

# Основы проектирования строительных конструкций

## Статический расчет сжатых стоек

## Вопросы:

1. Общие сведения о сжатых железобетонных элементах\
2. Конструктивные особенности сжатых элементов с гибкой продольной арматурой и хомутами
3. Расчет прочности сжатых железобетонных элементов прямоугольного профиля со случайным эксцентриситетом

# 1. Общие сведения о сжатых железобетонных элементах

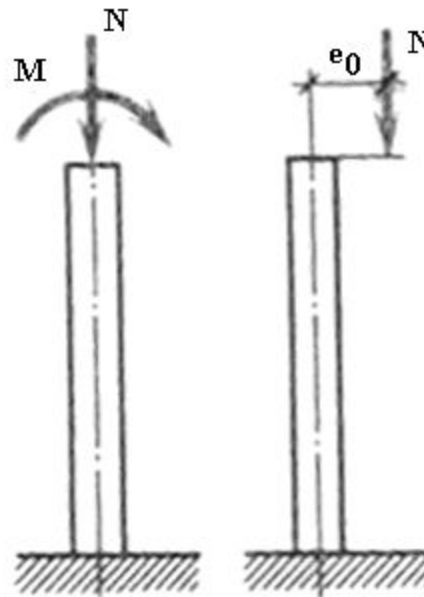
**сжатые элементы** – элементы, на которые действуют сжимающие силы

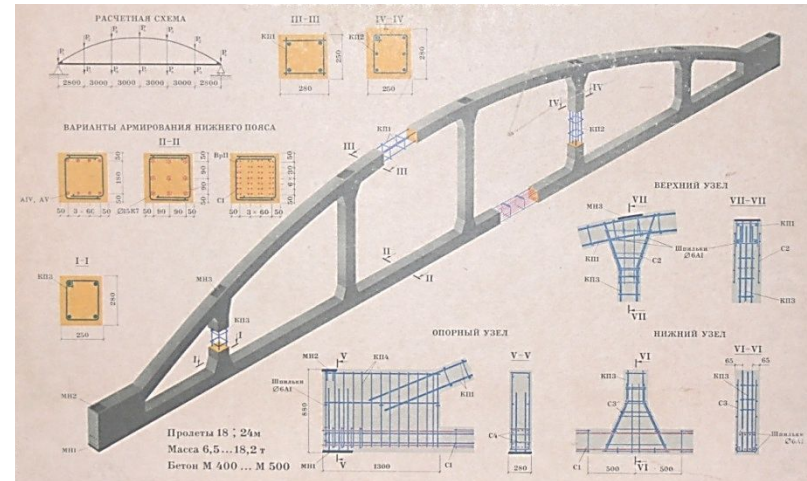
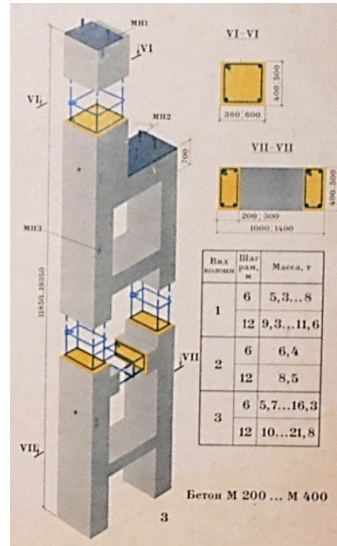
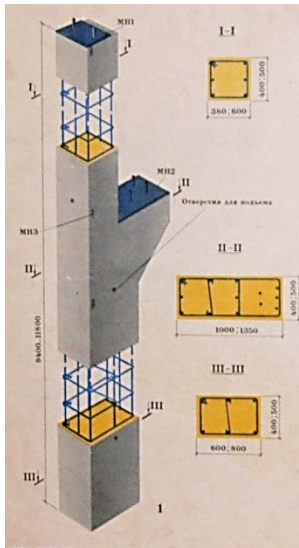
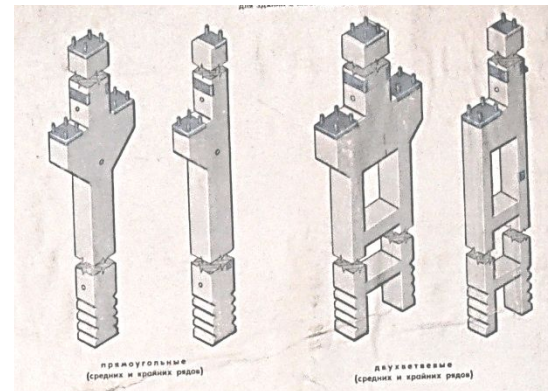
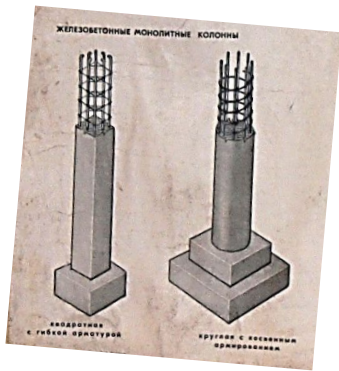
**Центрально сжатые элементы** – элементы, в которых сжимающие силы действуют по оси элемента.

Из-за несовершенства геометрических форм элементов конструкции, неоднородности бетона центральное сжатие в чистом виде не наблюдается, а происходит внецентренное сжатие с так называемыми **случайными эксцентриситетами**.

$$e_a \geq \begin{cases} \frac{1}{600} \cdot \Delta_0 \\ \frac{1}{30} \cdot h \\ 10 \text{ мм} \end{cases}$$

**Внецентренно сжатые элементы** – элементы, в которых расчетные продольные сжимающие силы  $N$  действуют с эксцентриситетом продольного усилия  $e_0$  по отношению к вертикальной оси элемента или на которые одновременно действуют осевая продольная сжимающая сила  $N$  и изгибающий момент  $M$ .



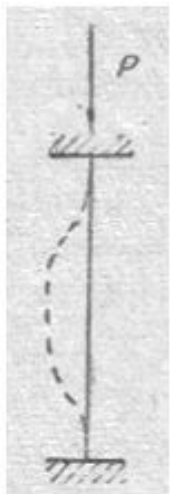


## Сжатые железобетонные конструкции и элементы:

- сборные колонны одноэтажных промышленных зданий с мостовыми кранами;
- монолитные колонны;
- сборные колонны многоэтажных промышленных зданий
- верхний пояс и стойки безраскосных ферм;
- верхний пояс, сжатые раскосы и стойки раскосных ферм;

Расчетная длина элемента  $\ell_0$

зависит от закрепления его концов и принимается.



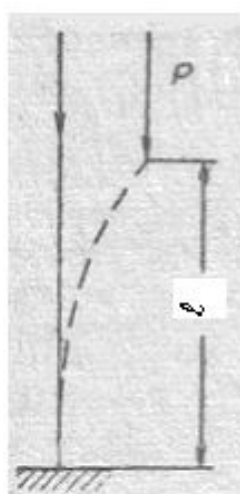
$$\ell_0 = 0,5 \cdot \ell$$



$$\ell_0 = 0,7 \cdot \ell$$



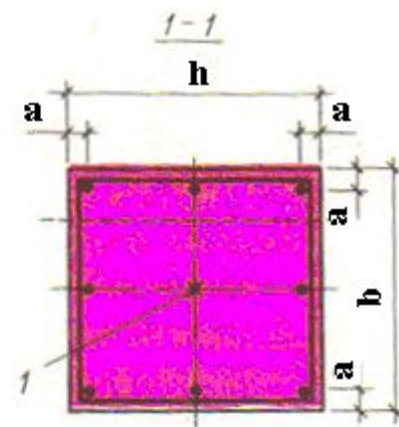
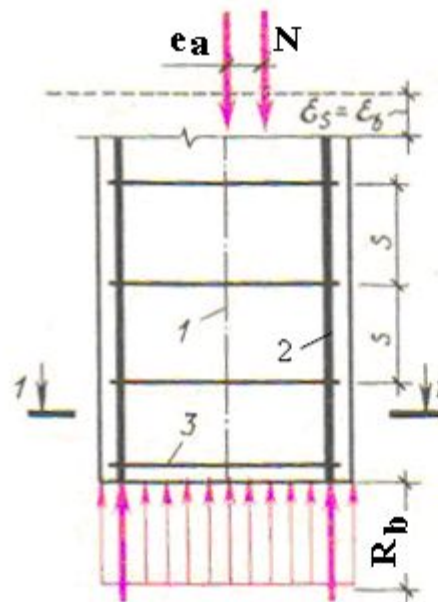
$$\ell_0 = \ell$$



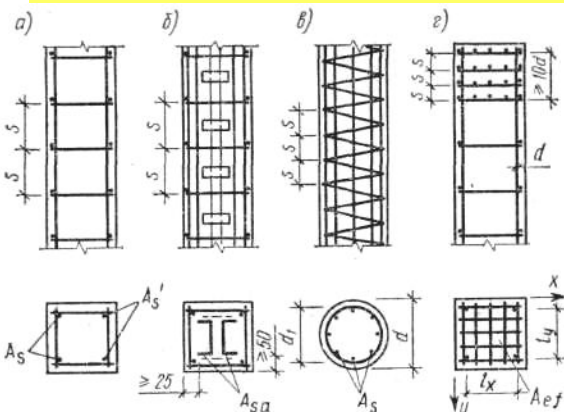
$$\ell_0 = 2 \cdot \ell$$

Расчетная схема внецентренно сжатого элемента при случайном эксцентриситете  $e_a$

- 1 – геометрическая ось элемента;
- 2 – продольная арматура;
- 3 – хомуты

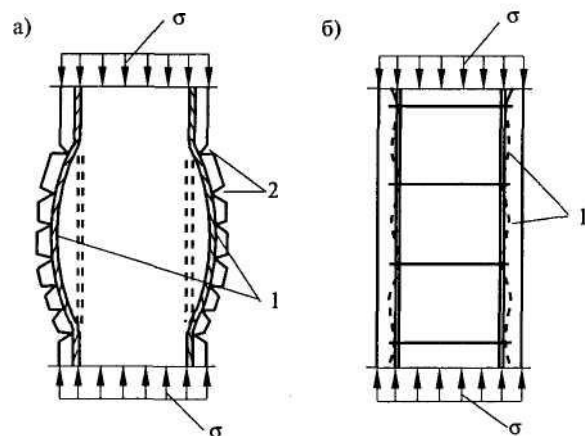


## 2. Конструктивные особенности сжатых элементов с гибкой продольной арматурой и хомутами



Поперечное сечение сжатых элементов, как правило, принимают: при малых эксцентриситетах — квадратное, круглое, кольцевое, при больших — прямоугольное, двутавровое. Элементы квадратного и прямоугольного сечений просты в изготовлении, но более материалоемки. Размеры поперечного сечения определяют расчетом и в целях унификации принимают кратными 50 мм, если размер сечения не превышает 500 мм, и кратным 100 мм — при больших размерах.

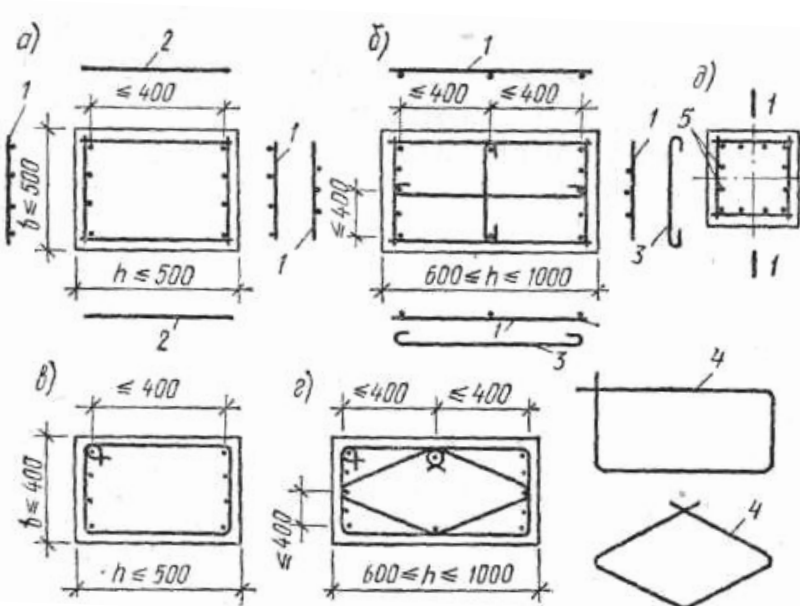
В зависимости от особенностей армирования сжатые элементы различают: 1. по виду продольного армирования: а) с гибкой продольной арматурой и хомутами (рис. а); б) с жесткой (несущей) продольной арматурой (рис., б); 2. по виду поперечного армирования: с обычным поперечным армированием (хомутами) (см. рис., а); с косвенной арматурой, учитываемой в расчете (рис. в, г).



Потеря устойчивости арматуры в сжатом железобетонном элементе:

а) при отсутствии поперечной арматуры;  
б) при наличии поперечной арматуры (хомутов);  
1 — выпучивание продольной арматуры;

2 — разрушение бетона



а, б, д — сварными каркасами; в, г — вязаными; / — сварные каркасы; 2 — соединительные стержни; 3 — шпильки; 4 — вязанные хомуты; 5 — промежуточные стержни; 1—1 — плоскость, в которой лежит эксцентриситет еа



Чтобы обеспечить качественное бетонирование, сборные и монолитные колонны сечением менее 250X250 мм применять не рекомендуется. Для колонн обычно применяют бетон классов В 15...30. Арматура сжатых элементов состоит из продольных и поперечных стержней (хомутов), расположенных, как правило, на равных расстояниях друг от друга. Продольная арматура ставится по расчету и воспринимает часть нагрузки, действующей на элемент. Хомуты, в основном, предназначены для обеспечения проектного положения арматуры и для предотвращения выпучивания продольных стержней при действии внешней нагрузки. Кроме того, хомуты препятствуют развитию поперечных деформаций элемента, тем самым несколько повышая сопротивляемость бетона сжатию.

Расположение продольной арматуры может быть симметричным ( $A_s = A_s'$ ) относительно центра тяжести сечения и несимметричным ( $A_s \neq A_s'$ ). Симметричное армирование применяют в элементах с малым эксцентриситетом и при действии моментов двух знаков, близких по величине. Оно проще в изготовлении, но при больших эксцентриситетах менее экономично. Насыщение поперечного сечения сжатых элементов продольной арматурой оценивают коэффициентом (процентом) армирования. При этом принимают в элементах со случайным эксцентриситетом  $\mu = (A_s + A_s') / (bh)$ , а в элементах с расчетным эксцентриситетом  $\mu = A_s / (bh_0)$ , и  $\mu' = A_s' / (bh_0)$ . Оптимальный процент армирования по экономическим соображениям принимают  $\mu = 1...2 \%$ , Минимальный устанавливают в зависимости от гибкости элемента; он обеспечивает восприятие не учитываемых расчетом воздействий (температурных, усадочных и др.) и предотвращает хрупкое разрушение при образовании трещин.

В элементах с расчетным эксцентриситетом  $\mu\%$ ,  $\mu_{\min} = 0,05...0,25 \%$ , а в элементах со случайным эксцентриситетом увеличивается вдвое. Сжатые элементы обычно проектируют с ненапрягаемой арматурой. Предварительно напряженную арматуру целесообразно применять при значительных эксцентриситетах и большой гибкости. В последнем случае предварительное напряжение создает лучшие условия работы элементов в период изготовления и монтажа, когда они работают на изгиб. Ненапрягаемая арматура колонн изготавливается в виде сварных каркасов, вязаные каркасы менее индустриальны и применяются относительно редко. Для продольной рабочей арматуры целесообразно использовать горячекатаные стали классов А-III, Ат-III и А-II диаметром не более 40 мм и не менее: в сборных элементах — 16 мм, в монолитных — 12 мм. Стержни диаметром более 40 мм трудно обрабатываются, а менее 12... 16 мм не обеспечивают достаточной жесткости каркасов при их монтаже. Применение арматуры классов Ат-IV, Ат-V, А-V диаметром до 32 мм допускается в вязаных каркасах при наличии косвенного армирования, повышающего деформативность элемента. Для удобства бетонирования и обеспечения надежного сцепления арматуры с бетоном расстояние в свету между продольными стержнями принимают: при вертикальном бетонировании не менее 50 мм; при бетонировании в горизонтальном положении не менее 25 мм для нижней арматуры и не менее 30 мм для верхней и в обоих случаях не менее диаметра стержня.



Максимально допустимое расстояние - 400 мм. Если расстояние превышает 400 мм, то следует установить дополнительные стержни диаметром не менее 12 мм. Колонны сечением 400X400 мм можно армировать четырьмя стержнями. Если плоские каркасы противоположных граней колонны имеют промежуточные продольные стержни, то последние по крайней мере через один и не реже чем через 400 мм связывают между собой с помощью шпилек. Шпильки не ставят при ширине грани колонны  $\leq 500$  мм, если число стержней у этой грани не превышает 4. Поперечную арматуру в сжатых элементах устанавливают конструктивно. Расстояние между хомутами назначают: при  $R_{sc} \leq 400$  МПа — не более 500 мм и  $20d$  в сварных каркасах или  $15d$  в вязаных; при  $R_{sc} > 450$  МПа — не более 400 мм и  $15d$  в сварных каркасах или  $12d$  в вязаных. В местах стыкования рабочих стержней внахлестку без сварки, а также если общее насыщение элемента продольной арматурой превышает 3 %, хомуты устанавливают не реже чем через 300 мм и  $10d$ . Диаметр поперечных стержней в сварных каркасах назначают по условиям свариваемости, а в вязаных — не менее 5 мм и  $0,25d$ . Для поперечной арматуры используют класс Вр-I, А-I, А-III.

- Выполнить конспект
- Фото конспекта можно прикрепить в дневник.ру или вконтакте <https://vk.com/id58002915> (с указанием группы, фамилии). Срок выполнения – до 12.00 среды, 20.01.2021 г.