

**КОНСТРУКТИВНЫЕ
ТРЕБОВАНИЯ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ**

Общие положения

Для обеспечения несущей способности, пригодности к нормальной эксплуатации и долговечности бетонных и железобетонных конструкций помимо требований, определяемых расчетом, следует выполнять конструктивные требования:

- по геометрическим размерам элементов конструкций;
- по армированию (проценту армирования, диаметру и расположению арматуры, толщине защитного слоя бетона, анкеровке и стыковке арматуры);
- по защите конструкций от неблагоприятного влияния воздействий среды.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ

Минимальные геометрические размеры сечений конструкций следует назначать такими, чтобы обеспечивать:

- ⦿ возможность надлежащего **размещения арматуры** (расстояния между стержнями, защитный слой бетона и т.д.), ее анкеровки и совместной работы с бетоном;
- ⦿ достаточную **жесткость** конструкций;
- ⦿ необходимую **огнестойкость, водонепроницаемость** конструкций, **тепло- и звукоизоляцию, коррозионную стойкость, радиационную защиту** и т.п.;
- ⦿ возможность **качественного изготовления** при бетонировании конструкций,

Размеры сечений **внецентренно сжатых элементов** для обеспечения их жесткости рекомендуется принимать такими, чтобы их *гибкость* в любом направлении не превышала:

- ◎ 200 — для железобетонных элементов;
- ◎ 120 — для колонн, являющихся элементами зданий;
- ◎ 90 — для бетонных элементов.

- В конструкциях зданий и сооружений следует предусматривать их **разрезку** постоянными и временными **температурно-усадочными швами**, расстояния между которыми назначают в зависимости от климатических условий, конструктивных особенностей сооружения, последовательности производства работ и т.п.
- При неравномерной осадке фундаментов следует предусматривать разделение конструкций **осадочными швами**.

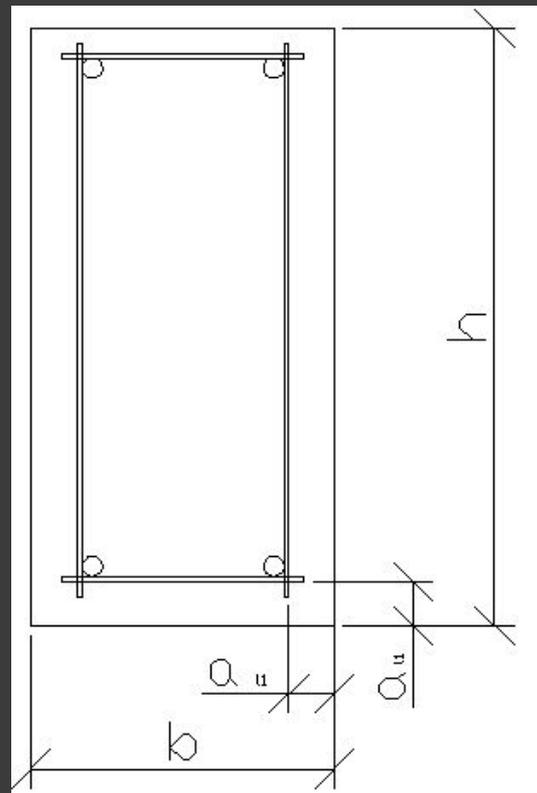
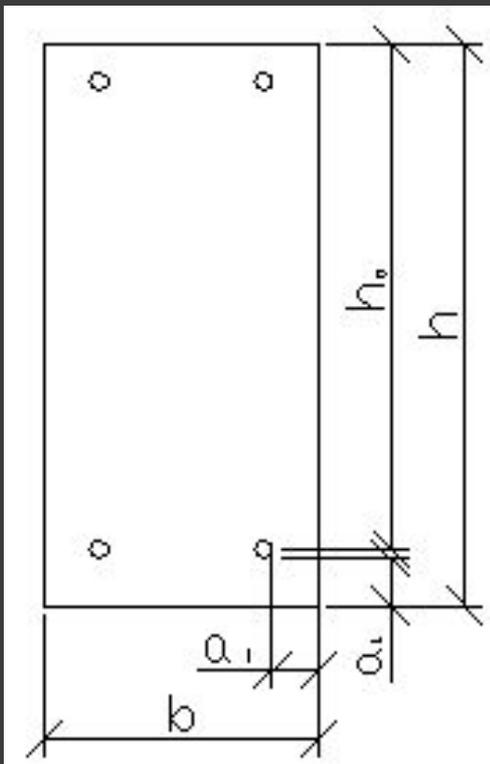
АРМИРОВАНИЕ

ЗАЩИТНЫЙ СЛОЙ БЕТОНА

Назначение

Арматура, расположенная внутри сечения конструкции, должна иметь защитный слой бетона (расстояние от поверхности арматуры до соответствующей грани конструкций), чтобы обеспечивать:

- ⦿ совместную работу арматуры с бетоном;
- ⦿ анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;
- ⦿ сохранность арматуры от воздействий окружающей среды (в том числе при наличии агрессивных воздействий);
- ⦿ огнестойкость и огнесохранность.



h – высота элемента

h_0 – рабочая высота элемента

b – ширина элемента

a_1 – защитный слой продольной арматуры

a_{11} – защитный слой поперечной арматуры

Минимальные значения толщины слоя бетона рабочей арматуры

Условия эксплуатации	a_r , мм, не менее
1. В помещениях при нормальной и пониженной влажности	20
2. В помещениях при повышенной влажности	25
3. На открытом воздухе	30
4. В грунте, в фундаментах при наличии бетонной подготовки	40

Величину a_r уменьшают на 5 мм:

- в сборных элементах;
- для конструктивной арматуры.

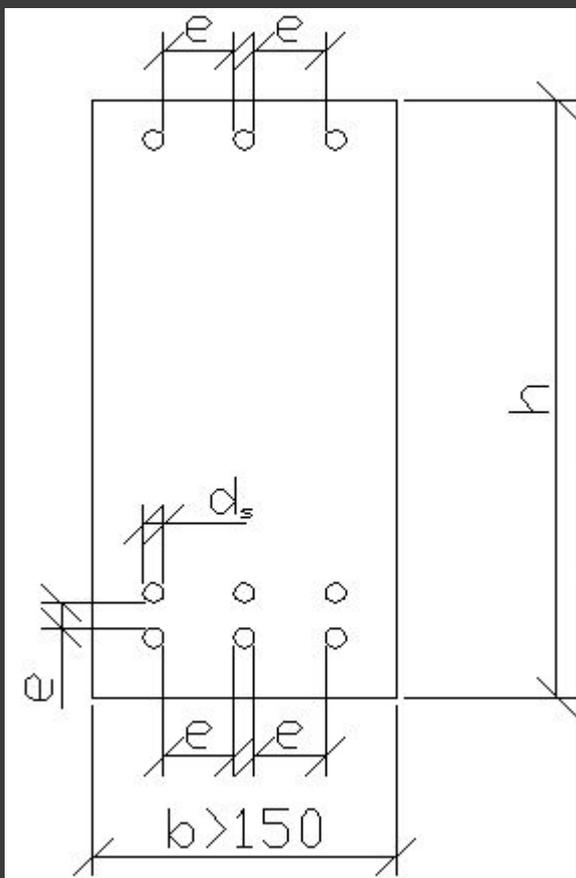
Во всех случаях принимают не менее наибольшего диаметра стержня

Продольное армирование

Минимальные расстояния между стержнями арматуры

Минимальные расстояния в свету между стержнями арматуры следует принимать такими, чтобы обеспечить:

- ⦿ совместную работу арматуры с бетоном;
- ⦿ качественное изготовление конструкций, связанное с укладкой и уплотнением бетонной смеси.



Принимают не менее для балок и плит (e):

- 25 мм — для нижней арматуры, расположенной в один или два ряда;
- 30 мм — для верхней арматуры;
- 50 мм — то же, при расположении нижней арматуры более чем в два ряда (кроме стержней двух нижних рядов).

Для колонн (e):

- 50 мм

Во всех случаях принимают не менее наибольшего диаметра стержня

e — зазор между стержнями

d_s — диаметр арматуры

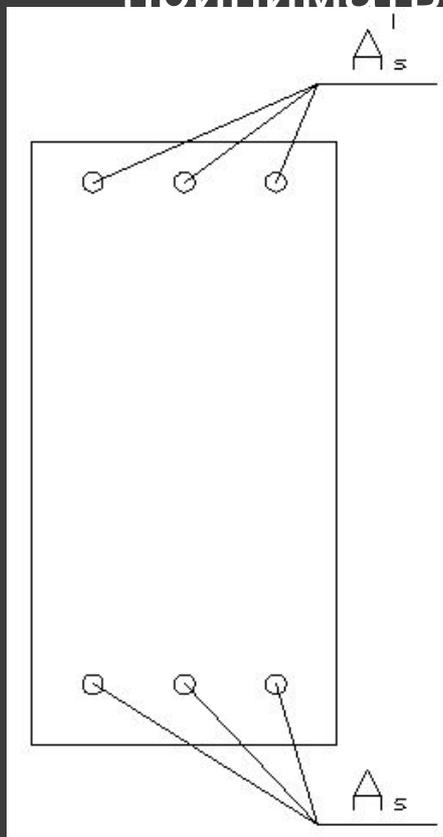
При стесненных условиях допускается располагать стержни группами — пучками (без зазора между ними). При этом расстояния в свету между пучками должны быть также не менее приведенного диаметра стержня, эквивалентного по площади сечения пучка арматуры, принимаемого равным:

$$d_{s,red} = \sqrt{\sum_{1}^n d_{si}^2}$$

где d_{si} — диаметр одного стержня в пучке;
 n — число стержней в пучке.

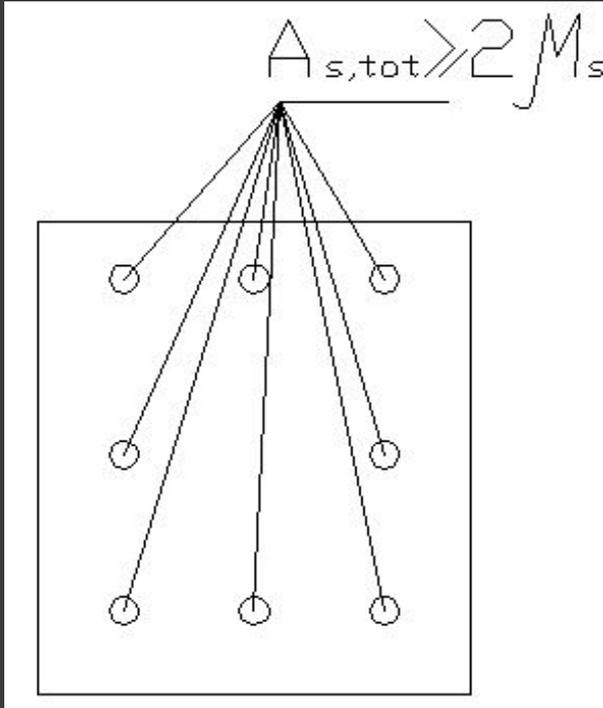
Минимальный процент $\mu_{s,min}$ продольной расчетной растянутой и сжатой арматуры (в процентах площади сечения бетона, равной произведению ширины прямоугольного сечения либо ширины ребра таврового, двутаврового сечения на рабочую высоту сечения), следует принимать не менее:

$$\mu_s = \frac{A_s}{bh_0} 100\%$$



- **0,1 %** — в изгибаемых и внецентренно растянутых элементах , а также во внецентренно сжатых элементах при гибкости $\lambda = l_0/i \leq 17$;
- **0,25 %** — во внецентренно сжатых элементах при гибкости $\lambda = l_0/i \geq 87$.

Для промежуточных значений λ , μ_s определяют по интерполяции.



В элементах с продольной арматурой, **расположенной равномерно по контуру сечения**, а также в центрально-растянутых элементах минимальную площадь сечения всей продольной арматуры следует принимать вдвое больше указанных выше значений и относить их к полной площади сечения бетона

$$\mu_s = (A_{s,tot} / bh) \% \geq 2\mu_{s,min}$$

В бетонных конструкциях следует предусматривать конструктивное армирование:

- ⦿ в местах резкого изменения размеров сечения элементов;
- ⦿ в бетонных стенах под и над проемами;
- ⦿ во внецентренно сжатых элементах, рассчитываемых по прочности без учета работы растянутого бетона, у граней, где возникают растягивающие напряжения; при этом коэффициент армирования принимают $\mu_s \geq 0,025$ %.

Максимальное расстояние между осями стержней продольной арматуры

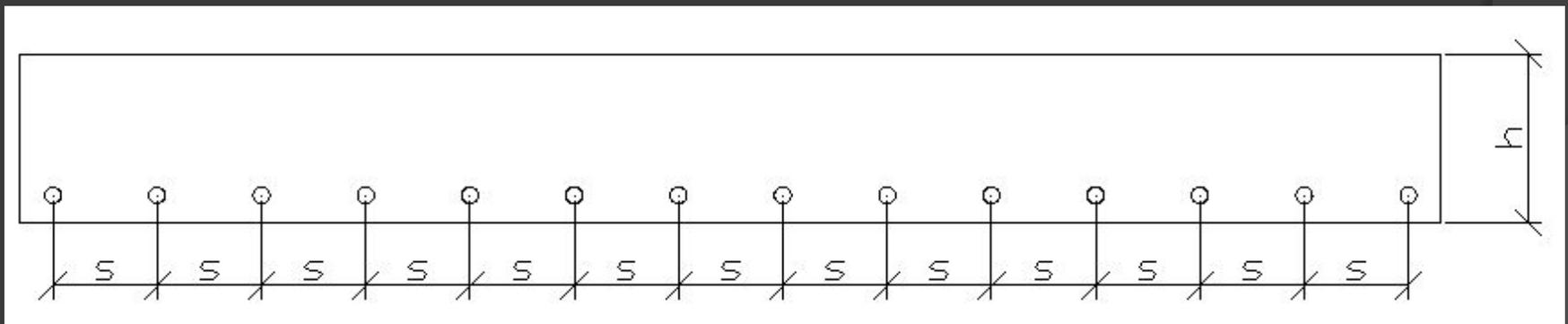
Устанавливается из условия обеспечения:

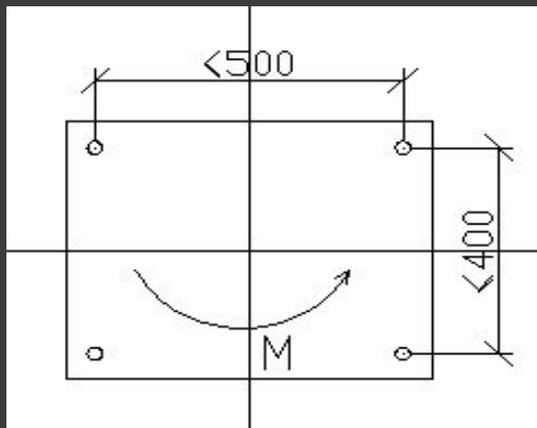
- эффективное вовлечение арматуры в работу бетона;
- равномерное распределение напряжений и деформаций между стержнями арматуры;
- ограничения ширины раскрытия трещин между стержнями арматуры

Наибольшее расстояние между осями стержней продольной арматуры должны быть не более:

В железобетонных балках и плитах:

- **$S \leq 200$ мм — при $h \leq 150$ мм;**
- **$S \leq 1,5h$ и $S \leq 400$ мм – при $h > 150$ мм;**



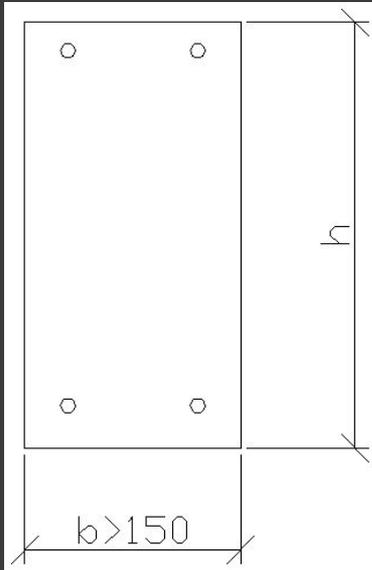


В железобетонных колоннах S
 \leq :

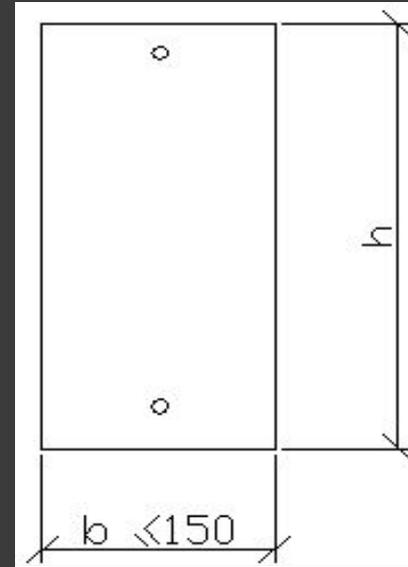
- **400 мм** — в направлении, перпендикулярном плоскости изгиба;
- **500 мм** — в направлении плоскости изгиба.

В железобетонных стенах расстояния принимают между стержнями :

- вертикальной арматуры $S \leq 2t$ и $S \leq 400$ мм (t — толщина стены);
- горизонтальной — $S \leq 400$ мм.



При $b > 150$ число продольных стержней (каркасов) должно быть не менее двух.



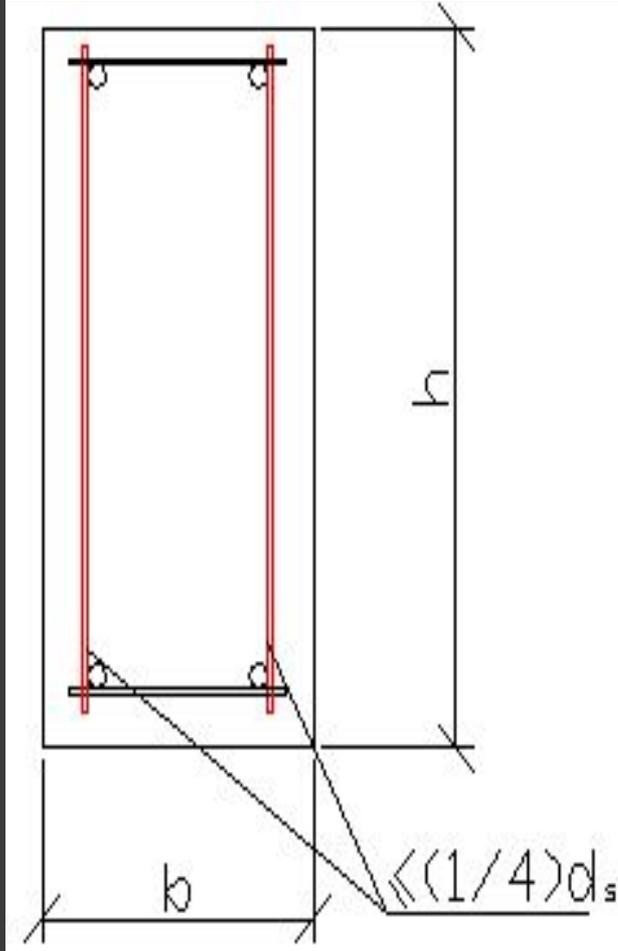
При $b \leq 150$ допускается устанавливать 1 продольный стержень (каркас).

Поперечное армирование

Поперечную арматуру следует устанавливать исходя из:

- ⦿ расчета на восприятие поперечных усилий,
- ⦿ с целью ограничения развития наклонных трещин,
- ⦿ удержания продольных стержней в проектном положении
- ⦿ закрепления продольных (сжатых) стержней от бокового выпучивания.

Поперечную арматуру устанавливают у всех поверхностей железобетонных элементов, вблизи которых ставится продольная арматура.



Диаметр поперечной арматуры (хомутов) принимают:

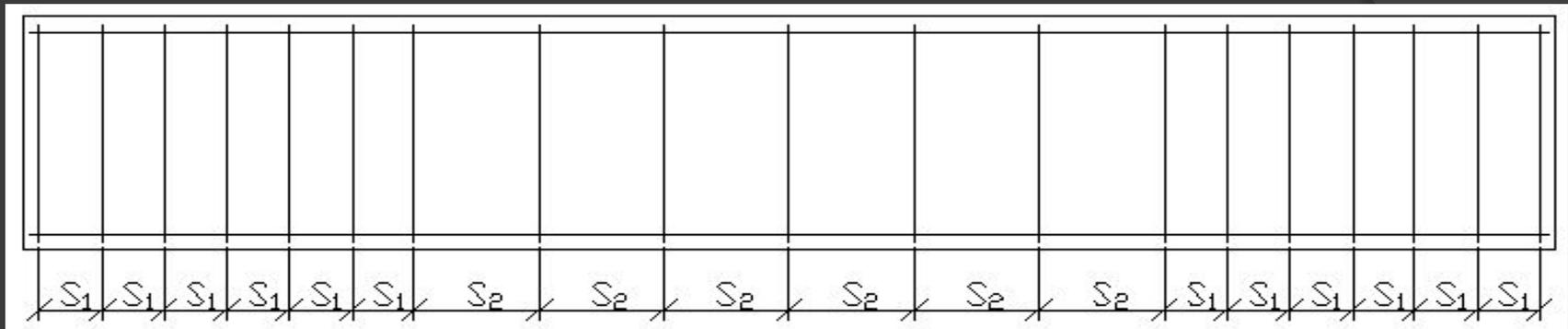
**в вязаных каркасах
внецентренно сжатых
элементов**

$$d_{sw} \geq 0,25 d_{s,max}$$

$$d_{sw} \geq 6 \text{ мм.}$$

**В вязаных каркасах
изгибаемых элементов $d_{sw} \geq 6$
мм.**

**В сварных каркасах не менее
диаметра, устанавливаемого из
условия сварки с наибольшим
диаметром продольной
арматуры ($d_{sw} \geq 0,25 d_{s,max}$)**



Если поперечная арматура **требуется по расчету**, то устанавливают с шагом S_1

- $S_1 \leq 0,5 h_0$ и $S_1 \leq 300$ мм.

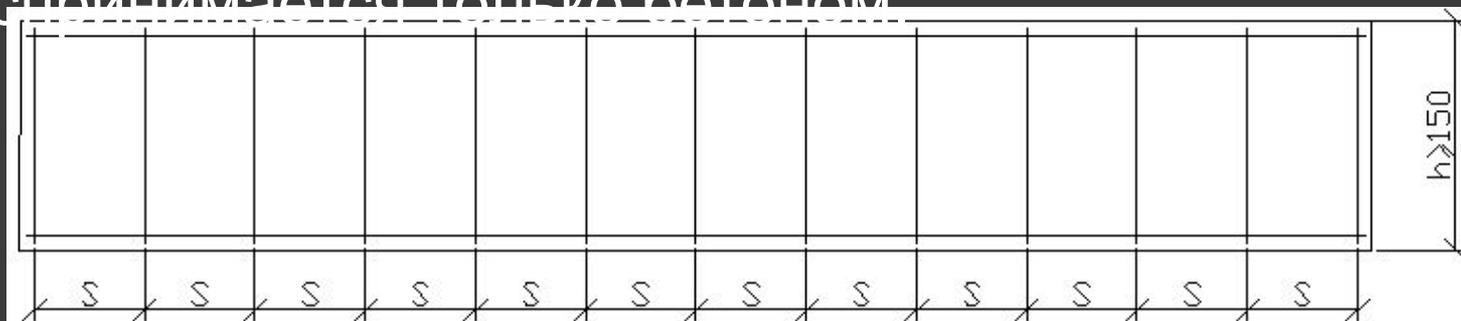
Если поперечная арматура **не требуется по расчету**, то устанавливают с шагом S_2

- $S_2 \leq 0,75 h_0$ и $S_2 \leq 500$ мм.

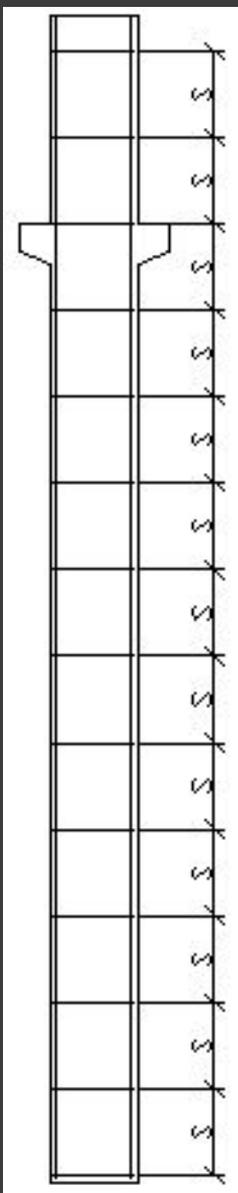
Как правило, поперечная арматура требуется по расчету в приопорной зоне изгибаемых элементов, когда поперечное усилие не может быть воспринято только бетоном.

Поперечную арматуру **допускается не устанавливать:**

- В сплошных плитах, а также в часторебристых плитах высотой **менее 300 мм**;
- В балках (ребрах) высотой **менее 150 мм** на участке элемента, где поперечная сила по расчету воспринимается только бетоном.



В балках и ребрах высотой 150 мм и более, а также в часторебристых плитах высотой 300 мм и более, на участках элемента, где поперечная сила по расчету воспринимается только бетоном, следует устанавливать поперечную арматуру **конструктивно.**



Во внецентренно сжатых линейных элементах, а также в изгибаемых элементах при наличии расчетной сжатой продольной арматуры с целью предотвращения ее выпучивания устанавливают поперечную арматуру с шагом $S \leq 15d$ и $S \leq 500$ мм (d — диаметр сжатой продольной арматуры).

Если площадь сечения сжатой продольной арматуры, устанавливаемой у одной из граней элемента, более 1,5 %, поперечную арматуру следует устанавливать с шагом $S \leq 10d$ и $S \leq 300$ мм.

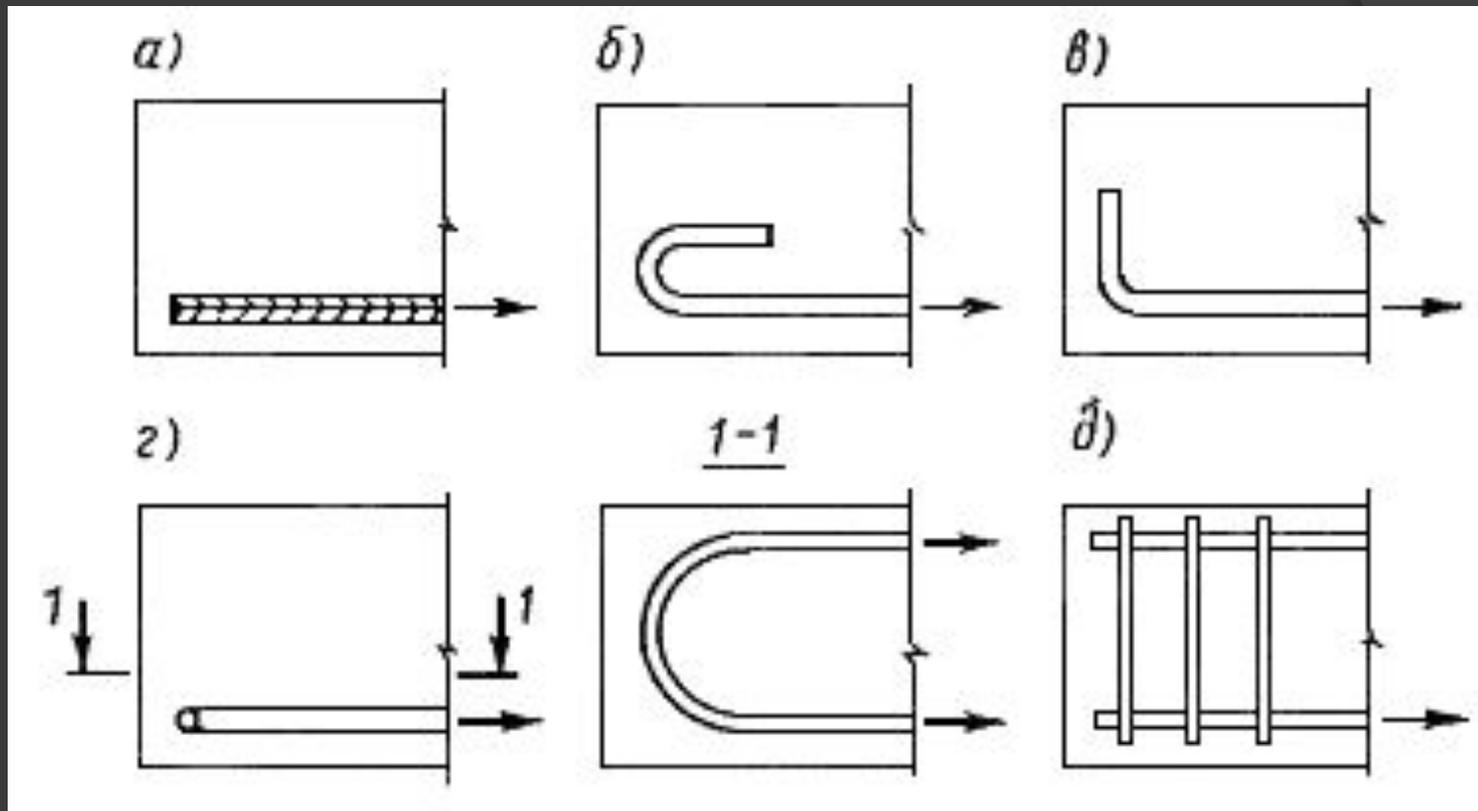
Конструктивные требования при поперечном армировании плит в зоне продавливания:

- ⦿ в направлении, перпендикулярном сторонам расчетного контура, устанавливают с шагом не более $\frac{1}{3} h_0$ и не более 300 мм.
- ⦿ стержни, ближайšie к контуру грузовой площади, располагают не ближе $h_0/3$ и не далее $h_0/2$ от этого контура.
- ⦿ при этом ширина зоны постановки поперечной арматуры (от контура грузовой площади) должна быть не менее $\frac{1}{5} h_0$.

Анкеровка арматуры

Анкеровку арматуры осуществляют одним из следующих способов или их сочетанием:

- ⦿ в виде прямого окончания стержня (прямая анкеровка);
- ⦿ с загибом на конце стержня в виде крюка, отгиба (лапки) или петли;
- ⦿ с приваркой или установкой поперечных стержней;
- ⦿ с применением специальных анкерных устройств на конце стержня.



Способы анкеровки:

а - сцеплением прямых стержней с бетоном;
б - крюками; в - лапками; г - петлями;
д - приваркой поперечных стержней

Прямую анкеровку и анкеровку с лапками допускается применять только для арматуры периодического профиля. Для растянутых гладких стержней следует предусматривать крюки, петли, приваренные поперечные стержни или специальные анкерные устройства.

Лапки, крюки и петли не рекомендуется применять для анкеровки сжатой арматуры, за исключением гладкой арматуры, которая может подвергаться растяжению при некоторых возможных сочетаниях нагрузки.

При расчете длины анкеровки арматуры следует учитывать способ анкеровки, класс арматуры и ее профиль, диаметр арматуры, прочность бетона и его напряженное состояние в зоне анкеровки, конструктивное решение элемента в зоне анкеровки (наличие поперечной арматуры, положение стержней в сечении элемента и др.).

Базовую (основную) длину анкеровки, необходимую для передачи усилия в арматуре с полным расчетным значением сопротивления R_s на бетон, определяют по формуле

$$l_{0,an} = \frac{R_s A_s}{R_{bond} u_s}$$

где A_s и u_s — соответственно площадь поперечного сечения анкеруемого стержня арматуры и периметр его сечения, определяемые по номинальному диаметру стержня;

R_{bond} — расчетное сопротивление сцепления арматуры с бетоном, принимаемое равномерно распределенным по длине анкеровки и определяемое по формуле

$$R_{bond} = \eta_1 \eta_2 R_{bt}$$

здесь R_{bt} — расчетное сопротивление бетона осевому растяжению;

η_1 — коэффициент, учитывающий влияние вида поверхности арматуры, принимаемый равным:

- ⊙ 1,5 — для гладкой арматуры;
- ⊙ 2 — для холоднодеформированной арматуры периодического профиля;
- ⊙ 2,5 — для горячекатаной и термомеханически обработанной арматуры периодического профиля;

η_2 — коэффициент, учитывающий влияние размера диаметра арматуры, принимаемый равным:

- ⊙ 1,0 — при диаметре арматуры $d_s \leq 32$ мм;
- ⊙ 0,9 — при диаметре арматуры 36 и 40 мм.

Требуемую расчетную длину анкеровки арматуры с учетом конструктивного решения элемента в зоне анкеровки определяют по формуле

$$l_{an} = \alpha l_{0,an} \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}}$$

где $l_{0,an}$ — базовая длина анкеровки, определяемая по формуле;
 $A_{s,cal}$, $A_{s,ef}$ — площади поперечного сечения арматуры, соответственно требуемая по расчету и фактически установленная;

α — коэффициент, учитывающий влияние на длину анкеровки напряженного состояния бетона и арматуры и конструктивного решения элемента в зоне анкеровки.

При анкеровке стержней периодического профиля с прямыми концами (прямая анкеровка) или гладкой арматуры с крюками или петлями без дополнительных анкерующих устройств для растянутых стержней принимают $\alpha = 1,0$, а для сжатых — $\alpha = 0,75$.

Допускается уменьшать длину анкеровки в зависимости от количества и диаметра поперечной арматуры, вида анкерующих устройств (приварка поперечной арматуры, загиб концов стержней периодического профиля) и величины поперечного обжатия бетона в зоне анкеровки (например, от опорной реакции), но не более чем на 30 %.

В любом случае фактическую длину анкеровки принимают не менее $0,3l_{0,an}$, а также не менее $15 d_s$ и 200 мм.

Усилие, воспринимаемое анкеруемым стержнем арматуры N_s , определяют по формуле

$$N_s = R_s A_s \frac{l_s}{l_{an}} \leq R_s A_s$$

где l_{an} — длина анкеровки принимаемая отношение ;

l_s — расстояние от конца анкеруемого стержня до рассматриваемого поперечного сечения элемента.

На крайних свободных опорах элементов длина запуска растянутых стержней за внутреннюю грань свободной опоры при выполнении условия $Q \leq Q_{b1}$ должна составлять не менее $5 d_s$.

При устройстве на концах стержней специальных анкеров в виде пластин, шайб, гаек, уголков, высаженных головок и т.п. площадь контакта анкера с бетоном должна удовлетворять условию прочности бетона на смятие. Кроме того, при проектировании привариваемых анкерных деталей следует учитывать характеристики металла по свариваемости, а также способы и условия сварки.

Соединения арматуры

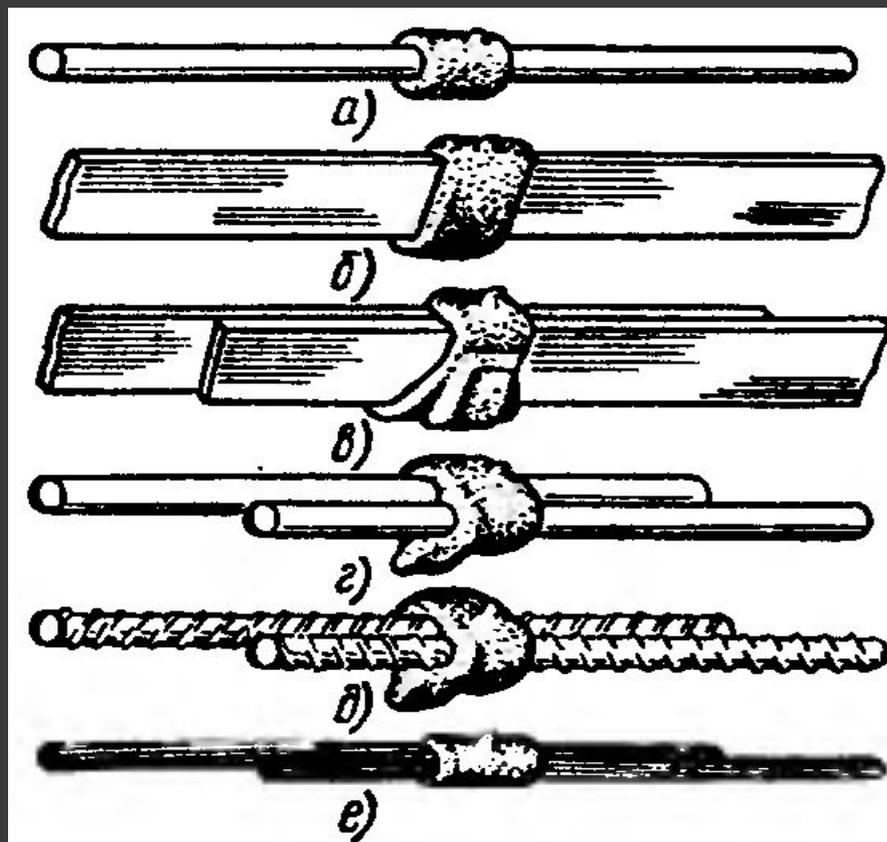
Для соединения арматуры принимают один из следующих типов стыков:

а) стыки внахлестку без сварки:

- ⦿ с прямыми концами стержней периодического профиля;
- ⦿ с прямыми концами стержней с приваркой или установкой на длине нахлестки поперечных стержней;
- ⦿ с загибами на концах (крюки, лапки, петли); при этом для гладких стержней применяют только крюки и петли;

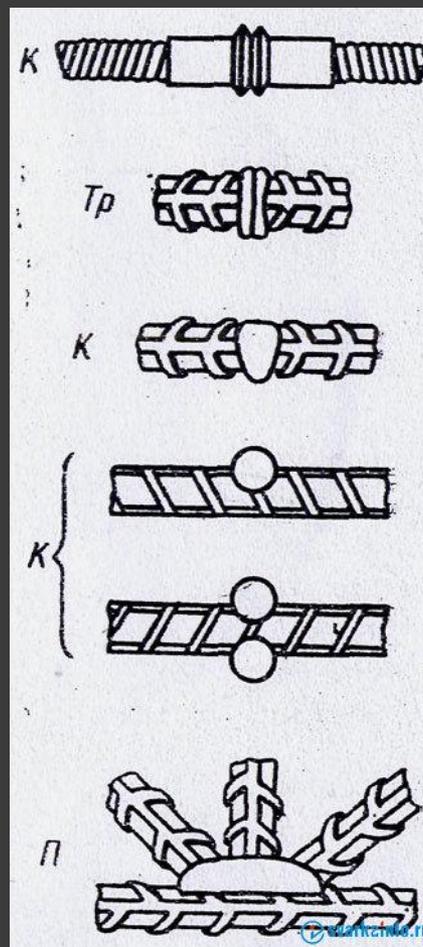
б) сварные и механические стыковые соединения:

- ⦿ со сваркой арматуры;
- ⦿ с применением специальных механических устройств (стыки с опрессованными муфтами, резьбовыми муфтами и др.).



Виды соединений арматуры без сварки:

а) соединение стержней встык; б) соединение полное встык; в) соединение полос внахлестку; г) соединение стержней внахлест; д) соединение арматурной стали; е) соединение тросов



Виды сварных соединений арматуры:

к — контактная; **Тр** — трением; **п** — плавлением.

Стыки арматуры внахлестку (без сварки) применяют при стыковании стержней с диаметром рабочей арматуры не более 40 мм.

Стыки растянутой или сжатой арматуры должны иметь длину перепуска (нахлестки) не менее значения длины l_l , определяемого по формуле

$$l_l = \alpha l_{0,an} \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}}$$

где $l_{0,an}$ — базовая длина анкеровки, определяемая по формуле (8.1);

$A_{s,cal}$, $A_{s,ef}$ — площади поперечного сечения арматуры, соответственно требуемая по расчету и фактически установленная;

α — коэффициент, учитывающий влияние напряженного состояния арматуры, конструктивного решения элемента в зоне соединения стержней, количество стыкуемой арматуры в одном сечении по отношению к общему количеству арматуры в этом сечении, расстояния между стыкуемыми стержнями.

При соединении арматуры периодического профиля с прямыми концами, а также гладких стержней с крюками или петлями без дополнительных анкерующих устройств коэффициент α для растянутой арматуры принимают равным 1,2, а для сжатой арматуры — 0,9. При этом должны быть соблюдены следующие условия:

- относительное количество стыкуемой в одном расчетном сечении элемента рабочей растянутой арматуры периодического профиля должно быть не более 50 %, гладкой арматуры (с крюками или петлями) — не более 25 %;
- усилие, воспринимаемое всей поперечной арматурой, поставленной в пределах стыка, должно быть не менее половины усилия, воспринимаемого стыкуемой в одном расчетном сечении элемента растянутой рабочей арматурой;
- расстояние между стыкуемыми рабочими стержнями арматуры не должно превышать $4 d_s$;
- расстояние между соседними стыками внахлестку (по ширине железобетонного элемента) должно быть не менее $2 d_s$ и не менее 30 мм.

В качестве одного расчетного сечения элемента, рассматриваемого для определения относительного количества стыкуемой арматуры в одном сечении, принимают участок элемента вдоль стыкуемой арматуры длиной $1,3 l_j$. Считается, что стыки арматуры расположены в одном расчетном сечении, если центры этих стыков находятся в пределах длины этого участка.

Допускается увеличивать относительное количество стыкуемой в одном расчетном сечении элемента рабочей растянутой арматуры до 100 %, принимая значение коэффициента α равным 2,0. При относительном количестве стыкуемой в одном расчетном сечении арматуры периодического профиля более 50 % и гладкой арматуры более 25 % значения коэффициента α определяют по линейной интерполяции.

При наличии дополнительных анкерующих устройств на концах стыкуемых стержней (приварка поперечной арматуры, загиб концов стыкуемых стержней периодического профиля и др.) длина перепуска стыкуемых стержней может быть уменьшена, но не более чем на 30 %.

В любом случае фактическая длина перепуска должна быть не менее $0,4\alpha l_{0,an}$, не менее $20 d_s$ и не менее 250 мм.

При соединении арматуры с использованием сварки выбор типов сварного соединения и способов сварки производят с учетом условий эксплуатации конструкции, свариваемости стали и требований по технологии изготовления в соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ 14098).

При использовании для стыков арматуры механических устройств в виде муфт (муфты на резьбе, опрессованные муфты и т.д.) несущая способность муфтового соединения должна быть такой же, что и стыкуемых стержней (соответственно при растяжении или сжатии). Концы стыкуемых стержней следует заводить на требуемую длину в муфту, определяемую расчетом или опытным путем.

При использовании муфт на резьбе должна быть обеспечена требуемая затяжка муфт для ликвидации люфта в резьбе.

Гнутые стержни

При применении гнутой арматуры (отгибы, загибы концов стержней) минимальный диаметр загиба отдельного стержня должен быть таким, чтобы избежать разрушения или раскалывания бетона внутри загиба арматурного стержня и его разрушения в месте загиба.

Минимальный диаметр оправки d_{on} для арматуры принимают в зависимости от диаметра стержня d_s не менее:

для гладких стержней:

- ⊙ $d_{on} = 2,5 d_s$ при $d_s < 20$ мм;
- ⊙ $d_{on} = 4 d_s$ при $d_s \geq 20$ мм;

для стержней периодического профиля:

- ⊙ $d_{on} = 5 d_s$ при $d_s < 20$ мм;
- ⊙ $d_{on} = 8 d_s$ при $d_s \geq 20$ мм.