

Здравствуйте ВМ. Как ваши дела?

Просидел целый день за расчетами и учебником сопромата, невольно вспоминая институт никогда  думал, что скажу такое, но!: **ВМ гоняйте студентов по расчетам, причем безбожно гоняйте!** Я очень жалею, что мало было практики расчетов привязанной к реальным конструкциям. Теория вроде как есть, а применить ее в работе порой не знаешь как, что весьма обидно. Ну и конечно упор на Расчетные программы. Того, что нам дали на курсах - очень мало.

Если будете меня цитировать студентам, имя не упоминайте - проклянут )))

Привет всей кафедре.

РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- Примером центрально-сжатых элементов каменных и армокаменных конструкций могут служить столбы многоэтажных каменных зданий.

- При оценке прочности сечений эпюру напряжений в центрально-сжатом элементе каменной кладки принимают прямоугольной с ординатой, равной по величине расчетному сопротивлению R осевому сжатию кладки.

- Из-за влияния продольного изгиба и увеличения деформаций вследствие ползучести материала при длительном нагружении возможно разрушение сжатых элементов до исчерпания прочности, что учитывается коэффициентами φ и m_g .

Условие прочности:

$$N \leq m_g \cdot \varphi \cdot R \cdot A,$$

$$m_g = 1 - \eta \cdot \frac{N_g}{N},$$

N – расчетная продольная сила;

N_g – расчетная продольная сила от длительно действующей нагрузки;

R – расчетное сопротивление сжатию кладки;

A – площадь сечения элемента;

φ – коэффициент продольного изгиба (зависит от характеристик упругих свойств кладки α и гибкости элемента $\lambda_i = l/i$ или $\lambda_h = l/h$);

m_g – коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки;

η – коэффициент, зависящий от гибкости кладки

(табл.20) СНиП II – 22 – 81

- Для прямоугольного сечения при $h \geq 30 \text{ см}$ и для произвольного сечения при $i \geq 8,7 \text{ см}$ коэффициент $\eta = 1$.
- Расчетные высоты стен и столбов:
 - a)* $\ell_0 = H$ – при шарнирном опирании на неподвижные в горизонтальном направлении опоры (жилые и общественные здания);

- b) $\ell_0 = 1,25H$ – при упругой верхней опоре и жестком защемлении в нижней опоре для многопролетных зданий;
- с) $\ell_0 = 1,5H$ – при упругой верхней опоре и жестком защемлении в нижней опоре для однопролетных зданий;
- d) для конструкций с частично защемленными опорными сечениями – с учетом фактической степени защемления, но не менее $\ell_0 = 0,8H$.

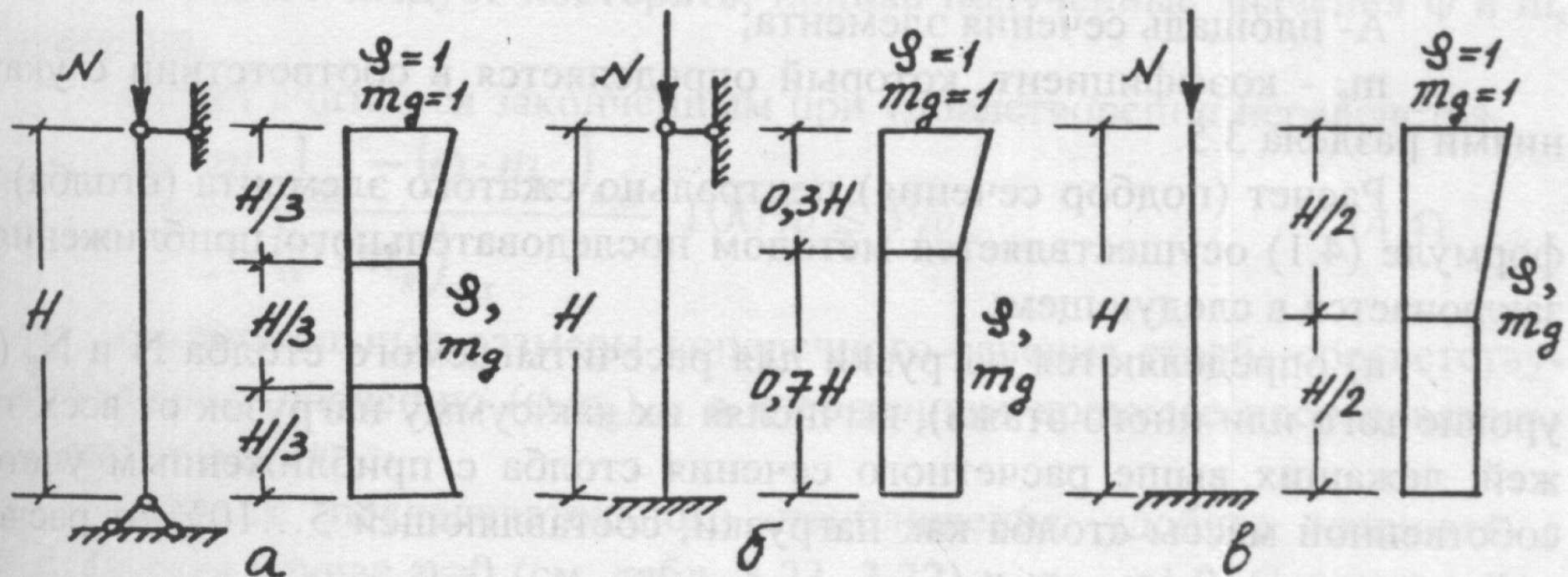


Рис. 3.2. Коэффициенты φ и $m\varphi$ по высоте сжатых стен и столбов: а- шарнирно опертых на неподвижные опоры; б- защемленных внизу и имеющих верхнюю упругую опору; в- свободно стоящих

РАСЧЕТ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- Внецентренное сжатие является наиболее распространенным видом силового воздействия на каменные конструкции.
- Примером внецентренно-сжатых элементов каменных и армокаменных конструкций могут служить несущие стены и столбы многоэтажных каменных зданий.

Характер напряженного состояния кладки при внецентренном сжатии зависит от величины эксцентриситета e_0 приложения продольной силы N

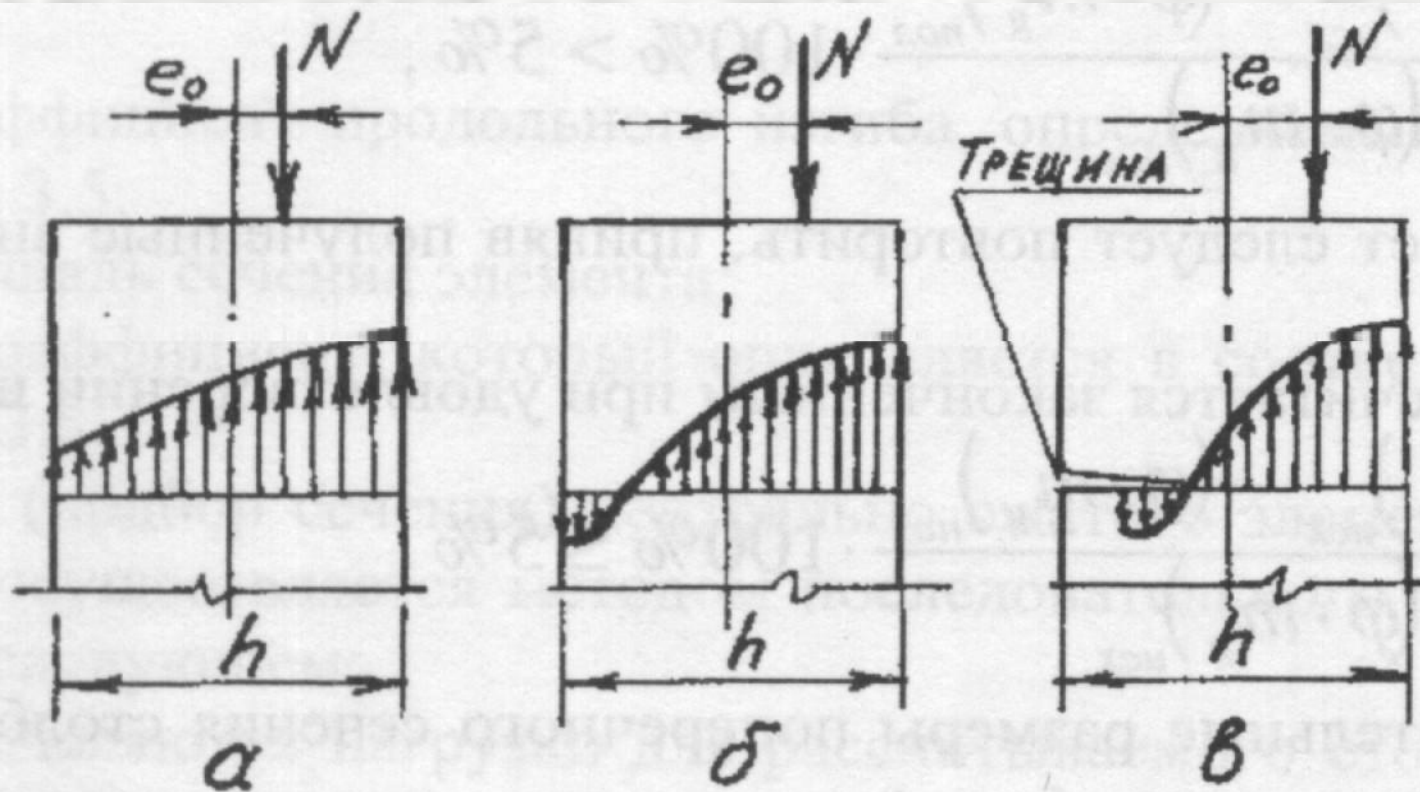


Рис. 4.1. Виды эпюр напряжений при внецентренном сжатии кладки

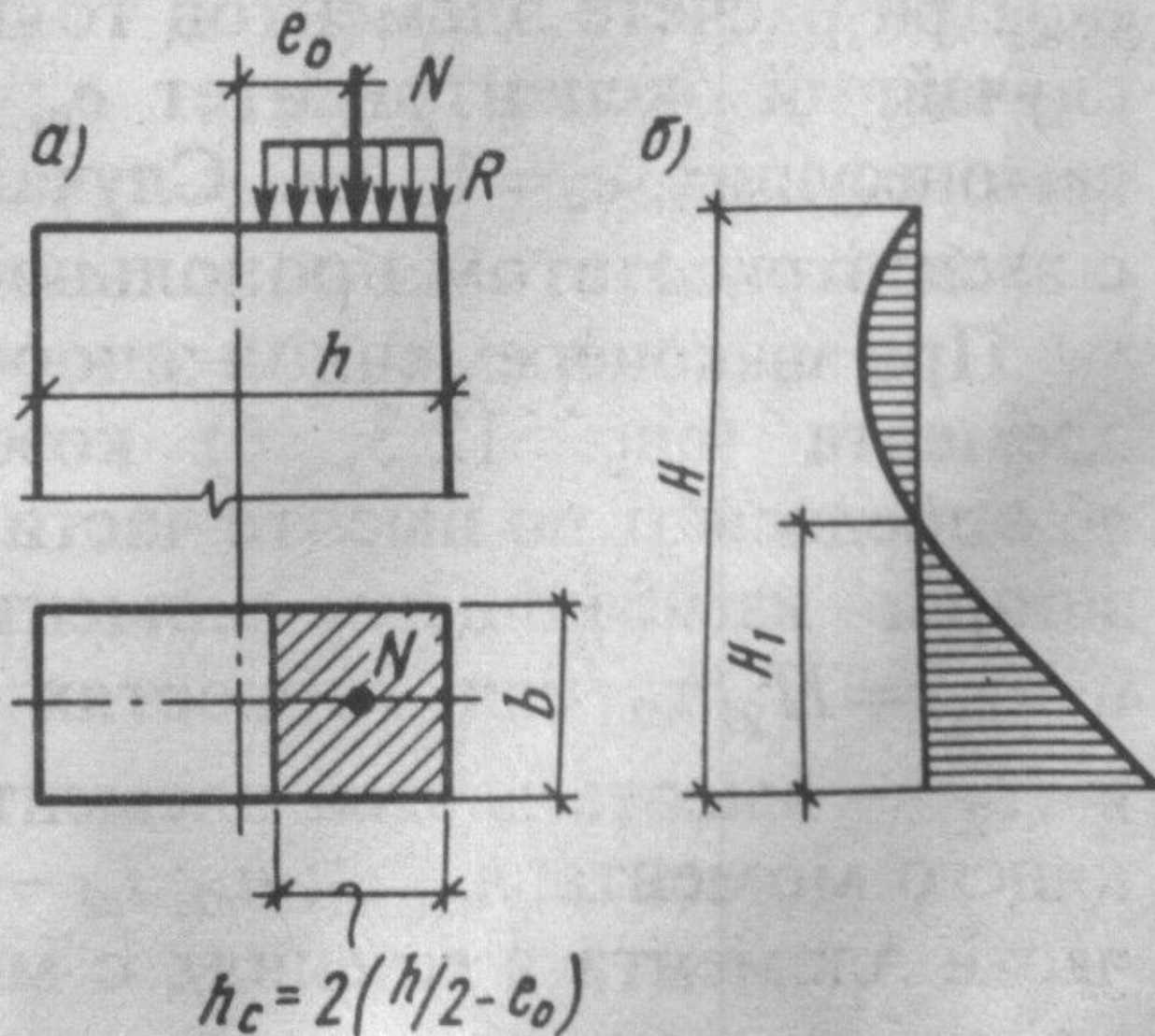


Рис. 12.3. К расчету элемента на внецентренное сжатие:

a — расчетная схема; *б* — расчетная высота элемента при двузначной эпюре моментов

Условие прочности:

$$N \leq m_g \cdot \varphi_1 \cdot R \cdot A_c \cdot \omega,$$

$$m_g = 1 - \eta \cdot \frac{N_g}{N} \left(1 + \frac{1,2 \cdot e_{0g}}{h} \right), \quad \varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2},$$

N – расчетная продольная сила;

R – расчетное сопротивление сжатию кладки;

A_c – площадь сжатой части сечения элемента;

ω – коэффициент, учитывающий влияние эксцентриситета;

φ – коэффициент продольного изгиба всего сечения в плоскости действия изгибающего момента;

m_g – коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки
(при $h \geq 30\text{см}$ или $i \geq 8,7\text{см}$ $m_g = 1$)

$$A_c = h_c b;$$

$$h_c = 2(h/2 - e_0) = (h - 2e_0),$$

$$A_c = (h - 2e_0) b = A(1 - 2e_0/h)$$

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{2y} \leq 1,45 - \text{для всех видов кладки}$$

при произвольной форме сечения (если $2y < h$, то при определении ω вместо $2y$ принимается h);

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{h} \leq 1,45 - \text{для всех видов кладки}$$

при прямоугольной форме сечения;

Для кладки из камней и крупных блоков

из ячеистых и крупнопористых бетоной $\omega = 1$

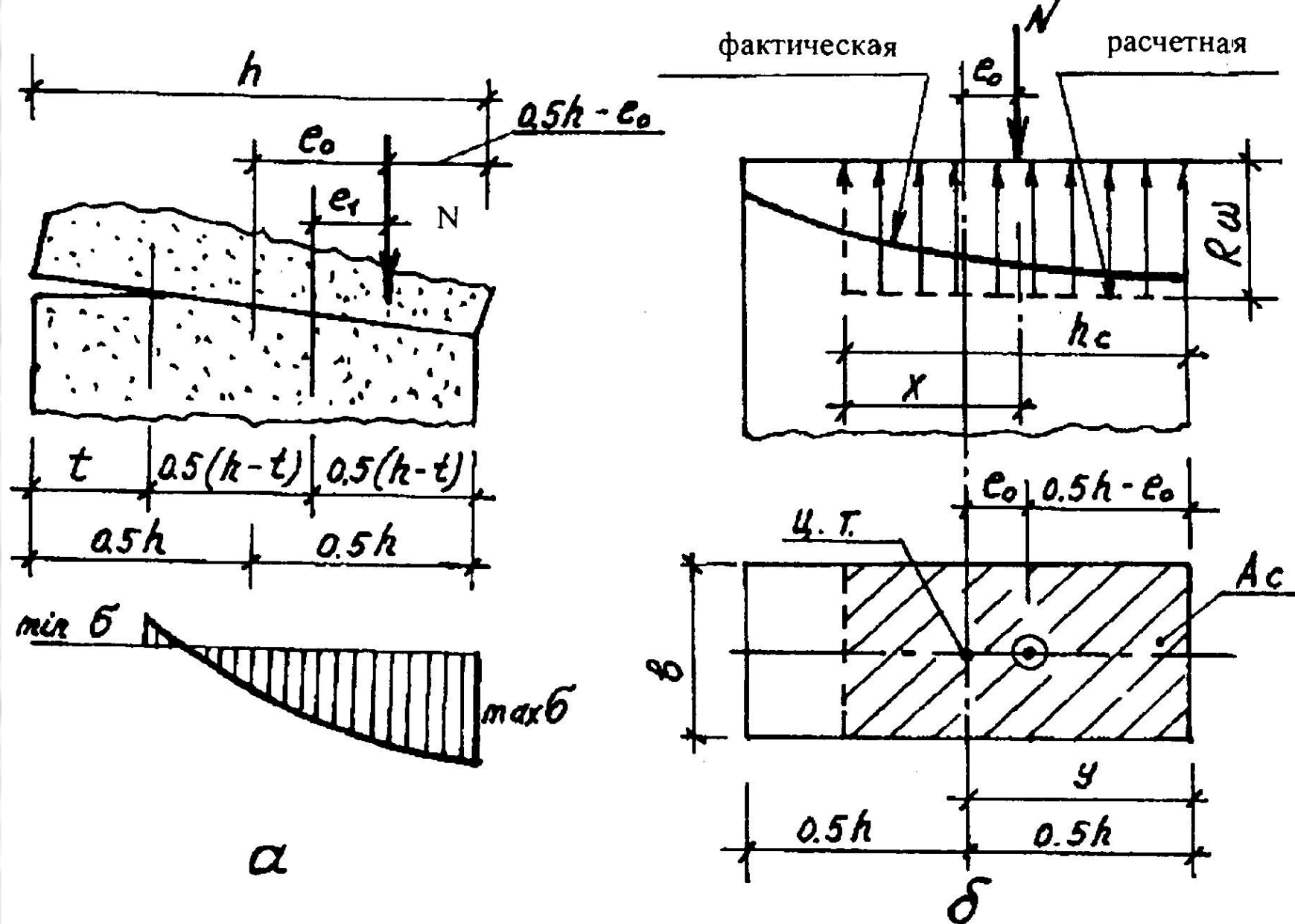


Рис. 4.2.

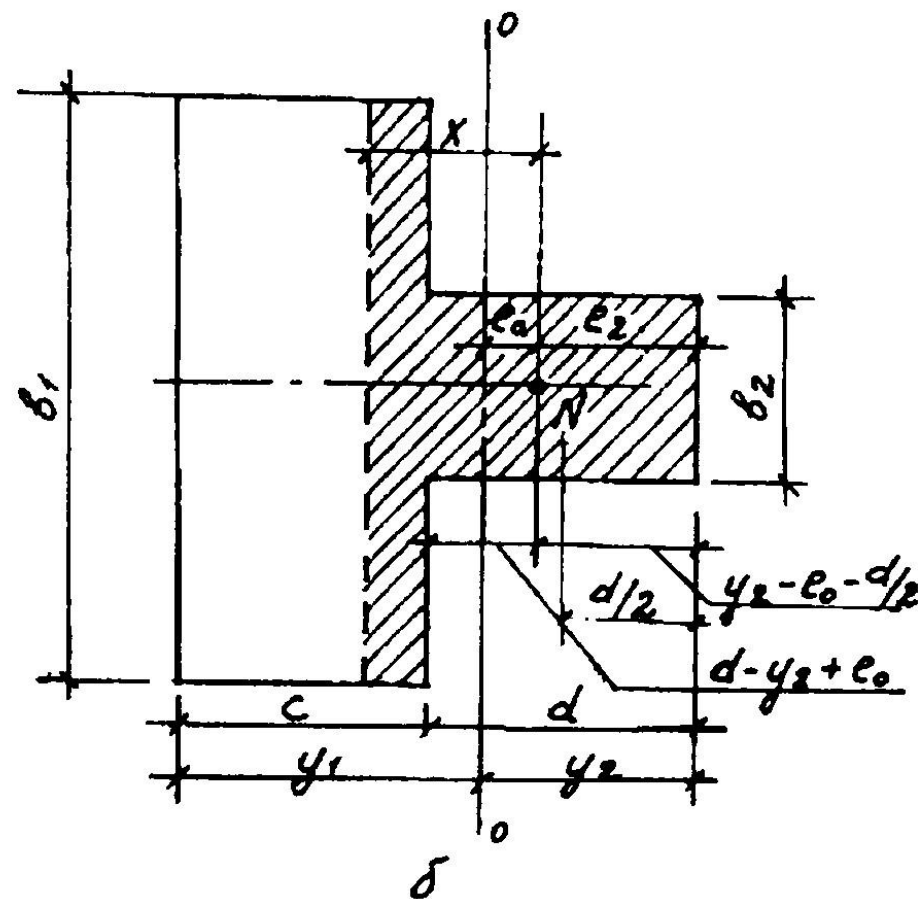
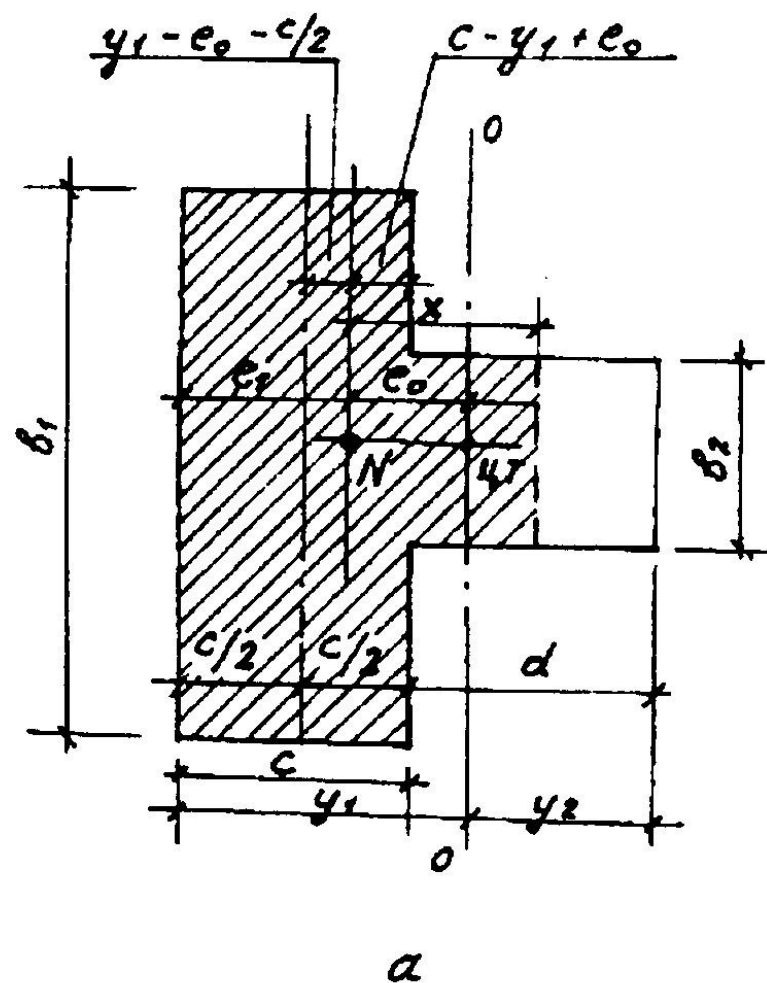


Рис. 4.4. Определение сжатой части сечения внецентренно сжатых элементов таврового профиля: а – эксцентриситет в сторону полки; б – эксцентриситет в сторону ребра

Местное сжатие (смятие)

- Если опирание конструкции происходит только по части сечения, имеет место местное сжатие (смятие).
- Сопротивление каменной кладки местному сжатию больше, чем осевому из-за включения в работу смежных незагруженных зон.

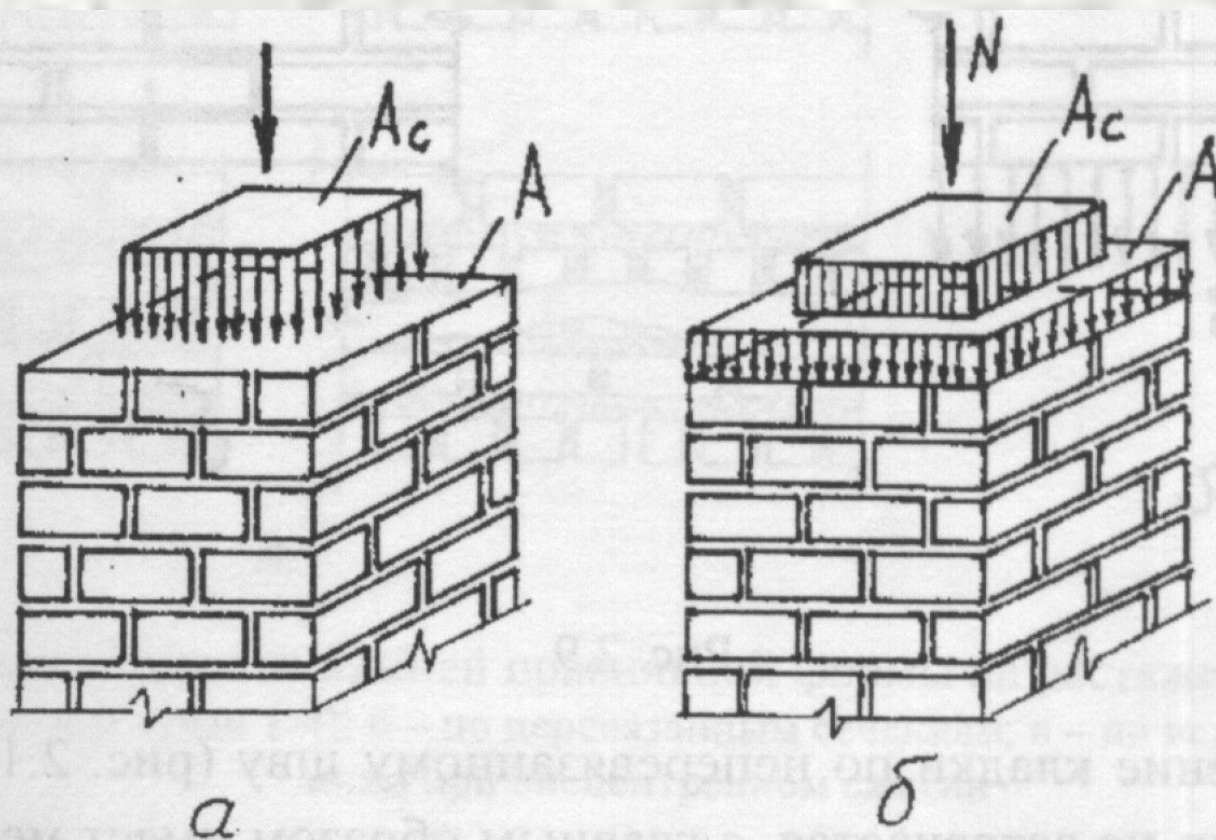


Рис. 2.8. Местное сжатие кладки: а – напряжения только на части сечения; б – часть сечения подвержена большим напряжениям

Несущая способность элемента при местном сжатии:

$$N_{loc} \leq \psi \cdot d \cdot R_{loc} \cdot A_{loc},$$

где N_{loc} – продольная сжимающая сила от местной нагрузки;

ψ – коэффициент полноты эпюры давления от местной нагрузки: при равномерном распределении давления $\psi = 1$; при треугольной эпюре $\psi = 0,5$;

$d = 1,5 - 0,5\psi$ – для кирпичной и виброкирпичной кладки, для кладки из камней блоков из тяжелого и легкого бетона;

$d = 1$ – для кладки из пустотелых бетонных камней;

$$R_{loc} = \xi \cdot R, \quad \xi = \sqrt[3]{A/A_{loc}} \leq \xi_1,$$

R – расчетное сопротивление кладки при осевом сжатии;

A – расчетная площадь сечения при местном сжатии;

A_{loc} – площадь местного сжатия;

ξ_1 – коэффициент, учитывающий максимально допустимое увеличение

R_{loc} зависит от вида кладки и схемы приложения нагрузки (от 1 до 2)

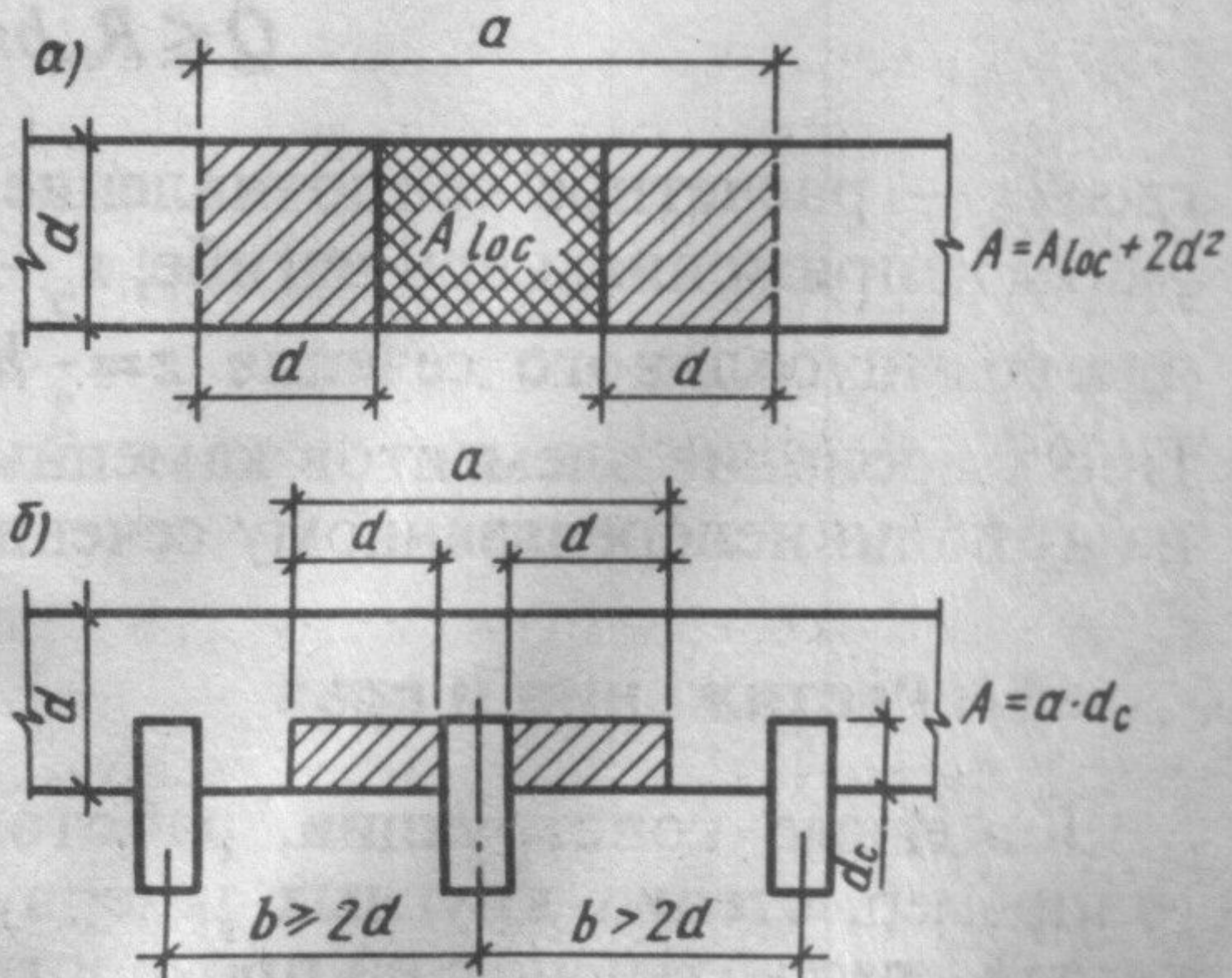
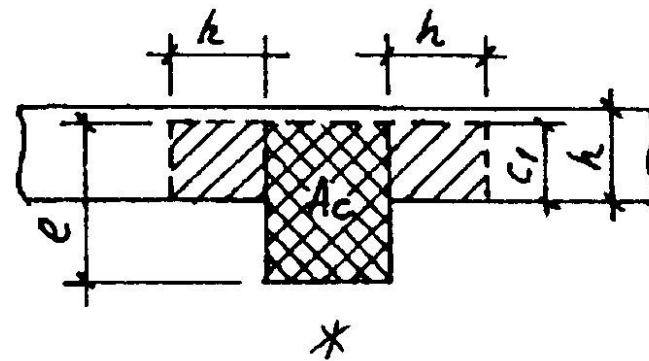
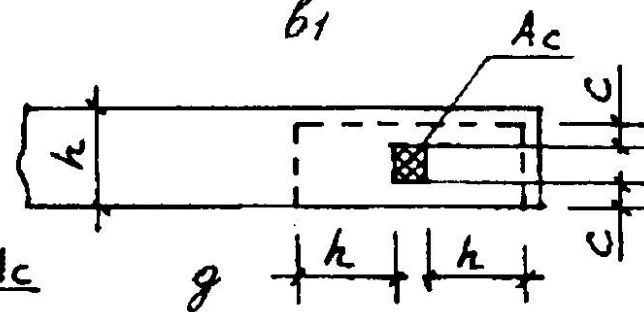
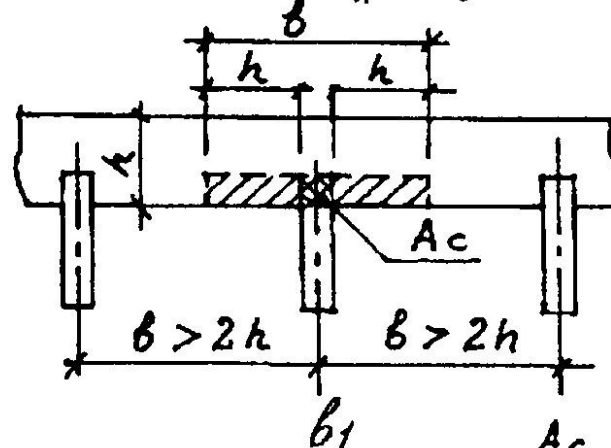
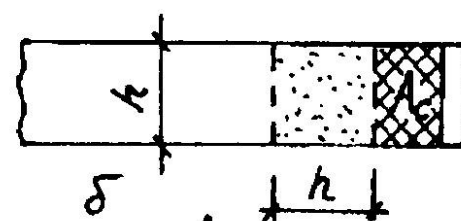
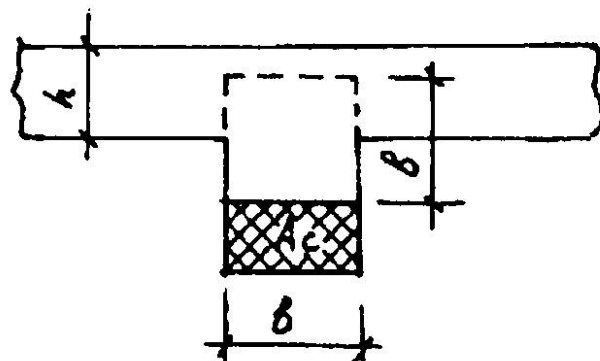
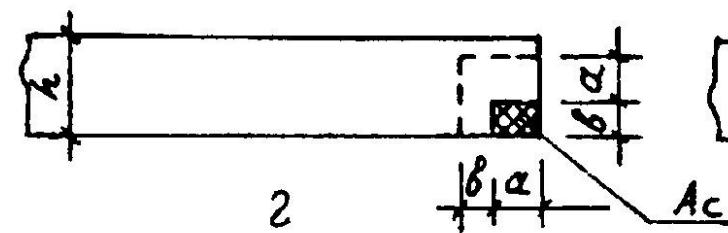
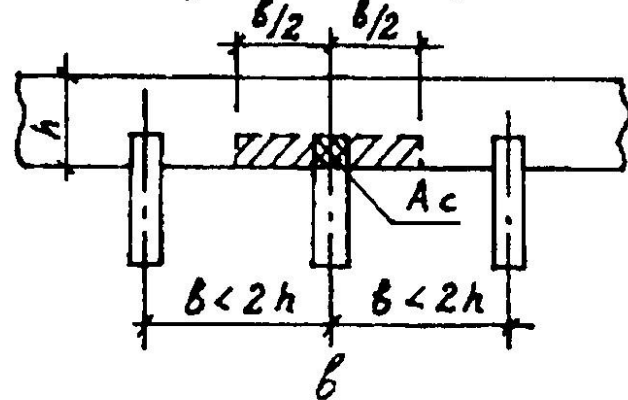
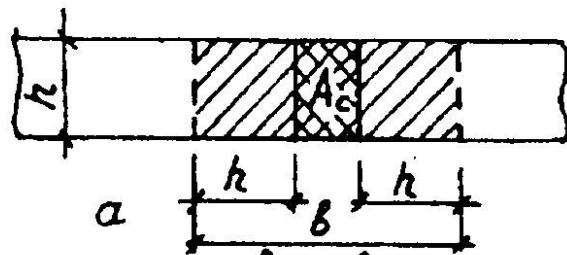
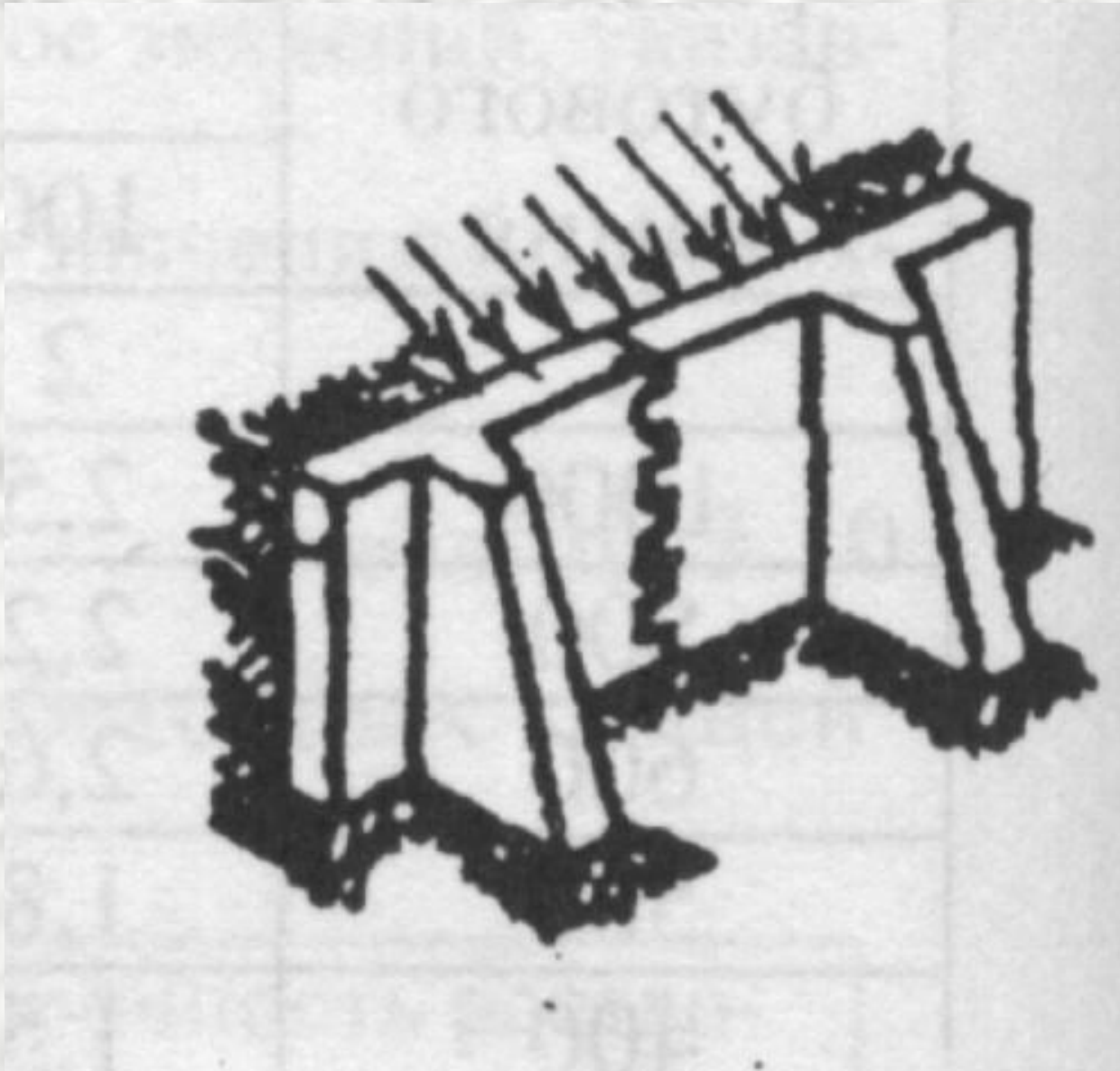


Рис. 12.4. К определению расчетных площадей при местном сжатии



На изгиб работают наружные стены многоэтажных зданий при действии ветровой нагрузки, наружные плиты контрфорсных подпорных стен и др.



Расчет на изгиб выполняют в предположении ее упругой работы :

$$M \leq R_{tb} \cdot W,$$

где M – расчетный изгибающий момент;

R_{tb} – расчетное сопротивление кладки

растяжению при изгибе по перевязанн ому

сечению; W – момент сопротивления сечения

кладки при ее упругой работе.

На действие поперечной силы:

$$Q \leq R_{tw} \cdot b \cdot z,$$

R_{tw} – расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе;

$z = \frac{2}{3}h$ – плечо внутренней пары сил;

b и h – размеры сечения элемента.

С целью повышения несущей способности каменных конструкций применяют следующие способы их армирования:

– *поперечное (сетчатое)* – с расположением арматурных сеток в горизонтальных швах кладки;

продольное – с расположением арматуры снаружи кладки под слоем цементного раствора или в борозда, оставляемых в кладке и последующей их заливкой раствором;

армирование посредством включения в кладку железобетона – ***комплексные конструкции***;

усиление посредством заключения элемента в ***железобетонную или металлическую обойму*** из УГОЛКОВ.

ЭЛЕМЕНТЫ С СЕТЧАТЫМ АРМИРОВАНИЕМ

Применяются для повышения прочности тяжело нагруженных столбов или простенков малой гибкости, загруженных небольшими эксцентриситетами.

Для прямоугольных сечений при $e_0 > 0,17 h$, а также при $\lambda_h > 15$ или $\lambda_i > 53$ – сетчатое армирование *применять не следует.*

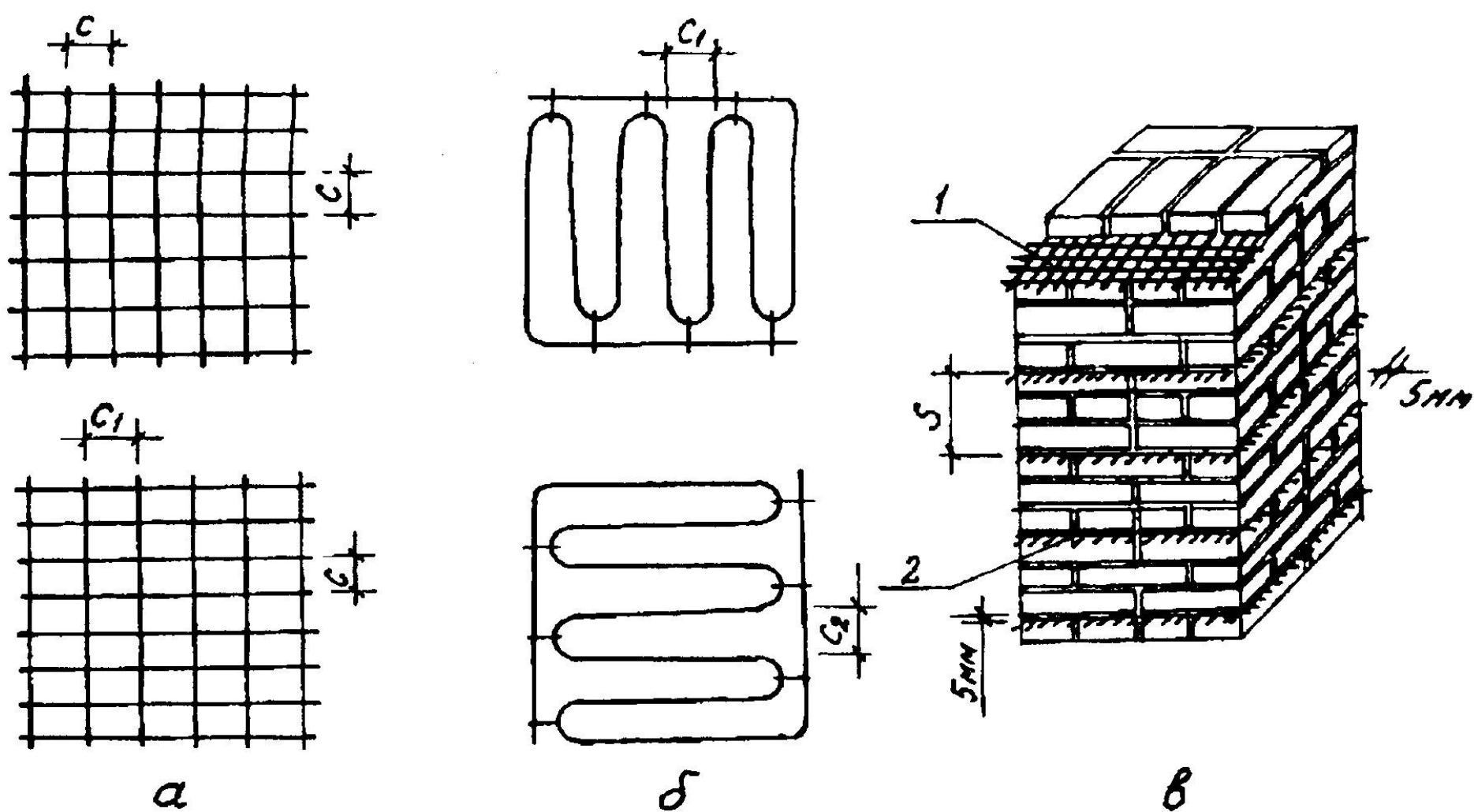
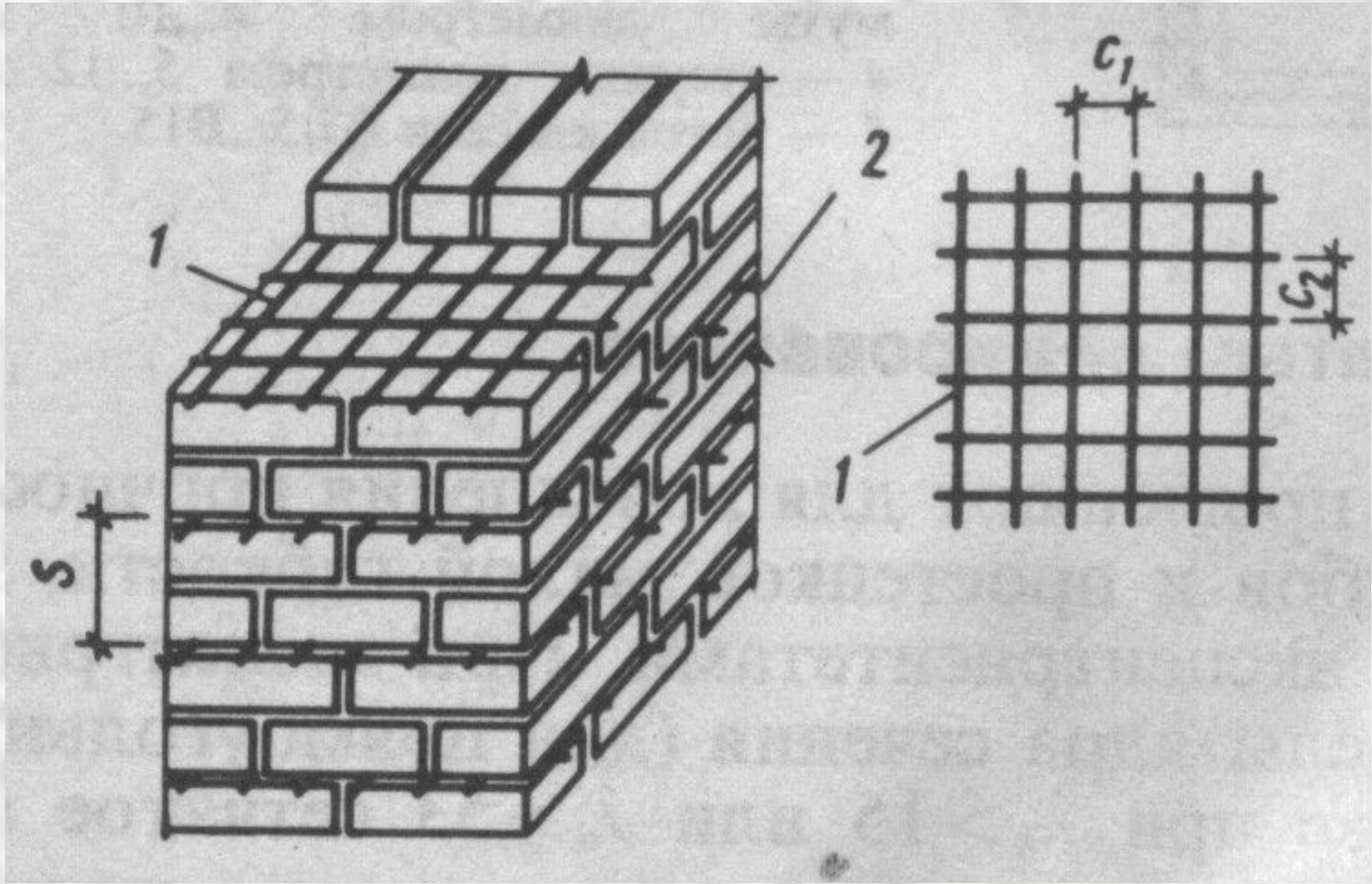


Рис. 5.1. Поперечное сетчатое армирование кладки: а – квадратная (прямоугольная) сетка; б – пара сеток «зигзаг»; в – укладка прямоугольных сеток в швы; 1 – арматурная сетка; 2 – выпуски арматурной сетки для контроля ее укладки



Повышение несущей способности сжатой кладки, усиленной сетчатым армированием, происходит в результате включения арматуры в работу на растяжение, что препятствует расширению кладки в поперечном направлении.

В центрально сжатой кладке сетчатое армирование более эффективно, чем армирование продольными стержнями в том же количестве.

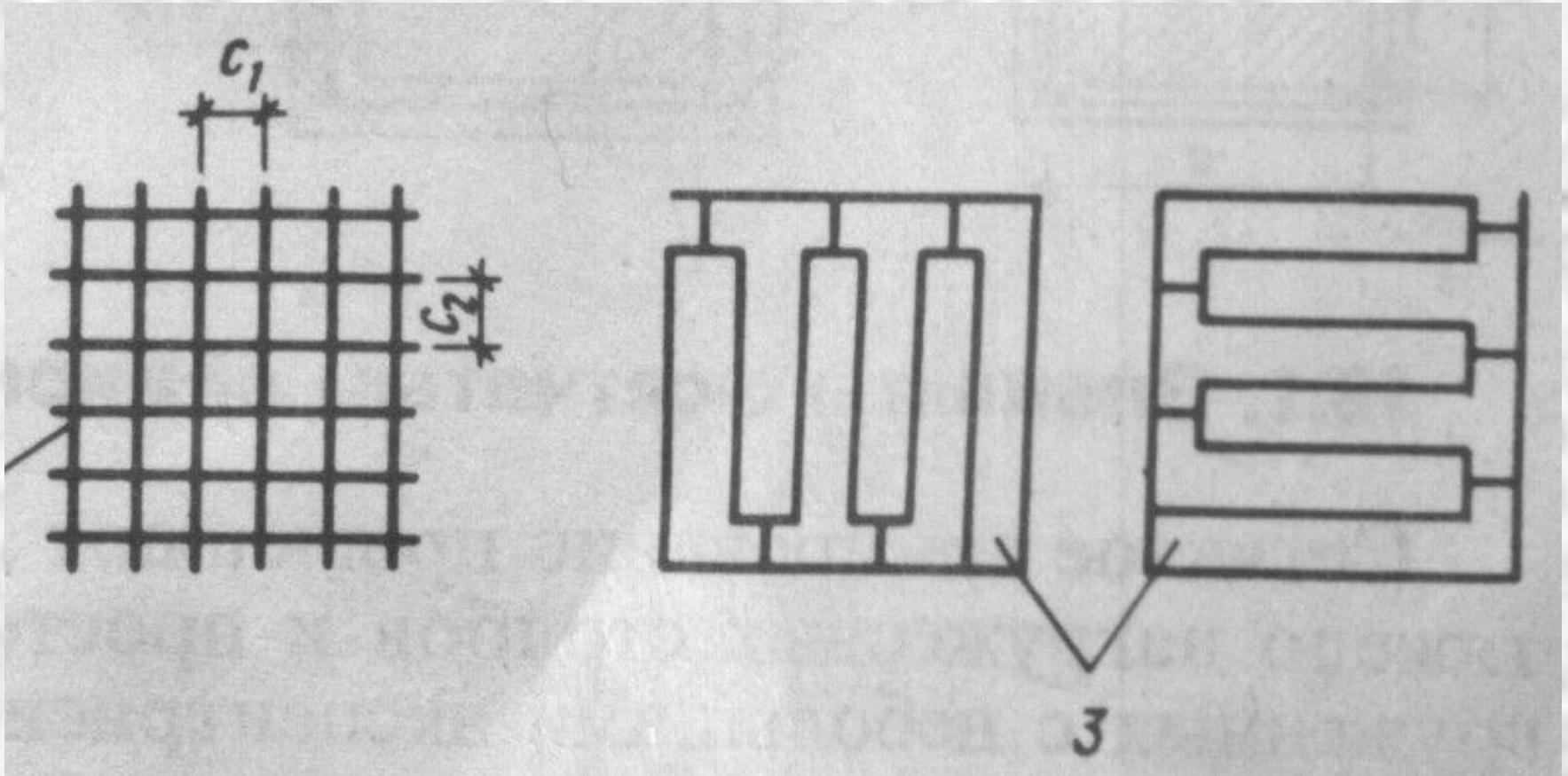
Для изготовления сеток используется арматура классов *A240* или *Bp500* диаметром *3...8 мм*. При пересечении арматуры в швах $d \leq 6 \text{ мм}$.

Расстояние между стержнями должно быть *не более 12 см* и *не менее 3 см*.

Сетки могут быть *прямоугольными* (с перекрестными стержнями) при диаметре *3...6 мм* и типа «*зигзаг*» при диаметре *3...8 мм*.

Сетки типа «*zigzag*» имеют только один ряд стержней (в одном направлении) и устанавливаются в двух смежных рядах. Две эти сетки эквивалентны одной прямоугольной сетке.

Сетки укладывают не реже чем через 40 см или через 5 рядов кладки из обыкновенного кирпича, через 4 ряда утолщенного кирпича и через 3 ряда кладки из керамических камней.



При бóльшем расстоянии между сетками их влияние на несущую способность кладки незначительно, в этом случае армирование следует рассматривать как конструктивное.

Степень насыщенности кладки сетчатой арматурой характеризуется процентом армирования кладки по объему.

Для сеток с квадратными ячейками из стержней сечением A_{s1} с размером ячейки c при расстоянии между сетками по высоте s :

$$\mu = \frac{V_s}{V_k}, \quad \mu = \frac{2 \cdot A_{s1}}{c \cdot s} \cdot 100\%,$$

$$\mu_{min} = 0,1\%, \quad \mu_{max} = 1\%.$$

ЦЕНТРАЛЬНОЕ СЖАТИЕ

$$N \leq m_g \cdot \varphi \cdot R_{SK} \cdot A,$$

при марке раствора 50 и выше :

$$R_{SK} = R + \frac{2 \cdot \mu \cdot R_{sn}}{100} \leq 2 \cdot R,$$

при марке раствора ниже 25 (при проверке прочности кладки в процессе ее возведения):

$$R_{SK,1} = R_1 + \left(\frac{2 \cdot \mu \cdot R_{sn}}{100} \right) \cdot \frac{R_1}{R_{25}} \leq 2 \cdot R_1,$$

$$m_g = 1 - \eta \cdot \frac{N_g}{N},$$

N – расчетная продольная сила;

N_g – расчетная продольная сила от длительно действующей нагрузки;

R_{sk} – расчетное сопротивление сжатию армированной кладки;

A – площадь сечения элемента;

φ – коэффициент продольного изгиба (зависит от характеристик упругих свойств кладки α и гибкости элемента $\lambda_i = \ell/i$ или $\lambda_h = \ell/h$);

m_g – коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки;

R_1 – расчетное сопротивление сжатию неармированной кладки в рассматриваемый срок твердения раствора;

R_{25} – расчетное сопротивление сжатию неармированной кладки при марке раствора 25

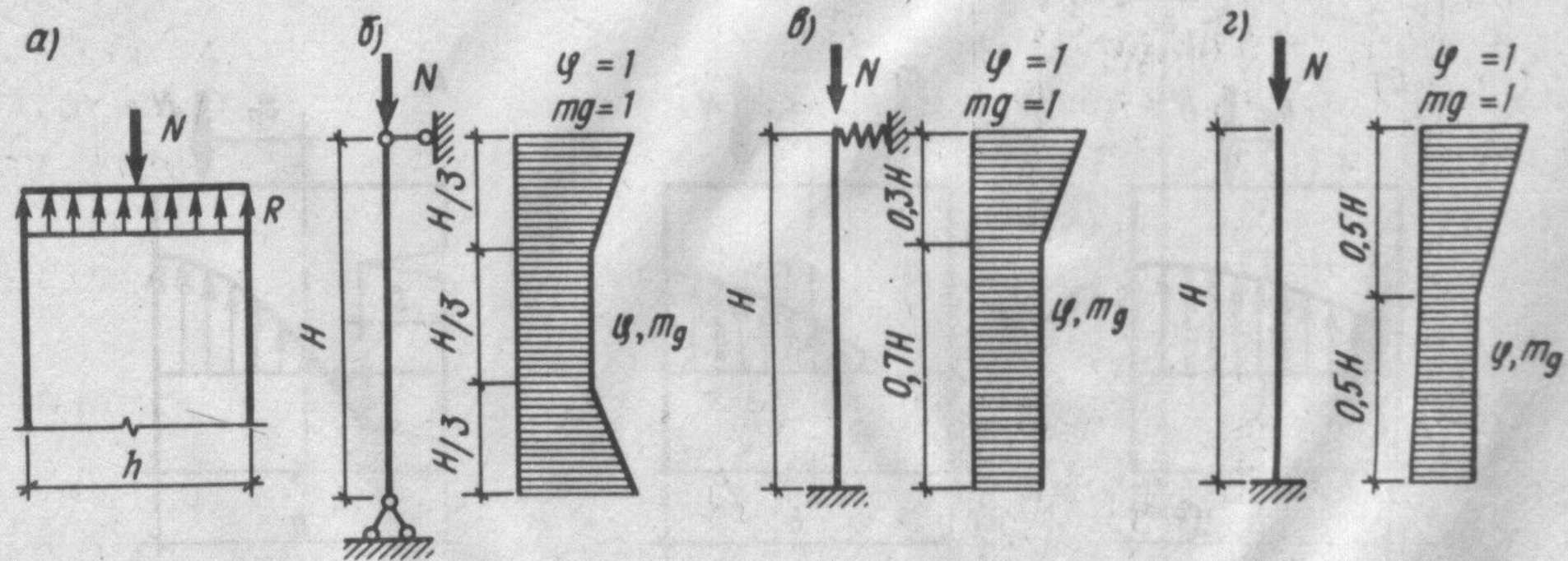


Рис. 12.1. К расчету элемента на центральное сжатие

ВНЕЦЕНТРЕННОЕ СЖАТИЕ

$$N \leq m_g \cdot \varphi_1 \cdot R_{skb} \cdot A_c \cdot \omega,$$

для прямоугольного сечения :

$$N \leq m_g \cdot \varphi_1 \cdot R_{skb} \cdot A \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot e_0}{h}\right) \cdot \omega,$$

при марке раствора 50 и выше :

$$R_{skb} = R + \frac{2 \cdot \mu \cdot R_s}{100} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot e_0}{y}\right) \leq 2 \cdot R,$$

при марке раствора ниже 25 (при проверке прочности кладки в процессе ее возведения) :

$$R_{skb} = R_1 + \frac{2 \cdot \mu \cdot R_s}{100} \cdot \frac{R_1}{R_{25}} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot e_0}{y}\right) \leq 2 \cdot R_1,$$

$$m_g = 1 - \eta \cdot \frac{N_g}{N},$$

Упругая характеристика армированной кладки :

$$\alpha_{sk} = \alpha \cdot \frac{R_u}{R_{sku}}, \quad \text{где : } R_{sku} = R_u + \frac{2 \cdot R_{sn} \cdot \mu}{100} - \text{временное}$$

сопротивление сжатию армированной кладки из кирпича;

$R_u = k \cdot R$ – временное сопротивление (средний предел прочности) сжатию кладки;

R – расчетное сопротивление сжатию кладки;

$k = 2,0$ – для кладки из кирпича и камней всех видов,

$k = 2,5$ – из крупных и мелких блоков из ячеистых бетонов;

R_{sn} – нормативное сопротивление арматуры

в армированной кладке, для арматуры класса Вр500

принимается с коэффициентом условия работы 0,6

$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2}$ – коэффициент продольного изгиба (зависит от

характеристик упругих свойств кладки α_{sk} и

гибкости элемента $\lambda_i = l/i$ или $\lambda_h = l/h$);

m_g – коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки;

R_1 – расчетное сопротивление сжатию неармированной кладки в рассматриваемый срок твердения раствора;

R_{25} – расчетное сопротивление сжатию неармированной кладки при марке раствора 25;

$\mu = \frac{50R}{\left(1 - \frac{2e_0}{y}\right)R_s} \geq 0,1\%$ – процент армирования кладки сетчатой

арматурой при внецентренном сжатии

A_c – площадь сжатой части сечения сечения;

$$A_c = h_c b;$$

$$h_c = 2(h/2 - e_0) = (h - 2e_0),$$

$$A_c = (h - 2e_0) b = A(1 - 2e_0/h)$$

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{2y} \leq 1,45 - \text{для всех видов кладки}$$

при произвольной форме сечения (если $2y < h$, то при определении ω вместо $2y$ принимается h);

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{h} \leq 1,45 - \text{для всех видов кладки}$$

при прямоугольной форме сечения;

Для кладки из камней и крупных блоков

из ячеистых и крупнопористых бетонов $\omega = 1$

ЭЛЕМЕНТЫ С ПРОДОЛЬНОМ АРМИРОВАНИЕМ

Применяются в основном для тяжело нагруженных столбов и простенков значительной гибкости ($\lambda_h > 15$ или $\lambda_i > 53$), а также при внецентренном сжатии с большим эксцентриситетом приложения продольной силы.

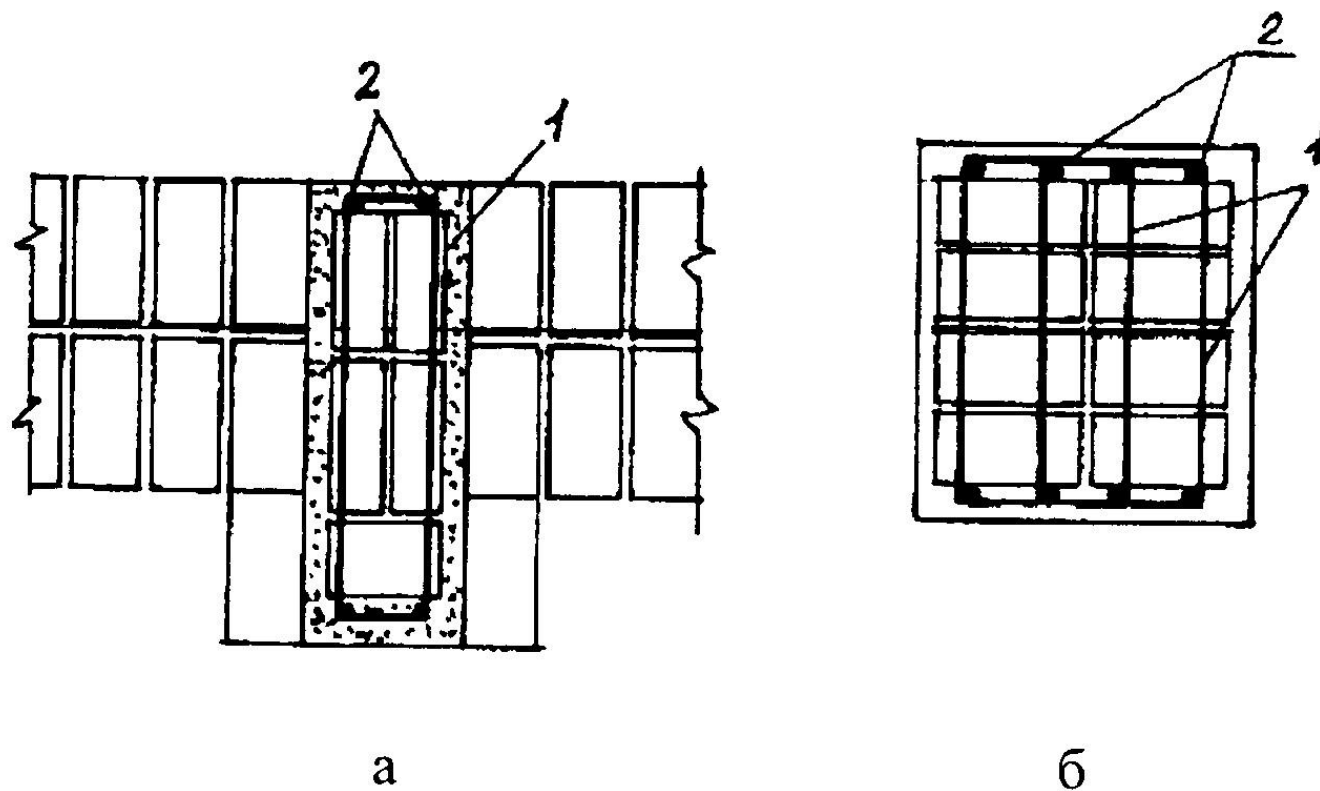


Рис. 5.2. Продольное армирование кирпичных конструкций (стен, столбов и др.):
а – расположение арматуры в штрабе кладки; б – наружное расположение арматуры; 1 – поперечные хомуты; 2 – продольная арматура

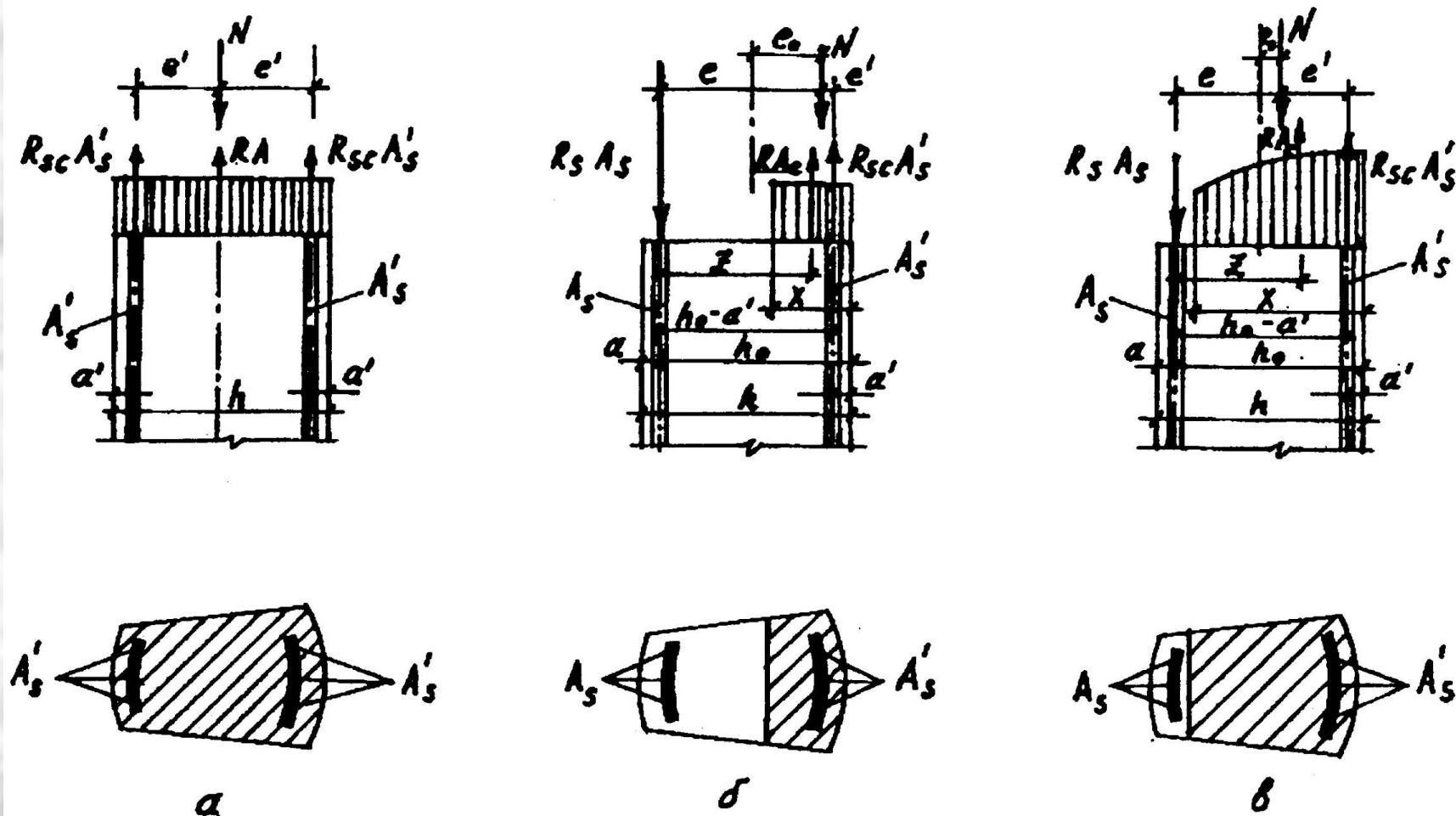


Рис. 5.3. Внецентренное сжатие армированной кладки: а – центральное сжатие; б – случай $1S_c < 0,8 S_0$; в – случай $2 S_c > 0,8 S_0$

При расположении арматуры снаружи кладки расстояние между хомутами $\leq 15d$ продольных стержней, а при расположении арматуры внутри кладки — $20d$.

Площадь сечения продольной арматуры $\mu \geq 0,1\%$, растянутой $\mu \geq 0,05\%$ площади поперечного сечения элемента.

Для защиты арматуры от коррозии марку раствора принимают *не менее 50*.

В центрально сжатых и изгибаемых элементах к моменту достижения в стали предела текучести сопротивление кладки используется только на **85%**, после чего совместная работа арматуры и кладки нарушается и начинается разрушение элемента.

Условие прочности при центральном сжатии:

$$N \leq \varphi \cdot (0,85 \cdot m_g \cdot R \cdot A + R_{sc} \cdot A'_s),$$

где : N – расчетная продольная сила;

φ – коэффициент продольного изгиба;

R – расчетное сопротивление кладки сжатию;

A – площадь сечения кладки;

A'_s – площадь сечения сжатой арматуры;

R_{sc} – расчетное сопротивление продольной арматуры

В центрально сжатых элементах арматуру используют в виде исключения.

Проще и выгоднее для повышения несущей способности увеличить сечение неармированной кладки или использовать сетчатое армирование.

ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Случай малых эксцентриситетов :

$$S_c < 0,8S_0$$

(при прямоугольной форме $x < 0,55h_0$)

Случай больших эксцентриситетов :

$$S_c \geq 0,8S_0$$

(при прямоугольной форме $x \geq 0,55h_0$)

$$S_0 = A \cdot (h_0 - y)$$

(при прямоугольной форме $S_0 = 0,5bh_0^2$)

КОМПЛЕКСНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

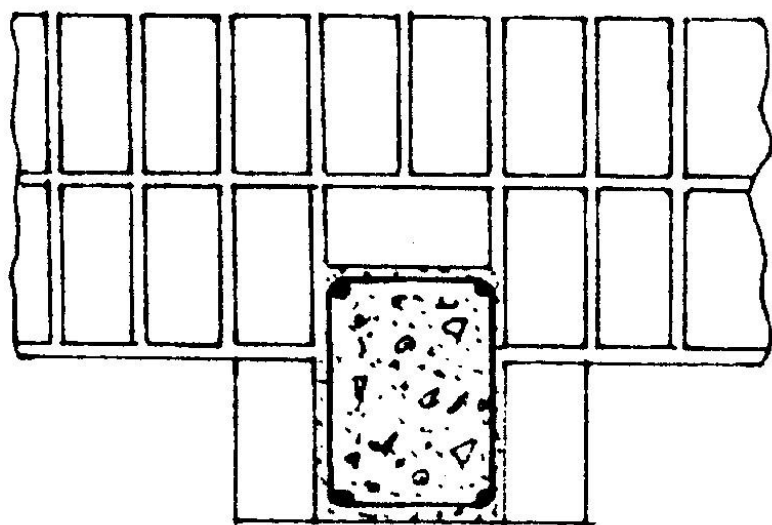
Комплексными называются элементы каменной кладки с включениями в них железобетона, располагаемого внутри кладки или снаружи в пазах.

Кладка при возведении служит опалубкой для бетона.

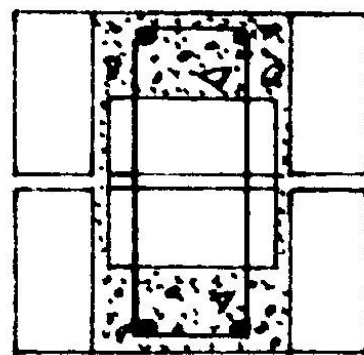
Продольную арматуру укладывают как снаружи кладки под слоем цементного раствора, так и внутри кладки или в бороздах с заполнением их раствором.

Арматура классов *A240, A300 и Bp500* $d \geq 3\text{мм}$ (*растянутая арматура*) и $d \geq 8\text{ мм}$ (*сжатая арматура*).

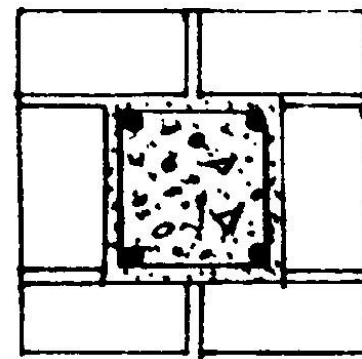
Совместная работа стержней и кладки обеспечивается хомутами из класса *A240 и Bp500* $d\ 3...6\text{ мм}$.



a



б



в

Рис.5.6. Схемы сечений комплексных элементов: а – одностороннее расположение железобетона; б – расположение железобетона в штрабе; в – расположение железобетона внутри кладки

Железобетон рекомендуется располагать с внешней стороны, что позволяет производить проверку плотности уложенного бетона и является более рациональным при внецентренном сжатии и изгибе конструкции.

Комплексные конструкции применяют при необходимости значительно увеличить несущую способность сильно нагруженных центрально и внецентренно сжатых элементов с целью уменьшения размеров их сечения.

Для комплексных конструкций используют бетон класса не выше ***B15***, площадь сечения продольной арматуры классов ***A300, A400*** – ***не менее 0,2% и не более 1,5%*** площади сечения бетона.

Центрально сжатые элементы

$$N \leq \varphi_{sc} \cdot [0,85 \cdot m_g \cdot R \cdot A + R_b \cdot A_b + R_{sc} \cdot A'_s],$$

где : N – расчетная продольная сила;

m_g – коэффициент, учитывающий снижение несущей способности при длительном действии нагрузки (ползучесть);

R – расчетное сопротивление кладки сжатию;

R_b – расчетное сопротивление бетона;

A – площадь сечения кладки;

A_b – площадь сечения бетона;

A'_s – площадь сечения сжатой арматуры;

R_{sc} – расчетное сопротивление продольной арматуры

φ_{sc} – коэффициент продольного изгиба комплексной конструкции при упругой характеристике кладки :

$$\alpha_{cs} = \frac{E_{0,red}}{R_{red}};$$

$$E_{0,red} = \frac{E_{ok}I_k + E_bI_b}{I_k + I_b}; \quad R_{red} = \frac{R_u A + R_{bn} A_b}{A + A_b},$$

E_{ok}, E_b – начальные модули упругости кладки и бетона;

I_k, I_b – моменты инерции сечения кладки и бетона;

$R_u = 2R$ – временное сопротивление кладки сжатию;

R_{bn} – нормативное сопротивление бетона сжатию

а) случай 1 при соблюдении условия:

$$S_c \geq 0,8S_0;$$

б) случай 2 при соблюдении условия:

$$S_c < 0,8S_0$$

S_0 – статический момент площади комплексного сечения (приведенного к кладке) относительно центра тяжести растянутой или менее сжатой арматуры A_s

S_c – статический момент площади сжатой зоны комплексного сечения относительно центра тяжести растянутой или менее сжатой арматуры A_s

$$S_0 = S_k + \frac{R_b}{R} \cdot S_b;$$

$$S_c = S_{kc} + \frac{R_b}{R} \cdot S_{bc},$$

S_k и S_b – статические моменты площадей сечения кладки и бетона относительно ц.т. арматуры A_s ;

S_{kc} и S_{bc} – статические моменты площадей сжатой части сечения кладки и бетона относительно ц.т. арматуры A_s ;

1 случай ($S_c \geq 0,8 S_0$) :

$$Ne \leq \varphi_{cs} \cdot [0,85 \cdot m_g \cdot (R \cdot S_k + R_b \cdot S_b) + R_{sc} \cdot S_s],$$

Если сила приложена между центрами тяжести арматуры

A_s и A'_s , должно соблюдаться дополнительное условие :

$$Ne' \leq \varphi_{cs} \cdot [0,85 \cdot m_g \cdot (R \cdot S_{k1} + R_b \cdot S_{b1}) + R_{sc} \cdot S'_s].$$

При одиночной арматуре ($A'_s = 0$) расчет производится по формуле :

$$Ne \leq \varphi_{cs} \cdot m_g \cdot (R \cdot S_k + R_b \cdot S_b).$$

S_{k1} , S_{b1} и S'_s – статические моменты площадей

сечения кладки, бетона и арматуры A_s

относительно ц.т. арматуры A'_s ;

S_k , S_b и S_s – статические моменты площадей

сечения кладки и бетона и арматуры A'_s

относительно ц.т. арматуры A_s ;

2 случай ($S_c < 0,8 S_0$) :

$$N \leq \varphi_{cs} \cdot [0,85 \cdot m_g \cdot (R \cdot A_{cs} + R_b \cdot A_{bc}) + R_{sc} \cdot A'_s - R_s A_s],$$

*Положение нейтральной оси определяется
из уравнения :*

$$m_g \cdot (0,85 \cdot R \cdot S_{cs,N} + R_b \cdot S_{bc,N}) \pm R_{sc} \cdot A'_s \cdot e' - R_s \cdot A_s \cdot e = 0.$$

*Знак + принимается, если N приложена
за пределами арматуры A_s и A'_s ;*

*Знак – принимается, если N приложена между
центрами тяжести арматуры A_s и A'_s .*

При одиночной арматуре ($A'_s = 0$):

$$N \leq \varphi_{cs} \cdot [m_g \cdot (0,85 \cdot \omega \cdot R \cdot A_{cs} + R_b \cdot A_{bc}) - R_s A_s],$$

Положение нейтральной оси из уравнения :

$$m_g \cdot (0,85 \cdot \omega \cdot R \cdot S_{cs,N} + R_b \cdot S_{bc,N}) - R_s \cdot A_s \cdot e = 0.$$

A_{cs} – площадь сжатой зоны кладки;

A_{bc} – площадь сжатой зоны бетона;

$S_{cs,N}$ – статический момент сжатой зоны
кладки относительно точки приложения силы;

$S_{bc,N}$ – статический момент сжатой зоны
бетона относительно точки приложения силы.

Изгибаемые элементы

Условие прочности :

$$M \leq R \cdot S_{cs} + R_b \cdot S_{bc} + R_{sc} \cdot S'_s;$$

положение нейтральной оси из уравнения :

$$R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s = R \cdot A_{cs} + R_b \cdot A_{bc}.$$

Высота сжатой зоны должна всегда удовлетворять условиям :

$$S_c < 0,8 \cdot S_0 \quad \text{и} \quad z \leq h_0 - a'$$

Плечо z равно расстоянию от точки равнодействующей усилий $R \cdot A_{cs}$ и $R_b \cdot A_{bc}$ до центра тяжести арматуры A_s .

При одиночном армировании ($A'_s = 0$) :

$$M \leq R \cdot S_{cs} + R_b \cdot S_{bc};$$

положение нейтральной оси из уравнения :

$$R_s \cdot A_s = R \cdot A_{cs} + R_b \cdot A_{bc}.$$

Расчет изгибаемых элементов комплексных конструкций на поперечную силу:

$$Q \leq R_{tw} \cdot b \cdot z,$$

*где: R_{tw} – расчетное сопротивление кладки
главным растягивающим напряжениям;*

b – ширина сечения кладки;

*$z = h_0 - 0,5x$ – плечо внутренней пары сил
для прямоугольных сечений.*

ЭЛЕМЕНТЫ, УСИЛЕННЫЕ ОБОЙМАМИ

Одним из наиболее эффективных методов повышения несущей способности существующих элементов каменных конструкций является заключение их в обойму.

Обойма препятствует поперечному расширению кладки, что увеличивает сопротивление кладки воздействию продольной силы.

Виды обойм:

- Стальные;
- Железобетонные;
- Штукатурные.

Наиболее широко применяют обоймы стальные и железобетонные.

- **Стальные обоймы** – состоит из вертикальных уголков, установленных по углам столбов или простенка, и планок являющимися хомутами. Расстояние между хомутами принимают **не более 50 см.** Обойма должна быть защищена от коррозии слоем цементного раствора **марки 50...75** толщиной **25...30 мм.**

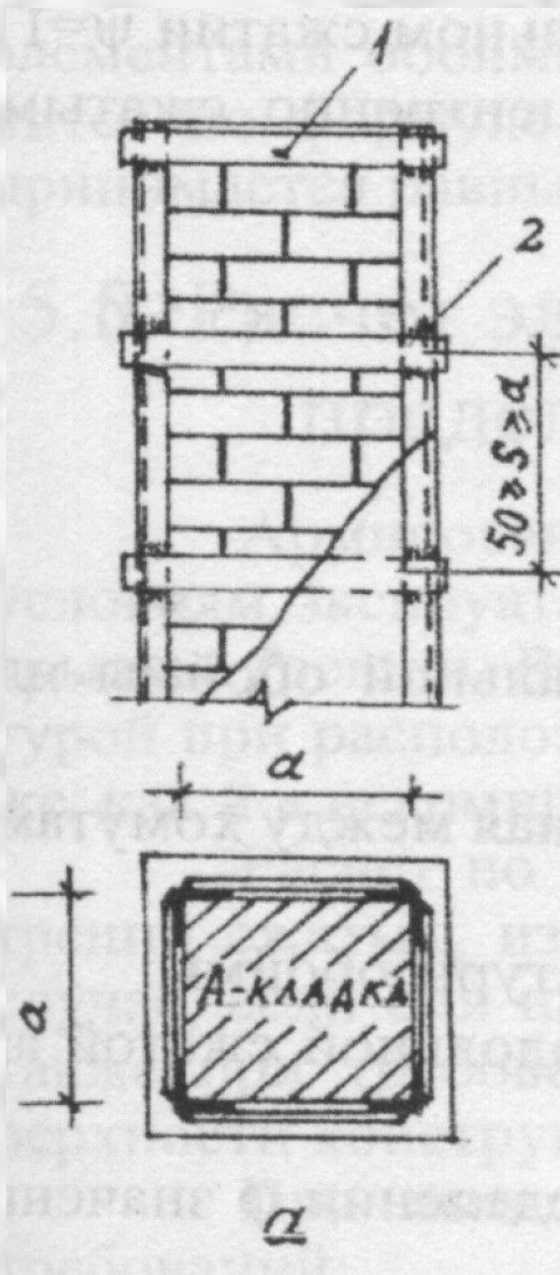


Схема усиления кирпичного столба металлической обоймой

*1 – планка сечением $35 \times 5 \dots 60 \times 12 \text{ мм}$;
2 – сварка*

- **Железобетонная обойма** – выполняется из бетона классов *B15, B20* с армированием вертикальными стержнями *d 6...12 мм* и сварными хомутами *d 4...10 мм*. Расстояние между хомутами назначают по расчету и принимают в пределах *6...10 см (не более 15 см)*. Толщина обоймы *6...10 см*.

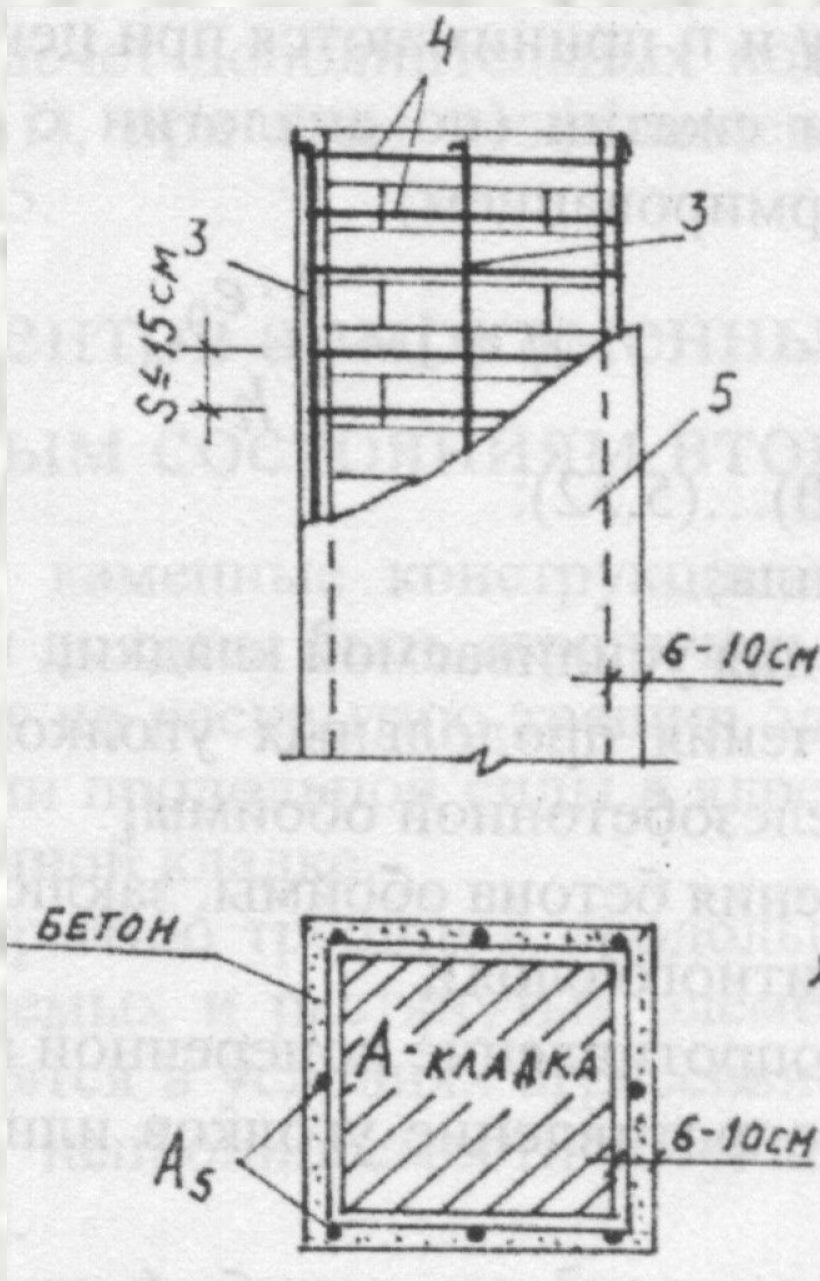


Схема усиления кирпичного столба железобетонной обоймой

3 – стержни $d 5...12 \text{ мм}$;

4 – хомуты $d 4...10 \text{ мм}$

5 – бетон $B12,5...B15$

- **Штукатурная обойма** — состоит из вертикальных стержней *диаметром 8...12 мм* и спиральной обмотки, охватывающей стержни, *с шагом 10...15 см*, после чего арматурный каркас покрывается цементной штукатуркой толщиной *3...4 см марки 75...100*.

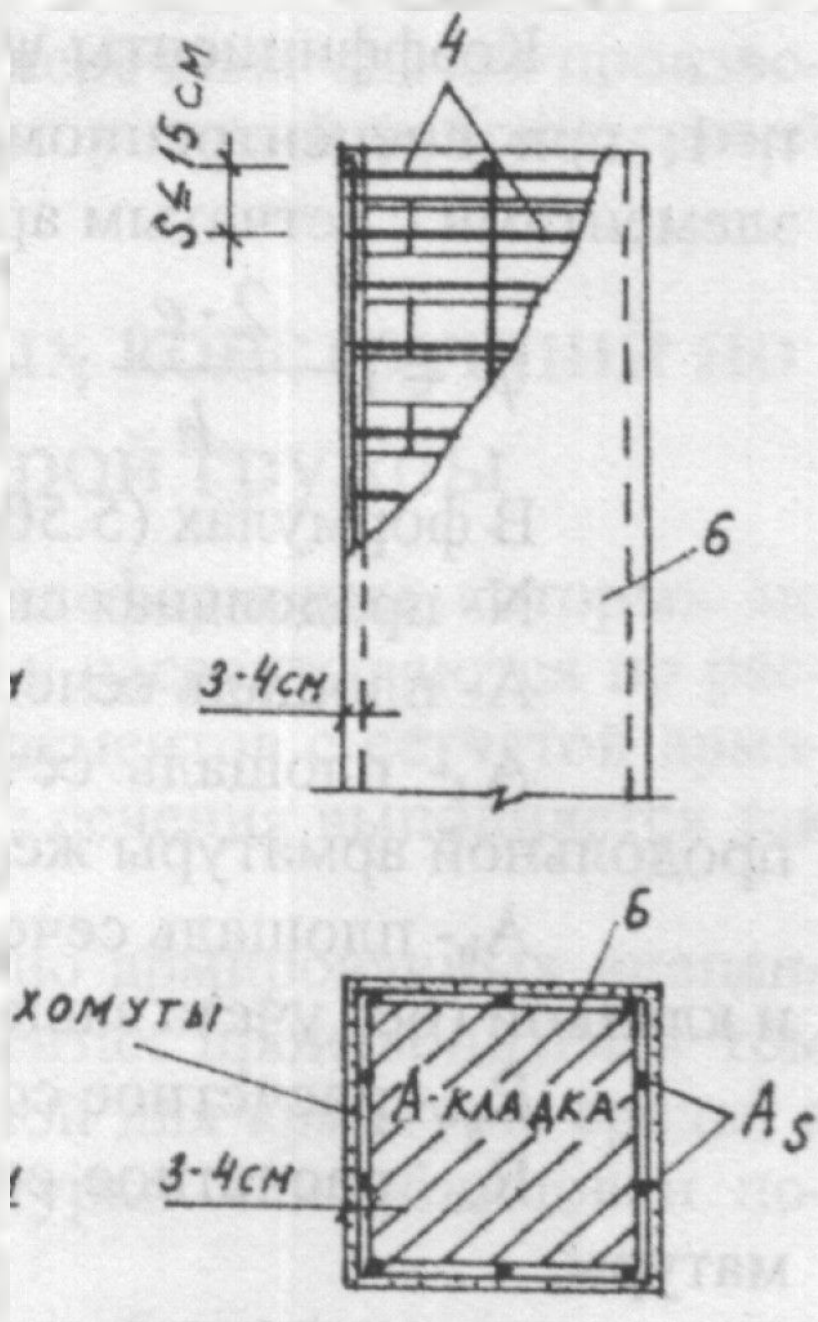


Схема усиления кирпичного столба штукатурной обоймой
 4 – хомуты $d 4...10 \text{ мм}$
 6 – штукатурка (раствор марки 50...100)

При усилении железобетонной или штукатурной обоймой участков стен, имеющих значительную протяженность (*более 2,5 толщин*), необходимо ставить дополнительные поперечные связи, пропускаемые через стену и располагаемые одна от другой по длине через $2h$ (h – толщина стены) (*рис.14.4,г*) и *не более чем через 100 см.*

Условие прочности:

Стальная обойма :

$$N \leq \psi \cdot \varphi \cdot \left[\left(m_g \cdot m_k \cdot R + \eta \cdot \frac{2,5 \cdot \mu}{1 + 2,5 \cdot \mu} \cdot \frac{R_{sw}}{100} \right) \cdot A + R_{sc} \cdot A'_s \right],$$

Железобетонная обойма :

$$N \leq \psi \cdot \varphi \cdot \left[\left(m_g \cdot m_k \cdot R + \eta \cdot \frac{3 \cdot \mu}{1 + \mu} \cdot \frac{R_{sw}}{100} \right) \cdot A + m_b \cdot R_b \cdot A_b + R_{sc} \cdot A'_s \right],$$

Штукатурная обойма :

$$N \leq \psi \cdot \varphi \cdot \left(m_g \cdot m_k \cdot R + \eta \cdot \frac{2,8 \cdot \mu}{1 + 2 \cdot \mu} \cdot \frac{R_{sw}}{100} \right) \cdot A,$$

где :

N – расчетная продольная сила;

φ – коэффициент продольного изгиба;

m_g – коэффициент, учитывающий снижение несущей способности при длительном действии нагрузки (ползучесть);

m_k – коэффициент условия работы кладки ($m_k = 1$ – для кладки без повреждений; $m_k = 0,7$ – для кладки с трещинами);

m_b – коэффициент условия работы бетона; при передаче нагрузки на обойму $m_b = 1$;

$\psi = 1, \eta = 1$ – при центральном сжатии;

$\psi = 1 - \frac{2 \cdot e_0}{h}, \quad \eta = 1 - \frac{4 \cdot e_0}{h}$ – при внецентренном сжатии;

μ – процент армирования хомутами и поперечными планками :

$$\mu = \frac{2 \cdot A_{sw} \cdot (h + b)}{h \cdot b \cdot s} \cdot 100; \quad \mu = \frac{2 \cdot A_s \cdot (h + b)}{h \cdot b \cdot s} \cdot 100$$

R – расчетное сопротивление кладки сжатию;

R_b – расчетное сопротивление бетона;

A – площадь сечения кладки;

A_b – площадь сечения бетона;

A'_s – площадь сечения сжатой арматуры;

R_{sc} – расчетное сопротивление продольной арматуры

Если равнодействующая сжимающих усилий в сечении выходит за пределы ядра сечения, то усиление *кладки* обоями *не эффективно*.