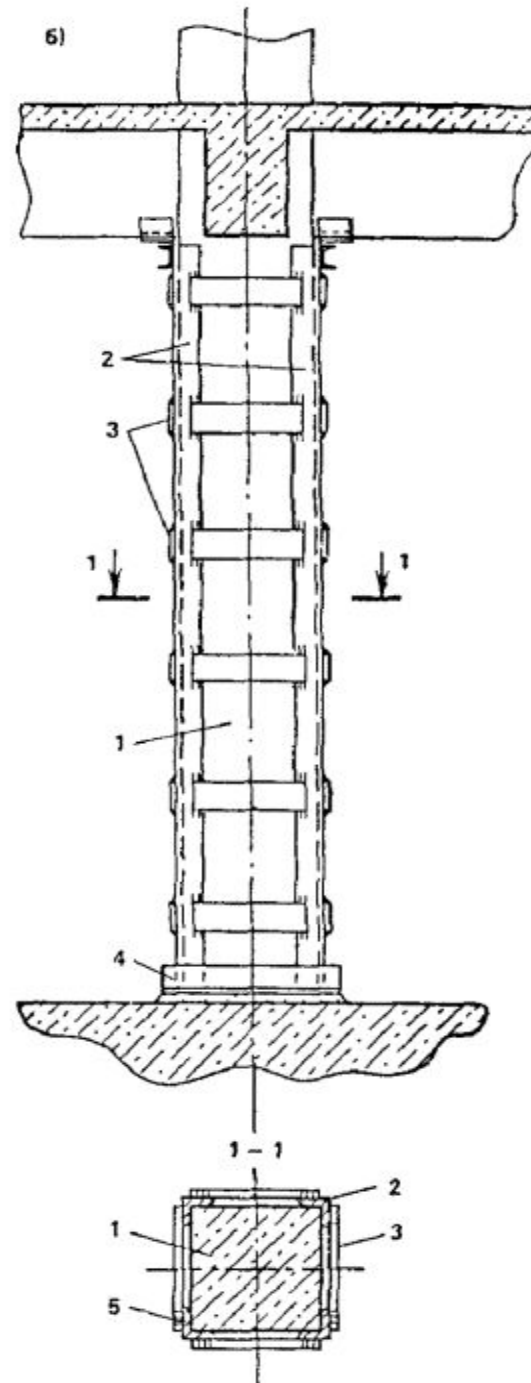
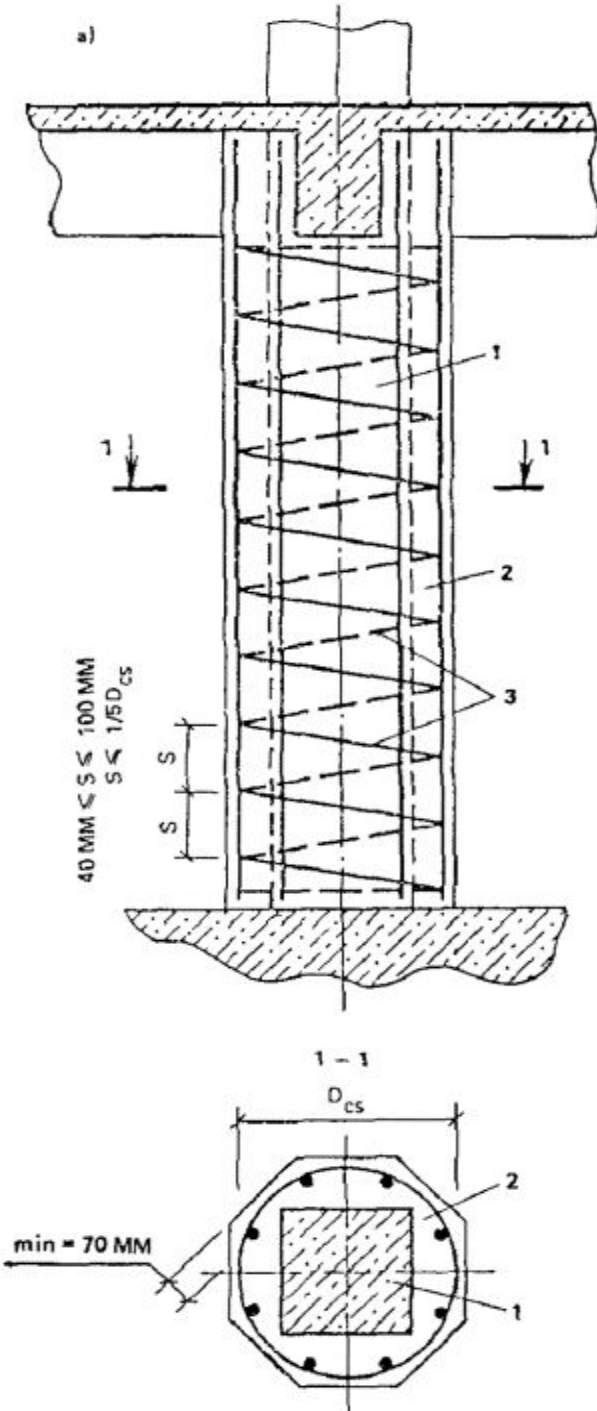
спирали в плане должны быть круглыми;

расстояния между витками спирали в осях должны быть не менее 40 мм, не более $1/5$ диаметра сечения ядра обоймы, охваченного спиралью, и не более 100 мм; у опор и в других местах возможной концентрации напряжений это расстояние должно быть не более 50 мм;

спирали должны охватывать всю рабочую продольную арматуру.

Железобетонные обоймы со спиральной обмоткой обладают повышенной несущей способностью при центральном сжатии.

Помимо железобетонных обойм для усиления колонн могут быть рекомендованы металлические обоймы, составными частями которых являются стойки уголкового профиля, устанавливаемые по граням колонн; соединительные планки между ними и опорные подкладки из уголков или листового металла. Металлические обоймы рекомендуется применять в случаях, когда нельзя уменьшать габариты производственных помещений и требуется выполнить усиление в кратчайшие сроки.



Усиление колонны

а - железобетонной обоймой со спиральной арматурой:

1 - усиливаемая колонна;

2 - обойма;

3 - спиральная арматура;

б - металлической обоймой:

1 - усиливаемая колонна;

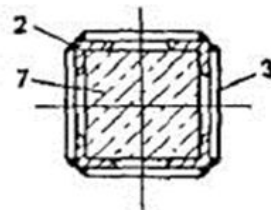
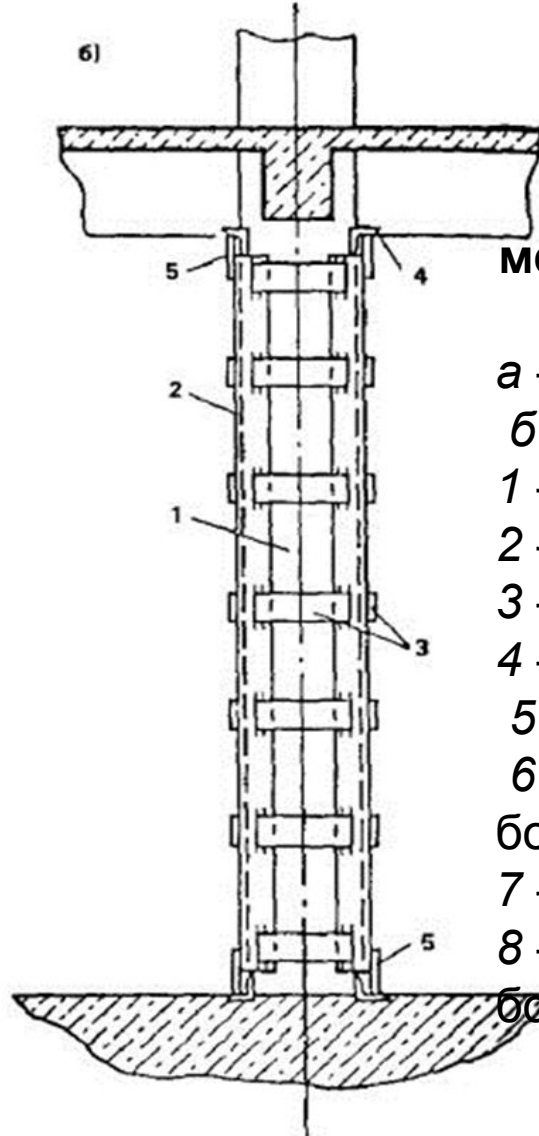
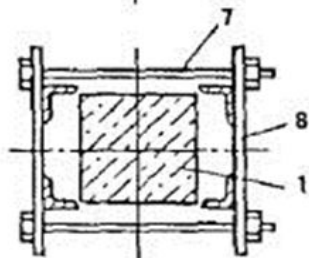
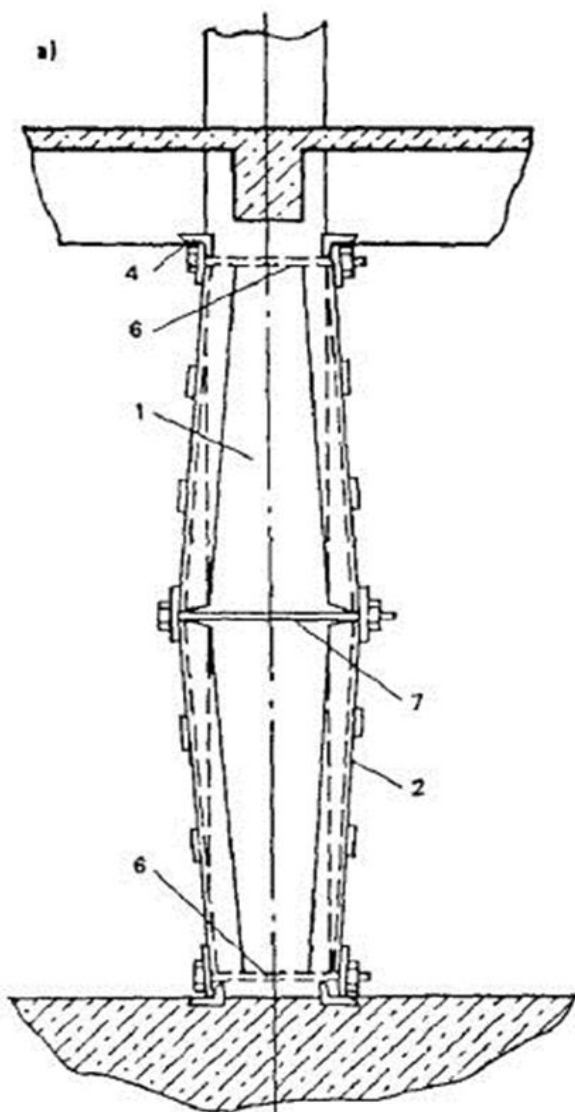
2 - стойки-уголки;

3 - соединительные планки;

4 - подкладки;

5 - зачеканка цементным раствором

Усиление колонны предварительно напряженными двухсторонними металлическими распорками



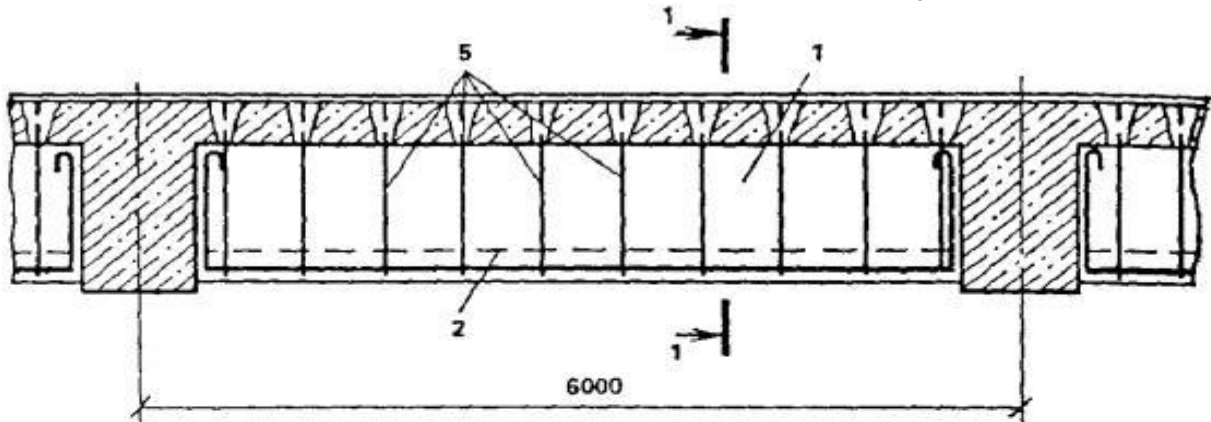
- а - в период монтажа;
- б - в напряженном состоянии;
- 1 - усиливаемая колонна;
- 2 - уголки распорок;
- 3 - соединительные планки;
- 4 - упорные уголки;
- 5 - планки-упоры;
- 6 - крепежный монтажный болт;
- 7 - натяжной монтажный болт;
- 8 - планки для натяжения болтов в месте перегиба

Конструктивное решение, известное как рубашка, представляет собой незамкнутую с одной стороны обетонку.

Рубашки чаще применяются при усилении монолитных балок ребристых перекрытий.

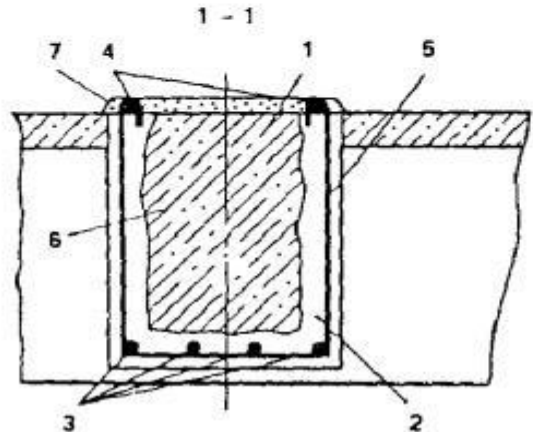
При усилении колонн хомуты должны привариваться к арматуре усиливаемой колонны, в случае каких-либо затруднений рубашка колонны должна рассчитываться на восприятие всей нагрузки.

При усилении монолитных балок ребристых перекрытий хомуты выводятся через плиту через просверленные отверстия и заанкериваются с помощью продольных арматурных стержней .



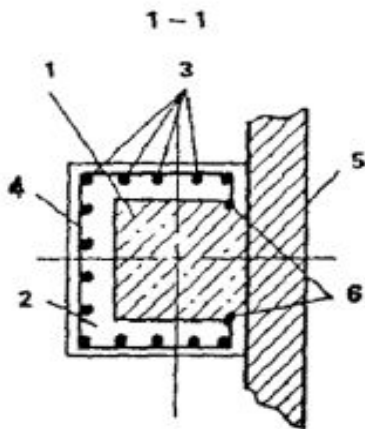
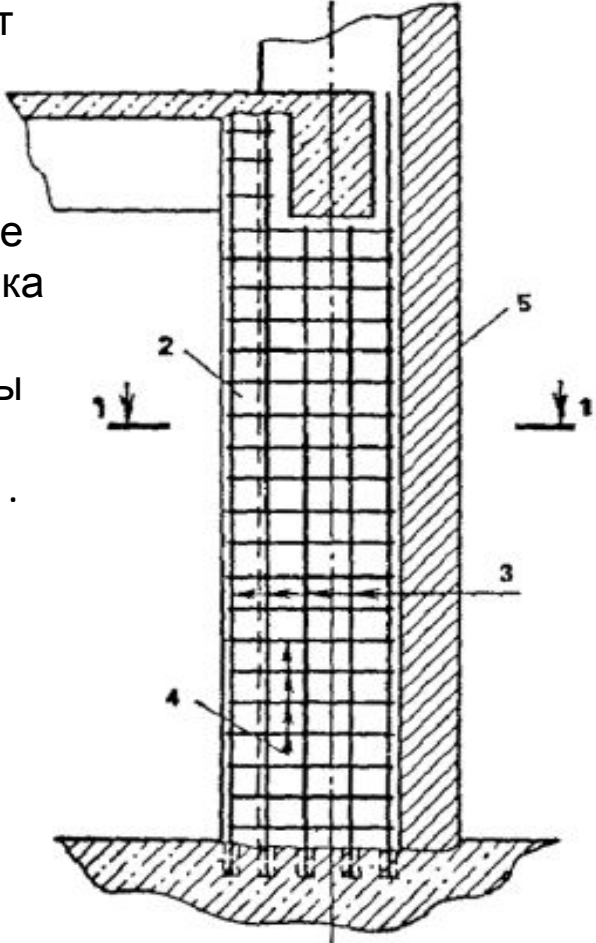
Усиление монолитной балки железобетонной рубашкой

1 - усиливаемая балка; 2 - рубашка; 3 - рабочая арматура рубашки; 4 - монтажная арматура рубашки; 5 - хомуты; 6 - насечка; 7 - стяжка



Усиление колонны железобетонной рубашкой

1 - усиливаемая колонна; 2 - рубашка; 3 - рабочая арматура рубашки; 4 - хомуты; 5 - ограждающая стена; 6 - сварка внахлестку хомутов к арматуре колонны



Толщина облойм, рубашек и наращивания определяется расчетом и принимается с учетом условий укладки и уплотнения бетонной смеси.

Минимальная толщина составляет:

при укладке бетона вибрированием:

- для колонн - 80 мм;
- для боковых стенок балок - 60 мм;
- для плит перекрытий: сверху - 35 мм,
снизу - 60 мм, (при крупности заполнителей не более 20 мм);

при укладке бетона торкретированием:

- для колонн - 50 мм;
- для боковых стенок балок 30 мм;
- для плит перекрытий снизу - 35 мм (при крупности заполнителя не более 10 мм).

Класс бетона облойм, рубашек и наращивания рекомендуется принимать не ниже класса бетона усиливаемой конструкции и не ниже В15.

Для улучшения сцепления нового бетона со старым, кроме насечки, для местной облоймы рекомендуется выполнять адгезионную грунтовку полимерраствором.

Перед устройством наращивания, облойм, рубашек осуществляется подготовка поверхности усиливаемой конструкции:

очистка от загрязнений и пыли, жировых пятен; выполнение насечки или открытых пазов с шагом не более 500 мм; промывка водой, сушка, смачивание перед бетонированием. При этом должно учитываться временное ослабление сечения сжатой зоны конструкции при насечке или устройстве пазов.

Расчет прочности сжатых конструкций при случайных эксцентриситетах,
усиленных обоймой производится из условия

$$N = \varphi \left(R_b A_b + R_{sc} A'_s + R_{b,ad} A_{b,ad} + R_{sc,ad} A'_{s,ad} \right)$$

$$\varphi = \varphi_b + 2(\varphi_{sb} - \varphi_b) \alpha_s$$

$$\alpha_s = \frac{R_{sc} A'_s + R_{sc,ad} A'_{s,ad}}{R_b A_b + R_{b,ad} A_{b,ad}}$$

$A_{b,ad}$ - площадь поперечного сечения обоймы

При постоянной по периметру сечения конструкции толщина обоймы определяется по формуле

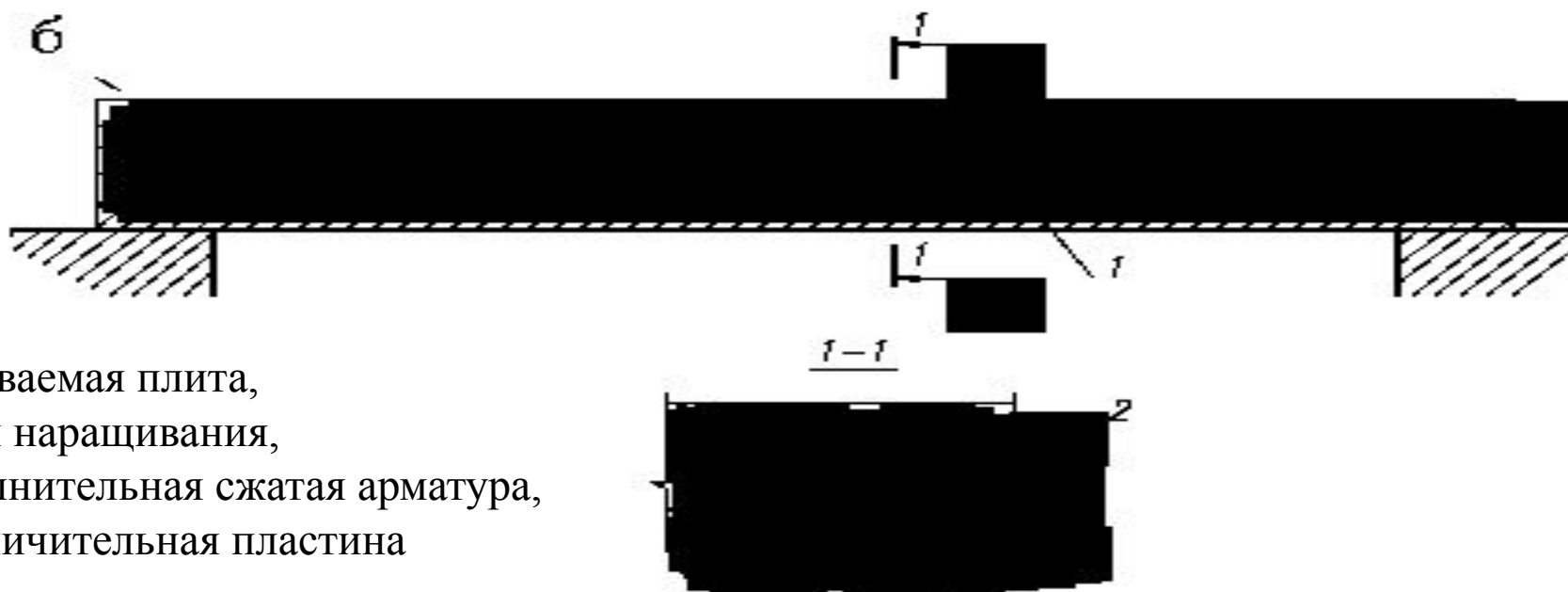
$$h'_{ad} = \frac{\sqrt{(b+h)^2 + 4A_{b,ad}} - (b+h)}{4}$$

При усилении сжатой зоны многопустотных плит используются пустоты, которые бетонируются на всю высоту или в верхней половине пустоты с установкой ограничительных пластин.

При усилении сжатой зоны ребристых плит выполняется бетонирование уширенных швов плитами с одновременным наращиванием сверху на эффективную ширину полки из бетона повышенной прочности с заполнением оставшейся площади легким бетоном.

Усиление сжатой зоны многопустотных плит перекрытия:

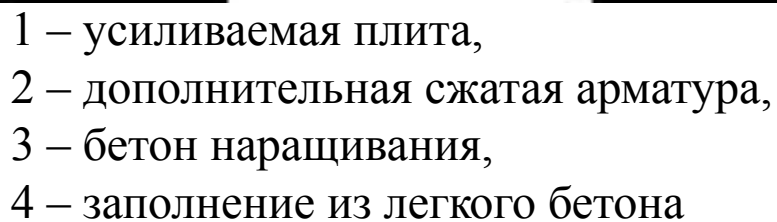
а – при полном заполнении пустот ; б – при частичном заполнении пустот



- 1 – усиливаемая плита,
- 2 – бетон наращивания,
- 3 – дополнительная сжатая арматура,
- 4 – ограничительная пластина

а – бетонированием расширенных швов с наращиванием сверху;
б – наращиванием на эффективной ширине сечения

б – наращиванием на эффективной ширине сечения



4 – заполнение из легкого бетона

Усиление монолитных ребристых плит перекрытий

а - монолитной железобетонной плитой;

б - подведением железобетонных ребер;

в - подведением металлических ребер и железобетонной рубашкой;

г - подвеской металлических ребер

