

# 17. Расчет элементов каменных и армокаменных конструкций.

17.1 Общие сведения.

17.2 Расчет неармированных каменных элементов.

17.2.1. Центральные сжатые элементы.

17.2.2. Расчет внецентральные сжатые элементы.

17.2.3. Методика расчета на местное сжатие.

17.3. Конструирование и расчет армокаменных элементов.

## 17.2. Общие сведения

Для каменных конструкций можно применять кирпич полнотелый и пустотелый, камни керамические, бетонные и природные, крупные блоки, панели.

Следует учитывать, что основной характеристикой каменных материалов, применяемых для несущих конструкций, является их прочность, характеризуемая марками. В соответствии с этим в зданиях высотой более 5 этажей необходимо использовать кирпичи и камни марок по прочности на сжатие 150 и более.

Проектирование зданий высотой > 12 этажей (36 м) допускаются только при условии применения в нижних этажах кирпича повышенной прочности (150-300).

Во избежание утолщения наиболее нагруженных стен и столбов следует применять усиление каменных конструкций сетчатым армированием или железобетоном (комплексные конструкции)

К каменным материалам, применяемым для кладки *наружных* стен и фундаментов, предъявляются также требования по морозостойкости, водостойкости, плотности, проценту пустотности, размерам.

## 17.2.1. Центральные сжатые элементы.

Предел прочности всех видов кладок при кратковременном нагружении определяется по формуле Л.И.Онищика:

$$R = A \cdot R_1 \cdot \left( 1 - \frac{a}{b + R_2 / 2R_1} \right) \cdot \gamma;$$

Коэффициент А (конструктивный коэффициент) определяется по формуле:

$$A = \frac{100 + R_1}{100 \cdot m + n \cdot R_1};$$

где  $R_1$  - предел прочности камня при сжатии, выраженный в  $\text{кг/см}^2$ ;

$m$  и  $n$  – коэффициенты, зависящие от вида камней, из которых выполнена кладка (для кирпичной кладки  $m=1,25$  и  $n=3$ )

$a$  и  $b$  - то же (для кирпичной кладки  $a=0,2$  и  $b=0,3$ )

$R_2$  – предел прочности раствора;

$\gamma$  - коэффициент, применяемый при определении прочности кладки на растворах низких марок (25 и ниже)

## 17.2.1. Центральное сжатые элементы.

Расчет элементов неармированных каменных конструкций при центральном сжатии необходимо производить по формуле:

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

где  $N$  – расчетная продольная сила;  
 $R$  – расчетное сопротивление сжатию кладки;  
 $\varphi$  – коэффициент продольного изгиба;  
 $A$  – площадь сечения элемента (для участков стен каменных зданий, имеющих постоянную толщину, в расчет удобнее брать 1 п.м. стены)  
 $m_g$  – коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки.

Коэффициент продольного изгиба для элементов постоянного по длине сечения следует принимать по таблице СНиП II-22-81 в зависимости от гибкости элемента

$$\lambda_1 = l_0 / h. \text{ или } \lambda = l_0 / i$$

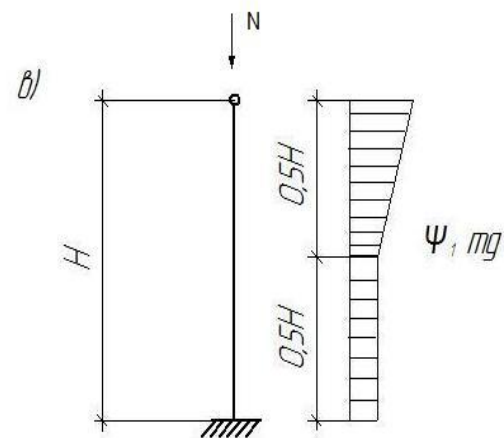
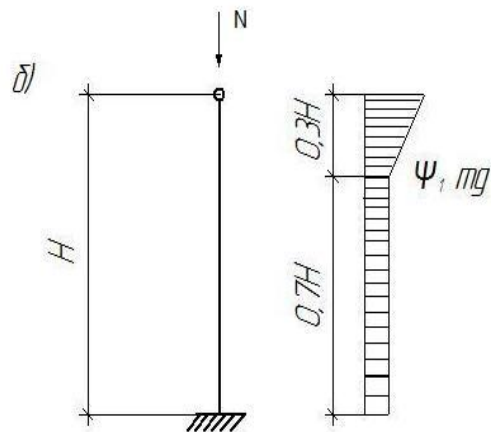
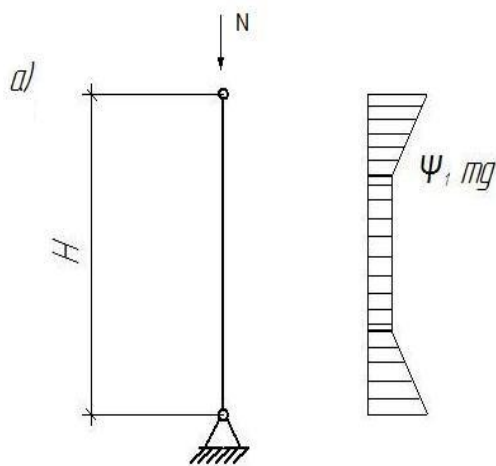
Расчетные высоты стен и столбов при определении коэффициентов продольного изгиба в зависимости от условий опирания их на горизонтальные опоры следует принимать:

- при неподвижных шарнирных опорах  $l_0 = H$ ;  $H$  – расстояние между перекрытиями.

- при упругой верхней опоре и жестком защемлении в нижней опоре, (для однопролетных зданий) и  $l_0 = 1,25 \cdot H$ , (для многопролетных зданий);  $l_0 = 1,5 \cdot H$ ,

## 17.2.1. Центральное сжатые элементы.

- для свободно стоящих конструкций при отсутствии связи их с перекрытиями или другими горизонтальными опорами  $l_0 = 2H$  .



## 17.2.1. Центральные сжатые элементы.

Коэффициент  $m_g$  отражает влияние ползучести кладки на работу элемента в связи с ростом нагрузки

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

где  $N_g$  - расчетная продольная сила от длительных нагрузок.

$\eta$  - коэффициент, зависящий от гибкости элемента и вида кладки  
(принимается по СНиП)

Значения  $\varphi$  и  $m_g$  берутся равными расчетным значениям не во всех сечениях.  
(см. рисунок выше)

## 17.2.2. Расчет внецентренно сжатых элементов

При расчете сжатых каменных элементов следует учитывать и случайный эксцентриситет. Его учитывают только в стенах толщиной 25см и менее, руководствуясь следующими правилами:

- для несущих стен  $e_a = 2\text{см}$ ;

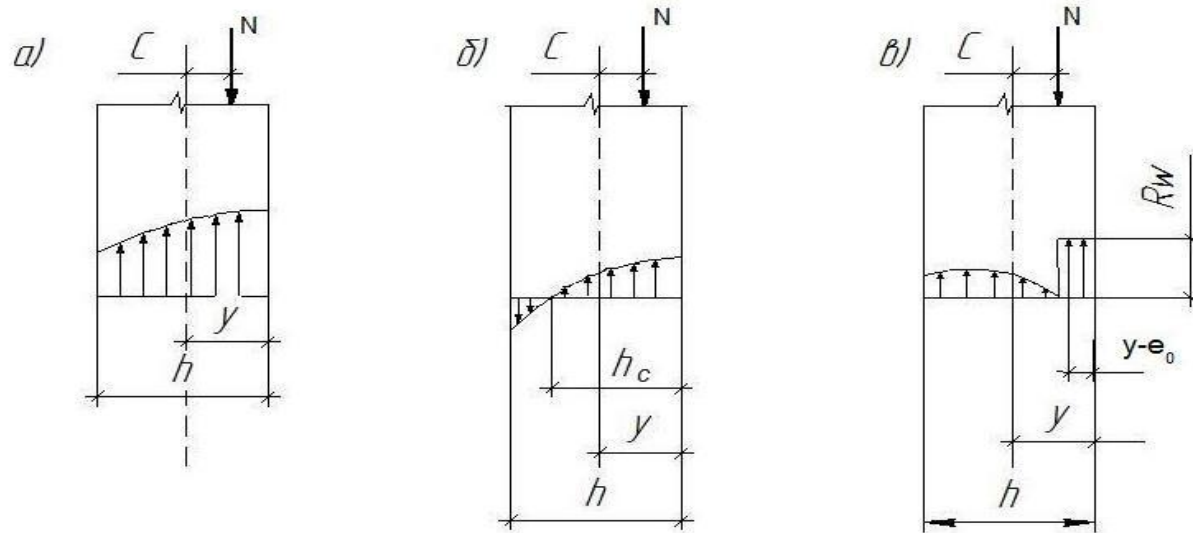
- для самонесущих  $e_a = 1\text{см}$ .

Таким образом, расчетный эксцентриситет определяется по формуле:

$$e = \frac{M}{N} + e_a.$$

В зависимости от величины эксцентриситета в поперечном сечении элемента возникают разные эпюры напряжения. При небольших эксцентриситетах поперечное сечение полностью сжато. С увеличением эксцентриситета в сечении может возникнуть и растяжение. При больших эксцентриситетах напряжения в растянутой зоне могут превысить предельное сопротивление кладки растяжения и в горизонтальных швах образуется трещина.

## 17.2.2. Расчет внецентренно сжатых элементов



Однако во всех трех случаях для упрощения расчетов разрешается в сжатой зоне напряжение принимать равномерно распределенным по сжатой площади. При этом учитывается, что менее загруженная часть кладки сдерживает поперечные деформации сжатой зоны и тем самым несколько повышает несущую способность кладки. Это повышение учитывается коэффициентом  $\omega$ .



## 17.2.2. Расчет внецентренно сжатых элементов

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{2y} \leq 1,45$$

(для всех видов кладки, кроме кладки из камней и крупных блоков из ячеистого и крупнопористого бетона, а также из природных камней. Для них  $\omega = 1$ )

Площадь *сжатой* части сечения:

-для прямоугольного сечения:  $A_c = A \cdot (1 - 2e_0 / h);$

-для таврового сечения:  $A_c = A \cdot (y - e_0) \cdot b,$

где  $b$  - ширина сжатой полки или толщина стенки таврового сечения в зависимости от экс-та.

## 17.2.2. Расчет внецентренно сжатых элементов

Несущая способность внецентренной сжатой кладки должна проверяться соблюдением условия:

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

Коэффициент продольного изгиба  $\varphi_1$  находят по формуле:

$$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_{\tilde{n}}}{2},$$

$\varphi_{\tilde{n}}$  - то же для сжимаемой части сечения

$$\varphi_{\tilde{n}} = \frac{H}{i_c}.$$

Коэффициент, учитывающий длительность действия нагрузки

$$m_g = 1 - \eta \cdot \frac{N_g}{N} \left( \frac{e_{0g}}{h} \right).$$

## 17.2.3. Методика расчета на местное сжатие.

Местное сжатие, или смятие возникает в кладке при действии нагрузки на ограниченную площадь, т.е. на часть сечения (при опирании на кладку ферм, балок, прогонов, перемычек, панелей перекрытия и др.). Несущая способность кладки при смятии определяется с учетом характера распределения давления по площади смятия. В расчетах по проверке несущей способности кладки следует учесть повышение ее прочности.

Расчетное сопротивление при местном сжатии:

$$R_c = \xi \cdot R, \quad \text{где: } \xi = \sqrt[3]{\frac{A}{A_c}} \leq \xi_1.$$

Здесь  $A$  – расчетная площадь сечения;

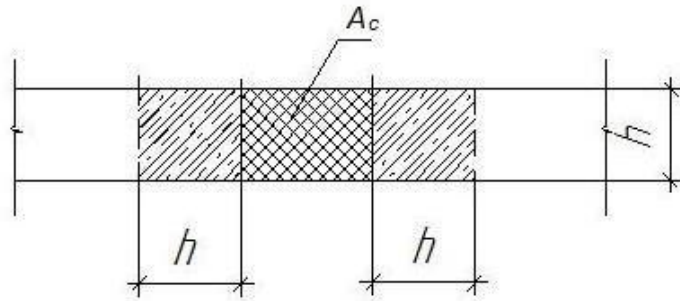
$A_c$  – площадь смятия, на которую передается нагрузка;

$\xi_1$  коэффициент, зависящий от материала кладки и места приложенной нагрузки (например, для кладки из сплошных кирпичей  $\xi_1=2$ ; из керамических с пустотами  $\xi_1=1,5$ ).

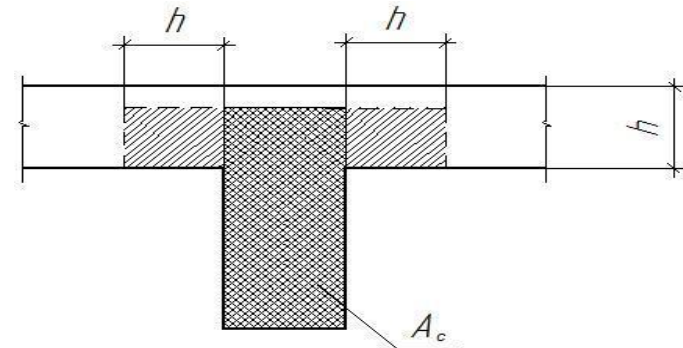
## 17.2.3. Методика расчета на местное сжатие.

Расчетная площадь сечения кладки  $A$  принимается условно по схемам, приведенным в СНиП.

Примеры:

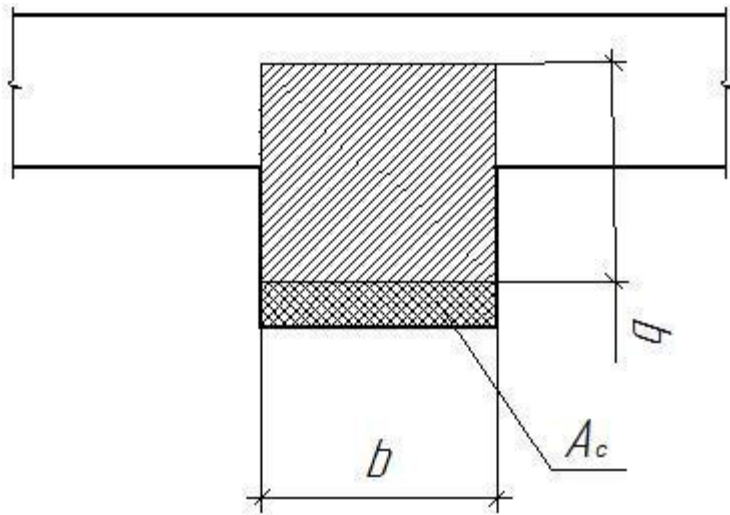


а) при площади смятия, включающей всю толщину стены



б) при площади смятия, расположенной в пределах пилястры и части стены (для нагрузки, равнодействующей, которая находится в пределах полки)

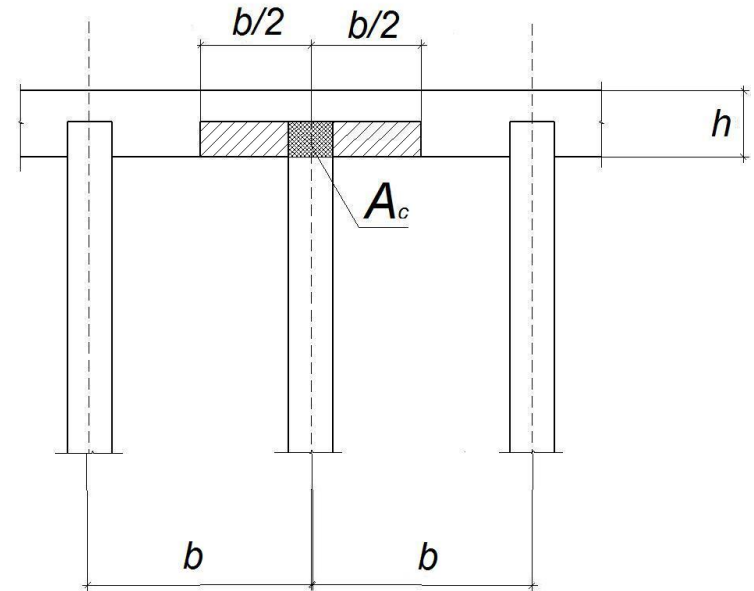
## 17.2.3. Методика расчета на местное сжатие



в) при площади смятия, в пределах пилястры.

1)  $A = A_c$  – при расчете на местную нагрузку.

2)  $A$  берется ограниченной пунктом при расчете на сумму местной и основной нагрузки.



г) при опирании на стену концов прогонов и балок.

## 17.2.3. Методика расчета на местное сжатие

Несущая способность сечения при местном сжатии обеспечено, если соблюдается условие:

$$N_c \leq \psi \cdot d \cdot R_c \cdot A_c,$$

$\psi$  – коэффициент ... эпюры давления. При равномерном распределении давления  $\psi = 1$ , при треугольном  $\psi = 0,5$ .

$d = 1,5 - 0,5$   $\psi$  - для кирпичной кладки и кладки из сплошных камней и бетонных блоков.

$d = 1$  - для пустотелых камней или сплошных камней и блоков из крупнопористого материала.

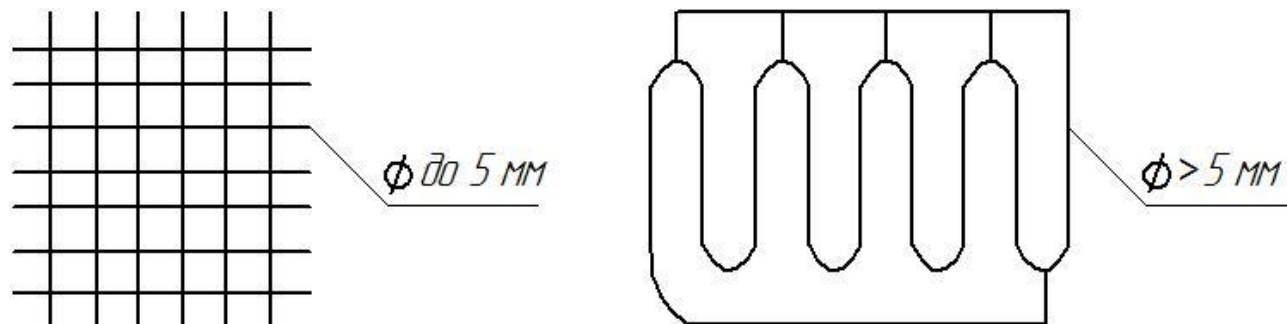
Следует помнить, что при одновременном действии на площадь сечения местной нагрузки (под концом балок, прогонов) и основной (выше лежащая кладка и др. конструкции) расчет проводится отдельно на местную нагрузку и сумму местной и основной нагрузок. Тогда величина коэффициента  $\xi$  принимается различной для каждого вида нагрузки.

## 17.3. Конструирование и расчет армокаменных элементов

Несущая способность камней кладки может быть повышена введением в рабочее сечение арматуры. Применяют два вида армирования:

1. поперечное (сетчатое);
2. продольное – из продольной арматуры с хомутами, устанавливаемой снаружи кладки, либо внутри в швах между кирпичами.

Сетчатое армирование кладки применяется в центрально и внецентренно сжатых элементах при малых экс-ах, не выходящих из ядра сечения (для прямоугольного сечения  $e_0 \leq 0,167h$ ), и малой гибкости  $l_0/i \leq 53$ .



## 17.3. Конструирование и расчет армокаменных элементов

Для традиционного определения рекомендуется применять:

- горячекатаную стержневую сталь классов А-I ... А-III;
- обычную арматурную низкоуглеродистую проволоку В-I и В<sub>p</sub>-I.

При применении сетчатого армирования, кроме того, следует учитывать следующие требования:

- сетки проектируют из проволоки  $\varnothing 3-8$ мм, укладываемой на расстоянии 30-120 мм друг от друга;
- шов кладки должен иметь толщину, превышающую диаметр арматуры не менее, чем на 4 мм;
- марка раствора зависит от влажности воздуха: при нормальной влажности минимальная марка раствора применяется М25, а во влажных или открытых конструкциях – М50;
- по высоте элементов сетки должны укладываться через 1-5 рядов кирпичной кладки. При расположении арматуры реже, чем через 5 рядов влияние ее на несущую способность кладки в расчетах учитываться не должно.



# 17.3. Конструирование и расчет армокаменных

## ЭЛЕМЕНТОВ

Расчет элементов при центральном сжатии рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1) определить величину расчетного сопротивления армированной кладки

$$R_{sk} = R + \frac{2\mu R_s}{100} \leq 2R; \quad \mu = \frac{V_s}{V_h} \cdot 100\%;$$

Для сетки с квадратными ячейками размером  $C$

$$\mu = \frac{2 \cdot A_{si}}{C \cdot S};$$

При пределе прочности раствора  $\leq 25 \text{ кг/см}^2$  эффективность армирования снижается, тогда

$$R_{sk} = R + \frac{2\mu R_s}{100} \cdot \frac{R}{R_{25}} (m_a).$$

2) Найти значение коэффициента продольного изгиба  $\varphi$  по аналогии с расчетом неармированной каменной конструкции и значение коэффициента  $m_g$

3) Проверить несущую способность армированной кладки

$$N \leq m_g \cdot \varphi \cdot R_{sk} \cdot A.$$

## 17.3. Конструирование и расчет армокаменных

### ЭЛЕМЕНТОВ

Для расчета внецентренно сжатых элементов можно пользоваться этой же последовательностью. При этом следует учитывать, что в случаях малых эксцентриситетов, не выходящих за пределы ядра сечения (для прямоугольного  $e_0 \leq 0,167h$ ) расчетное сопротивление армированной сетками вне центрального сжатия кладка составляет:

$$R_{sk} = R + \frac{2\mu R_s}{100} \left(1 - \frac{2e_0}{y}\right);$$

а при прочности раствора  $< 25 \text{ кг/см}^2$

$$R_{sk} = R + \frac{2\mu R_s}{100} \cdot \frac{R}{R_{25}} \left(1 - \frac{2e_0}{y}\right).$$

Процент армирования кладки сетчатой арматурой при внецентренном сжатии не должен превышать определяемого по формуле

$$\mu = \frac{50 \cdot R}{\left(1 - \frac{2e_0}{y}\right) \cdot R_s} \geq 0,1\%.$$