



# Томский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра  
«Железобетонные и каменные конструкции»

Дисциплина  
«Железобетонные конструкции»  
Курс лекций

**Тема 5. Расчет растянутых железобетонных элементов прямоугольного профиля по прочности**

## Лекция 12

# Расчет прочности растянутых элементов

Составитель: В. В. Родевич

## Вопросы:

1. Конструктивные особенности.
2. Расчет центрально-растянутых элементов.
3. Напряженное состояние растянутых элементов при различной величине эксцентриситетов.
4. Расчет внецентренно растянутых элементов при малых эксцентриситетах.
5. Расчет внецентренно растянутых элементов при больших эксцентриситетах.

# 1. Конструктивные особенности

По характеру работы различают **центрально** и **внецентренно растянутые** железобетонные элементы.

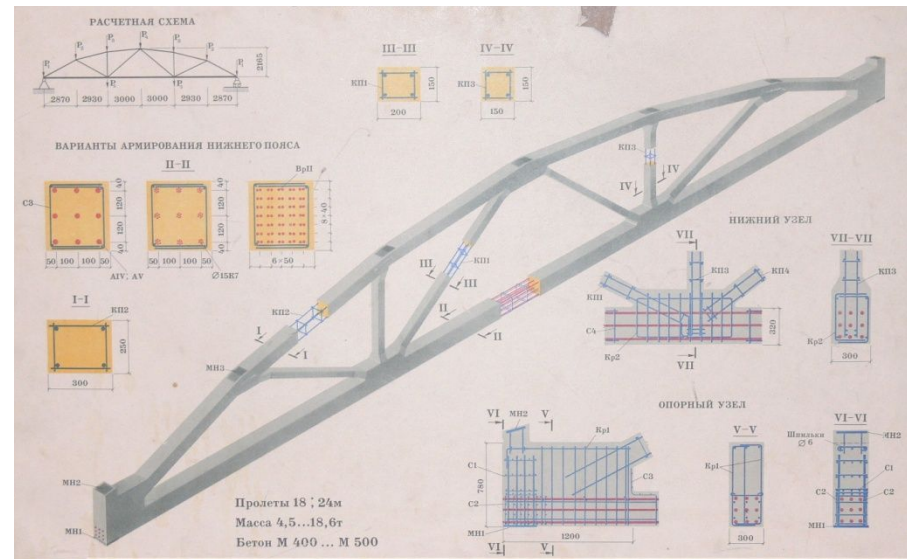
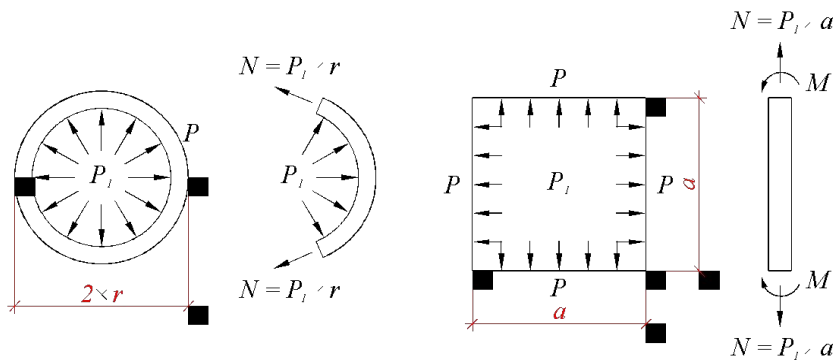
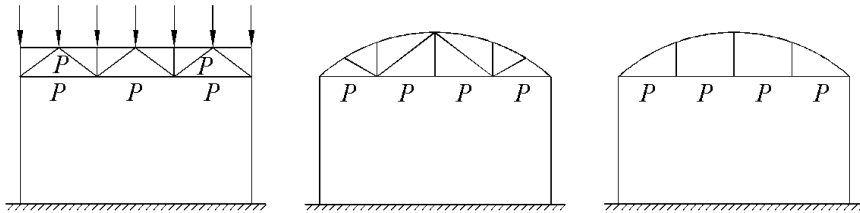
**Центрально растянутыми** называются элементы, подверженные действию продольного растягивающего усилия. В условиях **центрального (осевого) растяжения** находятся **затяжки арок, нижние пояса и нисходящие раскосы ферм, стенки цилиндрических резервуаров и напорных трубопроводов**, испытывающих внутреннее давление жидкости при отсутствии давления грунта.

**Внецентренно растянутыми** называют элементы, у которых линия действия внешней продольной растягивающей силы  $N$  не совпадает с линией действия равнодействующей внутренних усилий центрально-растягиваемого сечения, т. е. когда продольная сила  $N$  действует с эксцентриситетом  $e_0$  по отношению к вертикальной оси элемента или когда одновременно действуют продольная осевая сила  $N$  и изгибающий момент  $M$

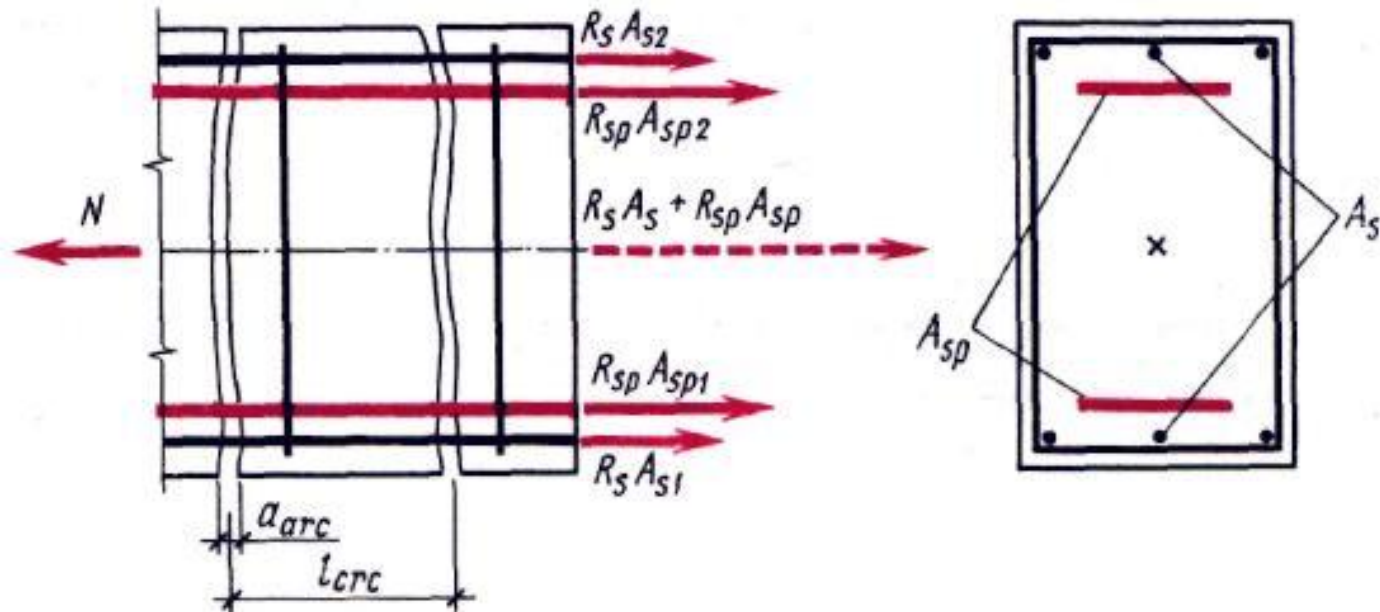
В условиях **внецентренного растяжения** находятся **стенки прямоугольных бункеров, напорные подземные трубопроводы, нижние пояса безраскосных ферм** и т.п.

Центрально растянутые элементы армируют отдельными стержнями или сварными каркасами с равномерным размещением рабочей арматуры по сечению. Центрально растянутые элементы применяют, как правило, предварительно напряженными, что является радикальным средством повышения их сопротивления образованию трещин. Напрягаемую арматуру в линейных элементах размещают в сечении симметрично, чтобы при передаче усилия на бетон по возможности избежать внецентренного обжатия элемента. Для **ненапряженной арматуры допускается стыкование внахлестку**, при этом **в одном сечении должно располагаться не более 25% стержней класса А-I и 50% арматуры периодического профиля**. Минимальный процент армирования продольной арматурой должен быть **больше 0,5%**.

Растянутые железобетонные конструкции и элементы: сборные стропильные фермы покрытия одноэтажных промышленных зданий; - стенки резервуаров – нижние пояса и раскосы ферм с параллельными поясами; - затяжки арок



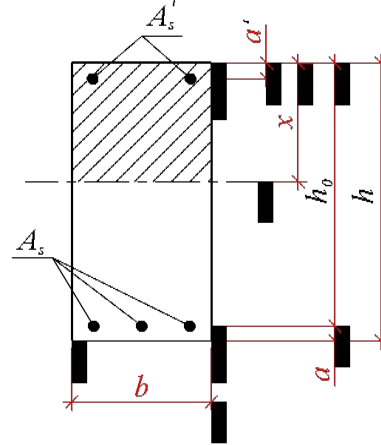
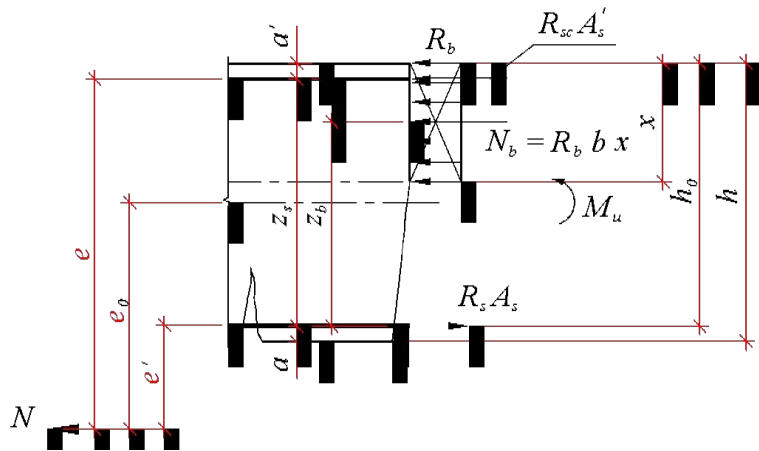
## 2. Расчет прочности центрально-растянутых железобетонных элементов прямоугольного профиля



$$N \leq N_{cu} = R_s A_{s,tot} = \gamma_{s6} R_{sp} \Sigma A_{sp} + R_s \Sigma A_s$$

$R_s A_{s,tot}$  - выражение в обобщенных усилиях;  $A_{s,tot}$  - площадь сечения всей продольной арматуры;  $\gamma_{s6} = \eta$  - коэффициент, учитывающий увеличения расчетного сопротивления предварительно напряженной арматуры ( $\eta = 1,2$  - для арматуры класса А-IV;  $\eta = 1,15$  - для А-V, В-II; Вр-II, К-7, К-19;  $\eta = 1,1$  - для арматуры классов А-VI и Ат-VII)

### 3. Расчет прочности внецентренно растянутых железобетонных элементов прямоугольного профиля при больших эксцентриситетах



Случай 1 – Случай больших эксцентриситетов. Он имеет место, когда продольная растягивающая сила приложена вне ядра сечения, т.е. за пределами расстояния между равнодействующими усилий в арматуре ( $e_0 > 0,5h - a$  или  $e' > h_0 - a'$ ).

При этом  $x \leq \xi_R h_0$ .

Величину  $\xi_R$  определяют также, как для изгибаемых элементов. Характер разрушения таких элементов близок к характеру разрушения изгибаемых элементов (справедливы все предпосылки, которые относятся к изгибаемым элементам с двойным армированием). В стадии Ia напряженно-деформированного состояния (см. стадии НДС при изгибе) в растянутой зоне образуются нормальные трещины, а в стадии IIIa — наступает плавное разрушение элементов, при этом напряжения в растянутой и сжатой арматуре и в бетоне сжатой зоны сечения достигают своих предельных значений:  $R_s$ ,  $R_{sc}$ ,  $R_b$  т.е. разрушение наступает при одновременном исчерпании несущей способности бетона и арматуры сжатой зоны сечения и растянутой арматуры. При этом элементы следует проектировать так, чтобы соблюдалось условие  $x \geq a'$ , иначе арматура  $A_s'$  будет находиться за пределами бетона сжатой зоны и прочность ее не будет использоваться. Поэтому при  $x < a'$  в расчетных уравнениях принимают  $A_s' = 0$ .

$$N \cdot e \leq M_b + M_{sc} = R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A_s' (h_0 - a')$$

$$A_s' = \frac{N e - \alpha_R R_b b h_0^2}{R_{sc} (h_0 - a')}$$

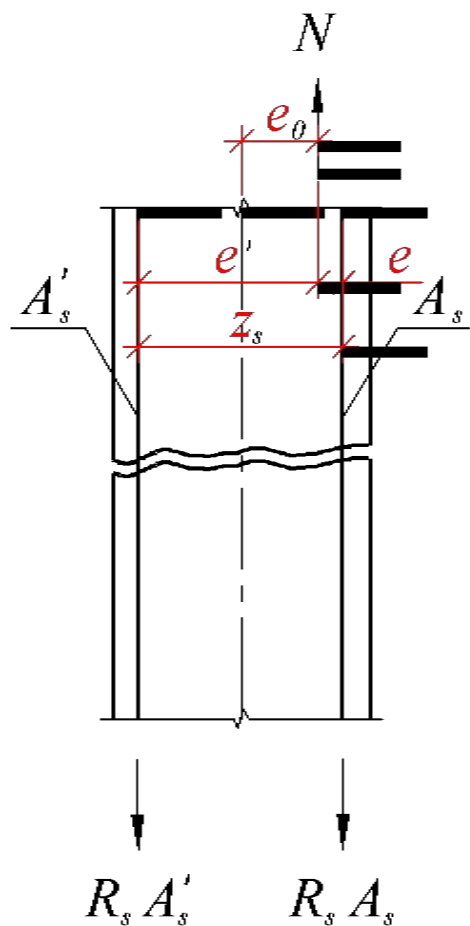
$$N = N_s - N_b - N_s' = R_s A_s - R_b b x - R_{sc} A_s'$$

$$x = \frac{N + R_{sc} A_s' - R_s A_s}{R_b b}$$

$$A_s = \frac{R_b b \xi_R h_0 + R_{sc} A_s' + N}{R_s}$$

Если  $\xi > \xi_R$ , то принимаем  $x = x_R = \xi_R h_0$ .

#### 4. Расчет прочности внецентренно растянутых железобетонных элементов прямоугольного профиля при малых эксцентриситетах



**Случай 2** – Случай малых эксцентриситетов. Он имеет место, когда внешняя продольная растягивающая сила приложена в пределах ядра сечения и, следовательно, все сечение растянуто. Предельное состояние в этом случае сходно с предельным состоянием центрально растянутых элементов. В предельном состоянии бетон выключен из работы, т.к. элемент на всю высоту пронизан поперечными трещинами. Разрушение наступает в тот момент, когда напряжения во всей продольной арматуре достигают предельного значения. В этом случае границей ядра сечения будет положение центров тяжести  $A_s$  и  $A'_s$ . Таким образом, данный случай характеризуется условием, когда продольная растягивающая сила приложена между равнодействующими усилий в арматуре, т.е. ( $e_0 \leq 0,5h - a$  или  $e' \leq h_0 - a'$ ).

$$N \cdot e \leq R_s A'_s (h_0 - a')$$

$$h_0 = h - a;$$

$$N \cdot e' \leq R_s A_s (h_0 - a')$$

$$z_s = h_0 - a';$$

$$A'_s = \frac{N \cdot e}{R_s (h_0 - a')}$$

$$A_s = \frac{N \cdot e'}{R_s (h_0 - a')}$$