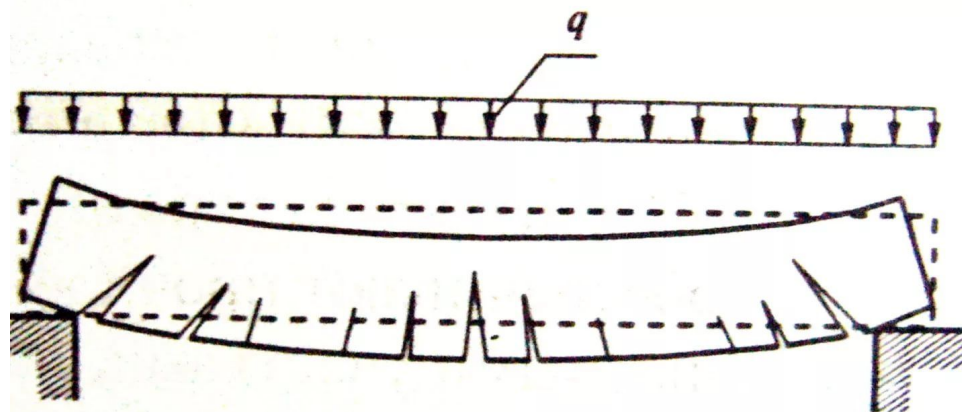




НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ, ДИЗАЙНА И ИСКУССТВ

# ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

*Тема 7. Изгибаемые элементы. Расчет прочности  
нормальных сечений*



**Изгибаемые элементы** - элементы, подверженные действию одного изгибающего момента или изгибающего момента с поперечной силой.

**Основные виды изгибаемых элементов:**

**Балки** - линейная конструкция, размеры поперечного сечения которой существенно меньше длины .

**Плиты** - плоская конструкция, толщина которой значительно меньше длины и ширины.



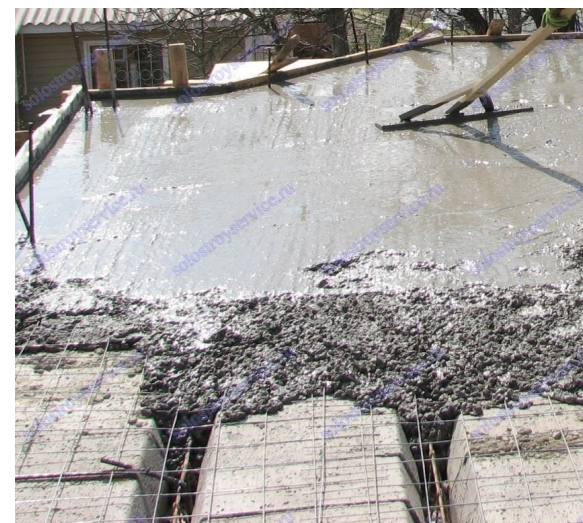
Балки и плиты классифицируются:

- по способу изготовления (возведения);

сборные

МОНОЛИТНЫЙ

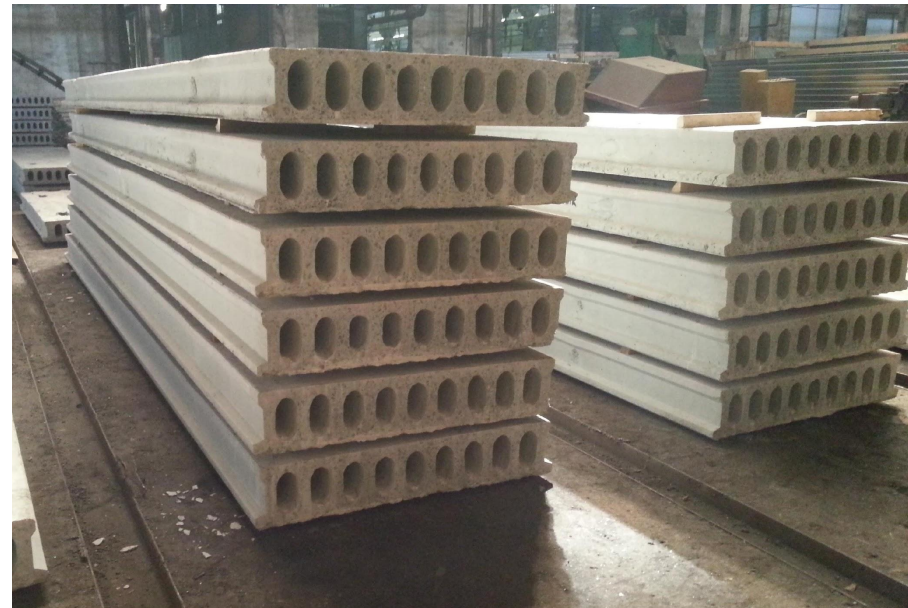
сборно-монолитные



- по форме поперечного сечения;



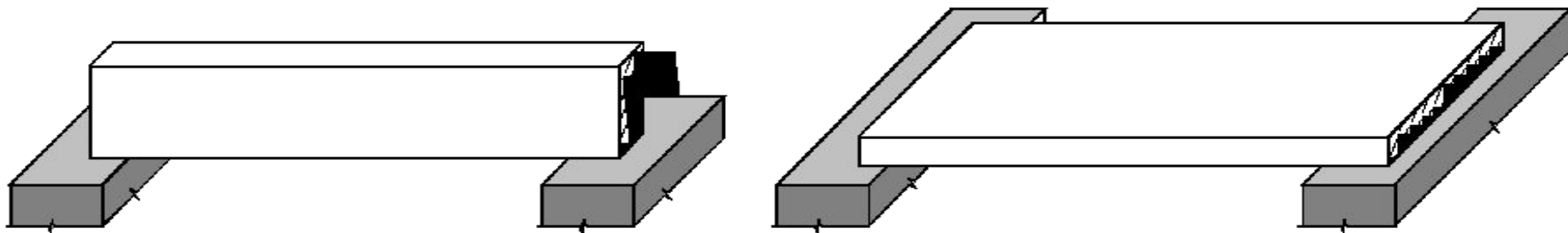




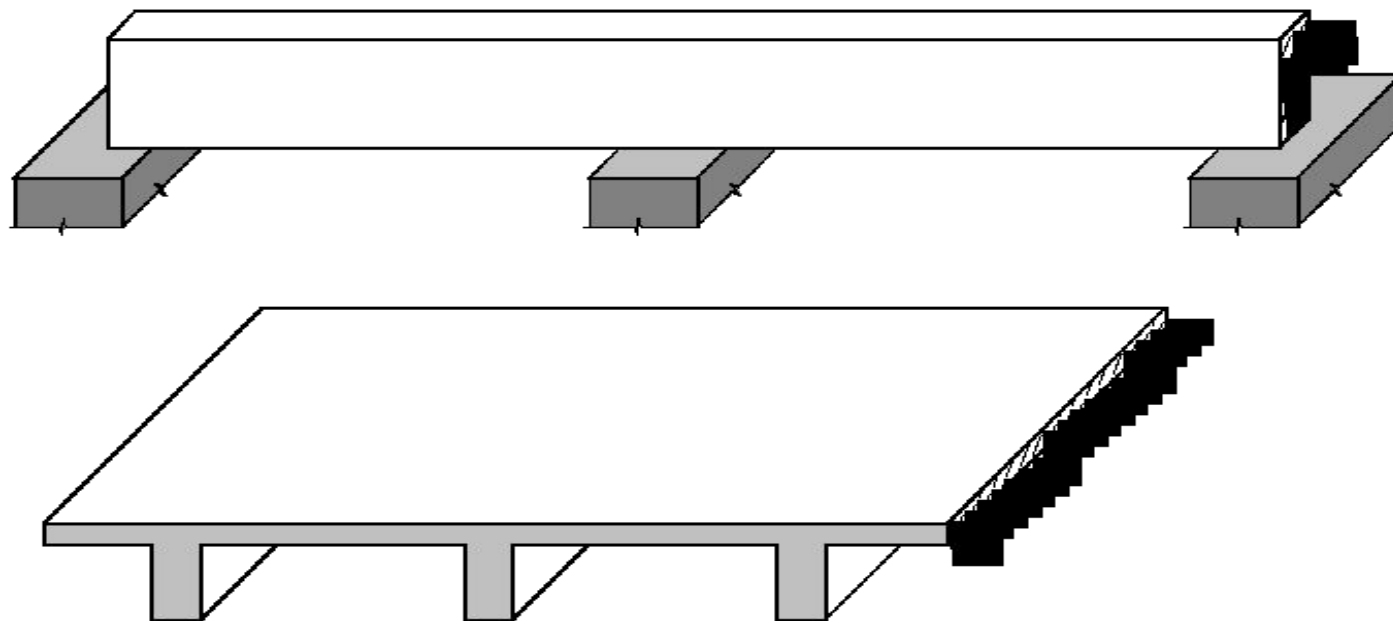


- по числу пролетов;

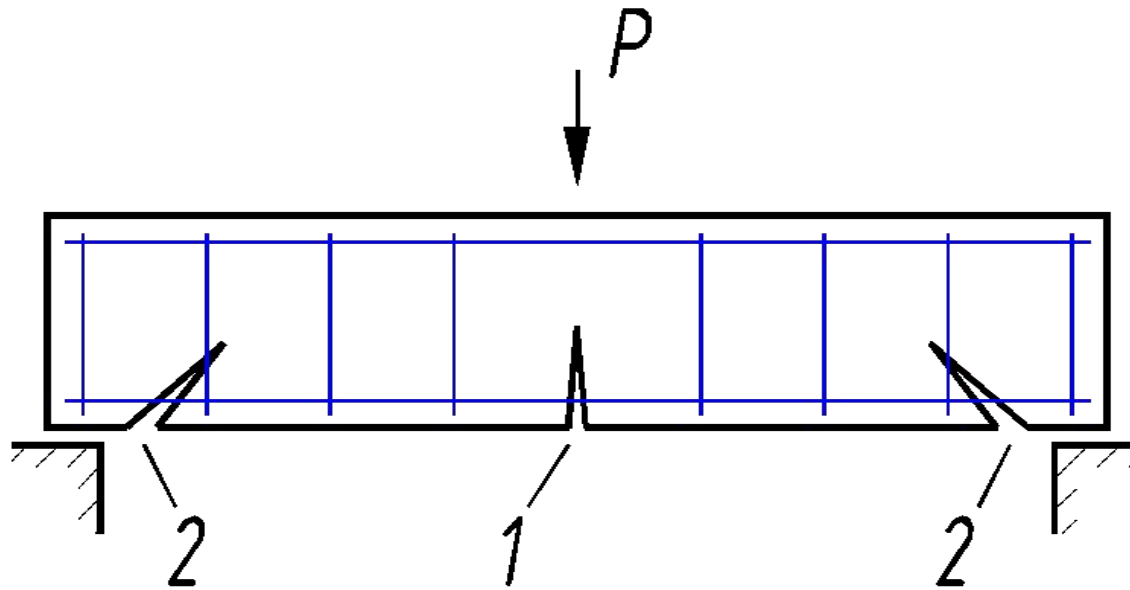
однопролетные



многопролетные



## Разрушение изгибаемых элементов



1 – по нормальному сечению;

2 – по наклонному сечению.

Цель расчета прочности нормальных сечений – подбор необходимой площади **продольной** арматуры.



## Исходные данные для расчета

1. Размеры поперечного сечения элемента.

для балок: высота сечения  $h = \left( \frac{1}{10} \div \frac{1}{20} \right) \cdot \boxtimes$

Высота сечения кратна 50 мм при  $h$  до 600 мм и кратна 100 мм при  $h$  более 600 мм.

ширина сечения:  $b = (0,3 \div 0,5) \cdot h$

Ширина сечения: 100, 120, 150, 180, 200, 220, 250 и далее через 50 мм.

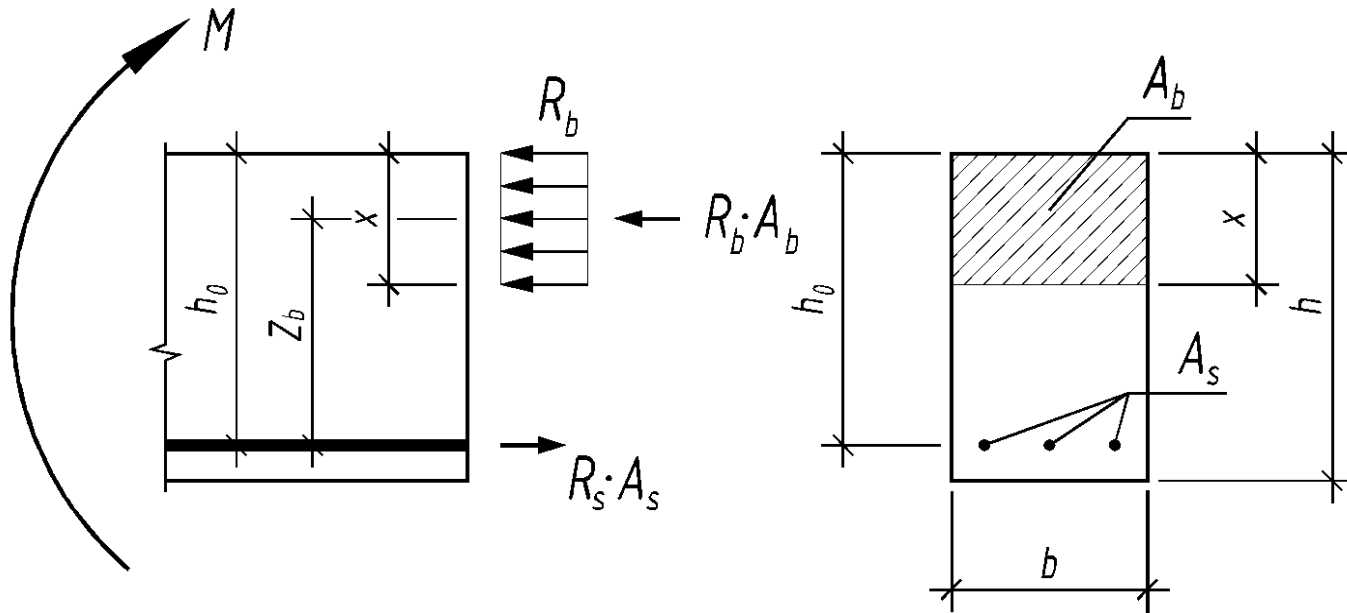
для плит: высота сечения  $h = (2,7 \div 3,2) \cdot \sqrt{\frac{M}{R_b \cdot b}}$

$h = \left( \frac{1}{15} \div \frac{1}{25} \right) \cdot \boxtimes$  - для плит с ненапрягаемой арматурой;

$h = \left( \frac{1}{20} \div \frac{1}{30} \right) \cdot \boxtimes$  - для плит с напрягаемой арматурой.

2. Класс бетона, класс арматуры.

# Расчет прочности нормальных сечений элементов прямоугольного сечения с одиночной арматурой без предварительного напряжения арматуры



## Порядок расчета:

1. Вычисляется коэффициент  $\alpha_m$ :

$$\alpha_m = \frac{M}{b \cdot h_0^2 \cdot R_b}$$

2. Определяется относительная высота сжатой зоны:  $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_m}$

3. Вычисляется граничная высота сжатой зоны:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,bi}}{\varepsilon_{b2}}}$$

4. Выяснения характера разрушения:  $\xi \leq \xi_R$

Если условие выполняется, то характер разрушения – **пластический**. В противном случае – **хрупкий**.

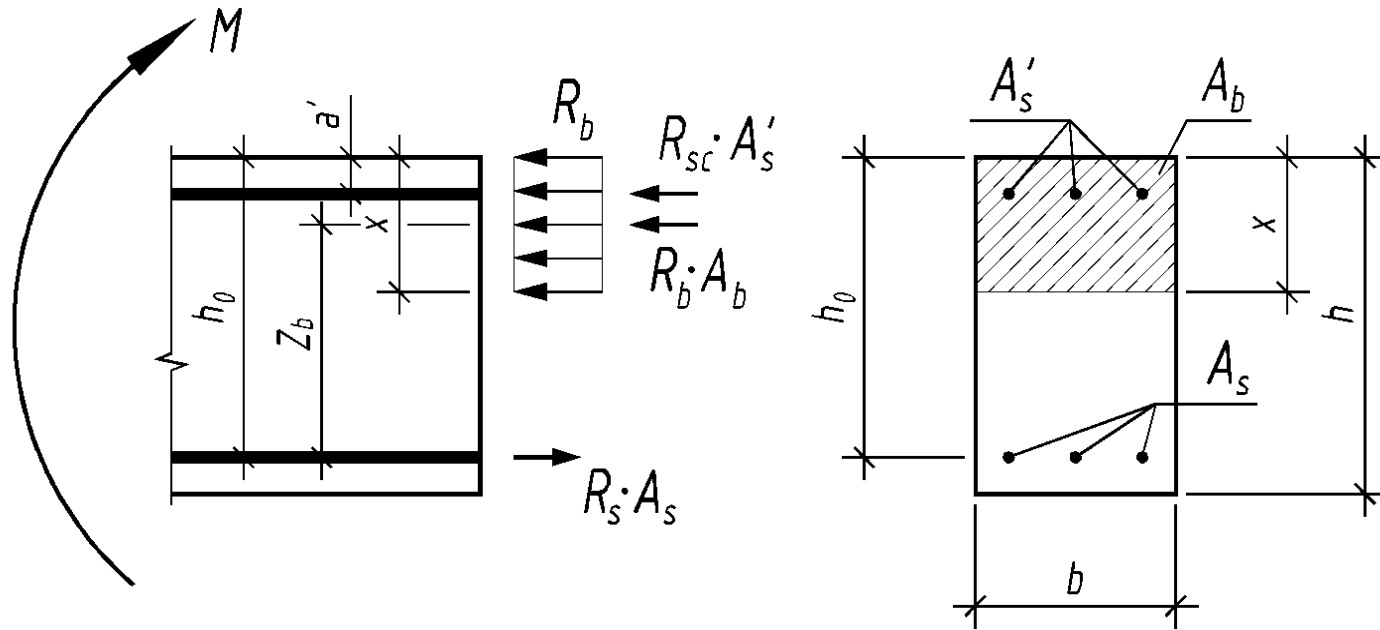
В случае **хрупкого** разрушения необходимо:

- увеличить класс бетона;
- увеличить размеры сечения;
- установить продольную арматуру в сжатую часть сечения.

5. В случае **пластического** характера разрушения определяется требуемая площадь продольной арматуры:

$$A_s = \frac{M}{(1 - 0,5 \cdot \xi) \cdot h_0 \cdot R_s}$$

# Расчет прочности нормальных сечений элементов прямоугольного сечения с двойной арматурой без предварительного напряжения арматуры

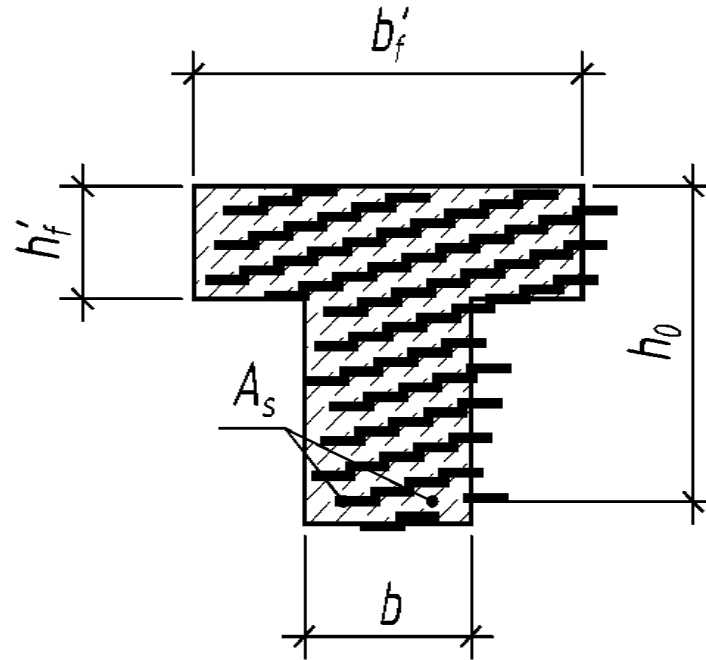


Площади сжатой и растянутой арматуры:

$$A'_s = \frac{M - \xi_R \cdot (1 - 0,5 \cdot \xi_R) \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2}{R_{sc} \cdot (h_0 - a')}$$

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

**Расчет прочности нормальных сечений элементов таврового сечения с одиночной арматурой без предварительного напряжения арматуры**



Определение положения нейтральной линии из выражения:

$$M \leq R_b \cdot b'_f \cdot h'_f \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h'_f)$$

Значение ширины верхней полки -  $b'_f$ , вводимое в неравенстве и в дальнейшем расчете, принимают из условия, что ширина свеса полки в каждую сторону от ребра должна быть не более  $1/6$  пролета элемента и не более:

а) при наличии поперечных ребер или при  $h'_f \geq 0,1h - 1/2$  расстояния в свету между продольными ребрами;

б) при отсутствии поперечных ребер (или при расстоянии между ними больших, чем расстояния между продольными ребрами) и  $h'_f < 0,1h - 6h'_f$

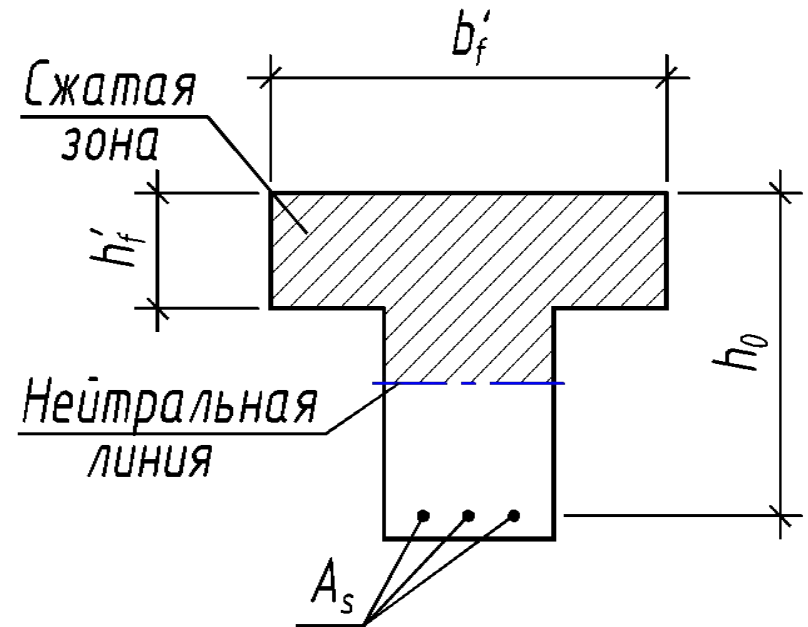
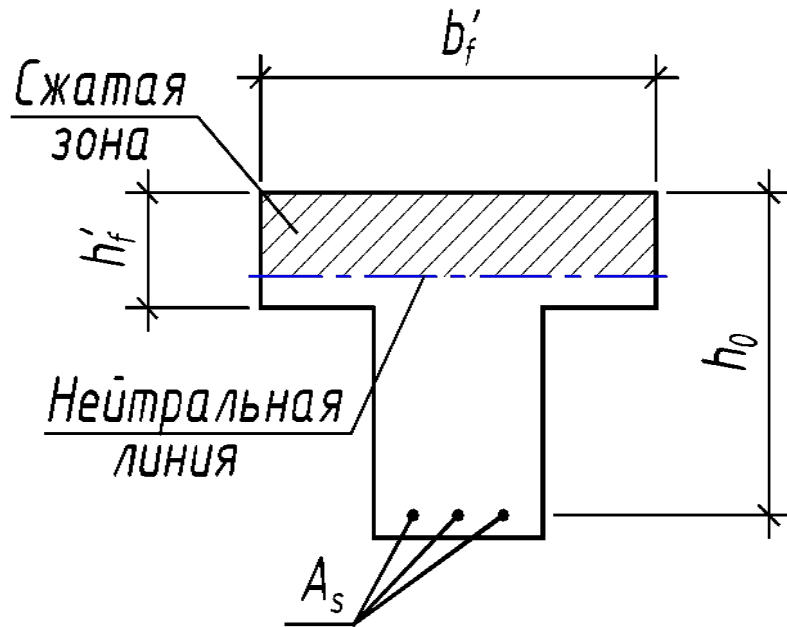
в) при консольных свесах полки:

при  $h'_f \geq 0,1h - 6h'_f$ ;

при  $0,05h \leq h'_f < 0,1h - 3h'_f$ ;

при  $h'_f < 0,05h$  - свесы не учитываются.

## Варианты положения нейтральной линии



Если неравенство выполняется, то нейтральная линия проходит в пределах полки и расчет элемента производится как элемента прямоугольного сечения. При этом, в формулах значение  $b$  принимают равным  $b'_f$ .

Если неравенство не выполняется, то нейтральная линия проходит в ребре и расчет выполняется в следующей последовательности:

1. Вычисляется коэффициент  $\alpha_m$ : 
$$\alpha_m = \frac{M - R_b \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h'_f)}{R_b \cdot b \cdot h_0^2}$$

2. Определяется относительная высота сжатой зоны:  $\xi$

3. Вычисляется граничная высота сжатой зоны:  $\xi_R$

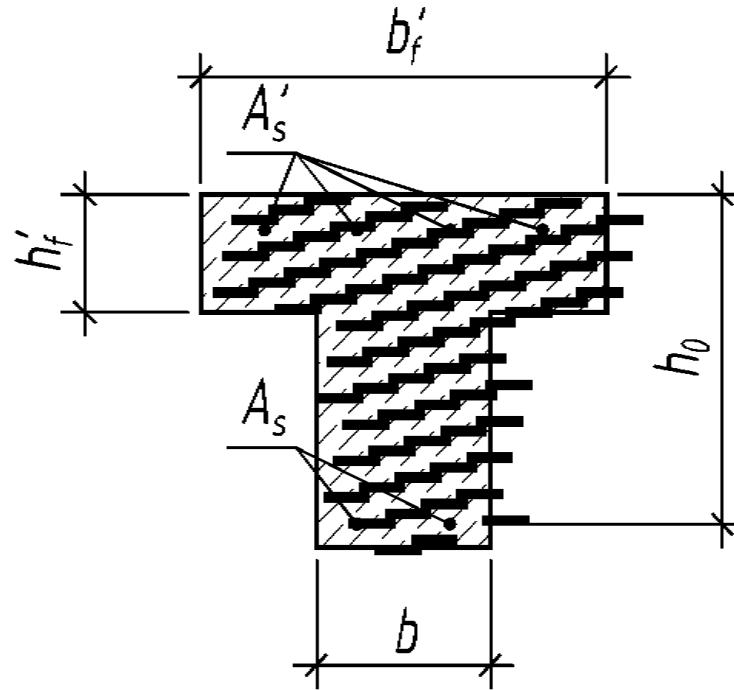
4. Выяснения характера разрушения:  $\xi \leq \xi_R$

5. В случае **пластического** характера разрушения определяется требуемая площадь продольной арматуры:

$$A_s = \frac{R_b \cdot b \cdot \xi \cdot h_0 + R_b \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f}{R_s}$$



# Расчет прочности нормальных сечений элементов таврового сечения с двойной арматурой без предварительного напряжения арматуры



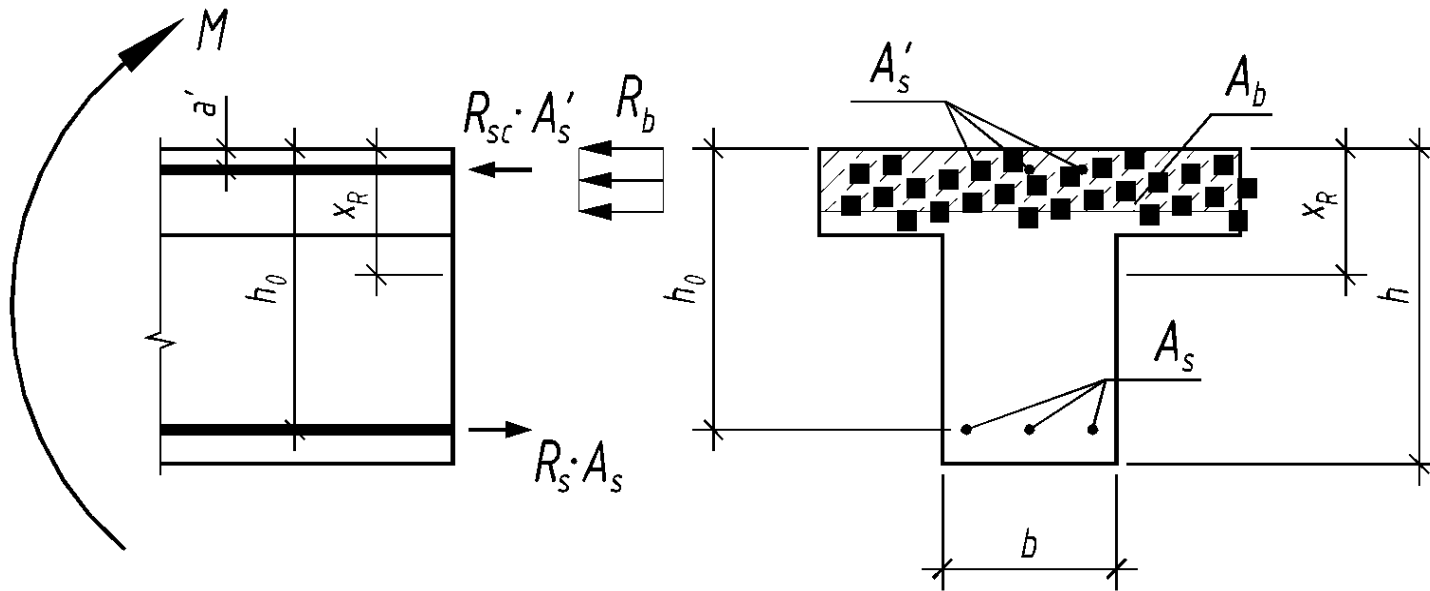
1. Определяют площадь сечения сжатой арматуры:

$$A'_s = \frac{M - \alpha_R \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2 - R_b \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h'_f)}{R_{sc} \cdot (h_0 - a')}$$

2. Определяют положение нейтральной линии:

$$M \leq R_b \cdot b'_f \cdot h'_f \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h'_f) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$$

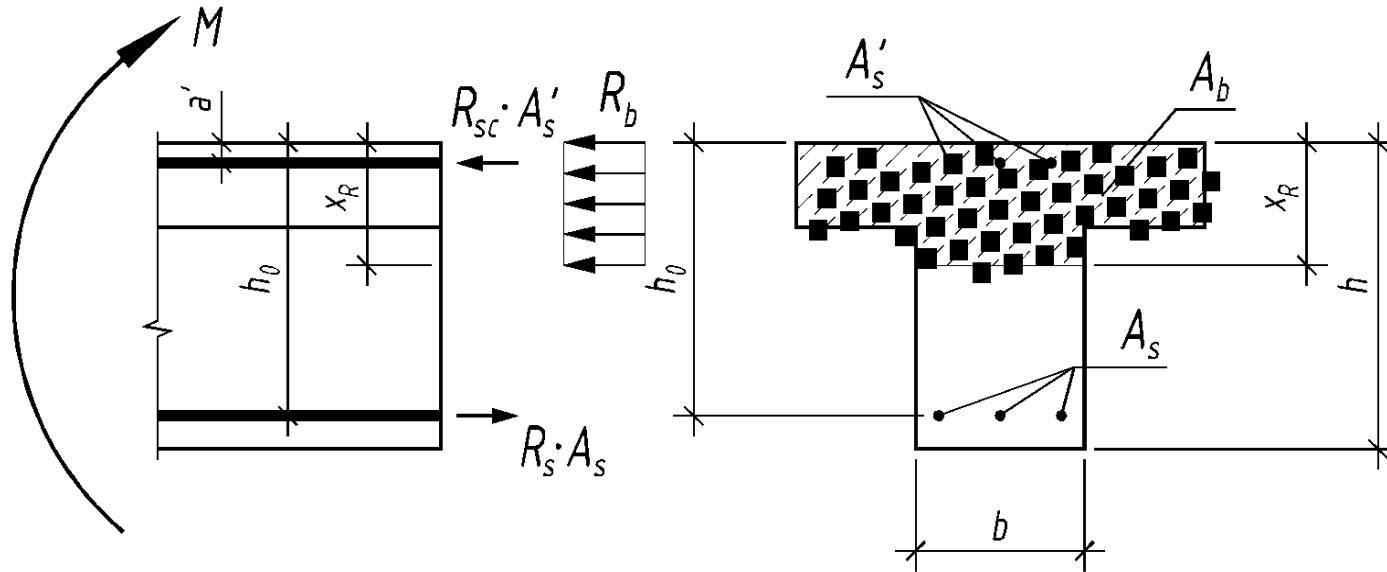
При выполнении неравенства нейтральная линия проходит в полке.



3. Требуемая площадь продольной арматуры:

$$A_s = \frac{R_b \cdot b'_f \cdot \xi_R \cdot h_0 + R_{sc} \cdot A'_s}{R_s}$$

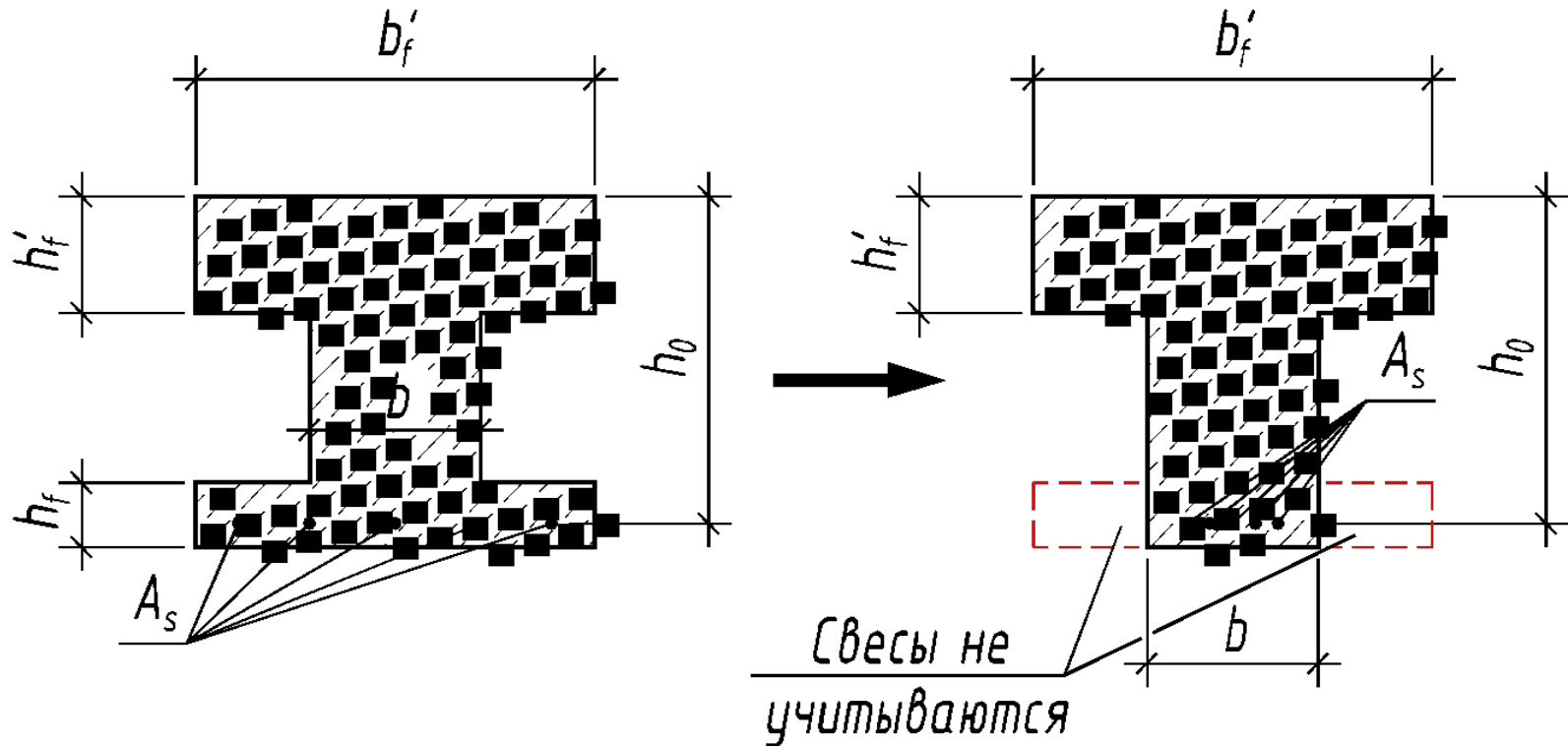
При не выполнении неравенства нейтральная линия проходит в ребре.



3. Требуемая площадь продольной арматуры:

$$A_s = \frac{R_b \cdot \xi_R \cdot h_0 \cdot b + R_b \cdot b'_f \cdot (b'_f - b) + R_{sc} \cdot A'_s}{R_s}$$

## Расчет прочности нормальных сечений элементов двутаврового сечения без предварительного напряжения арматуры



Элементы двутаврового сечения с одиночной или двойной арматурой, рассчитывают как элементы таврового сечения с одиночной или двойной арматурой.

## **Расчет прочности нормальных сечений элементов с предварительным напряжением арматуры**

Порядок расчета железобетонных элементов (прямоугольного, таврового, двутаврового сечения) с предварительным напряжением арматуры (одиночной или двойной), аналогичен порядку расчета элементов соответствующего сечения и армирования без предварительного напряжения.

### **Требования к продольному армированию**

1. Минимальный процент армирования – 0,1%.
2. Наибольшее расстояние между стержнями:
  - 200 мм – при высоте поперечного сечения не более 150 мм;
  - $1,5 \cdot h$  и 400 мм – при высоте поперечного сечения более 150 мм.
3. В балках и ребрах шириной более 150 мм число стержней не менее двух. При ширине элемента 150 мм и менее допускается устанавливать один стержень.