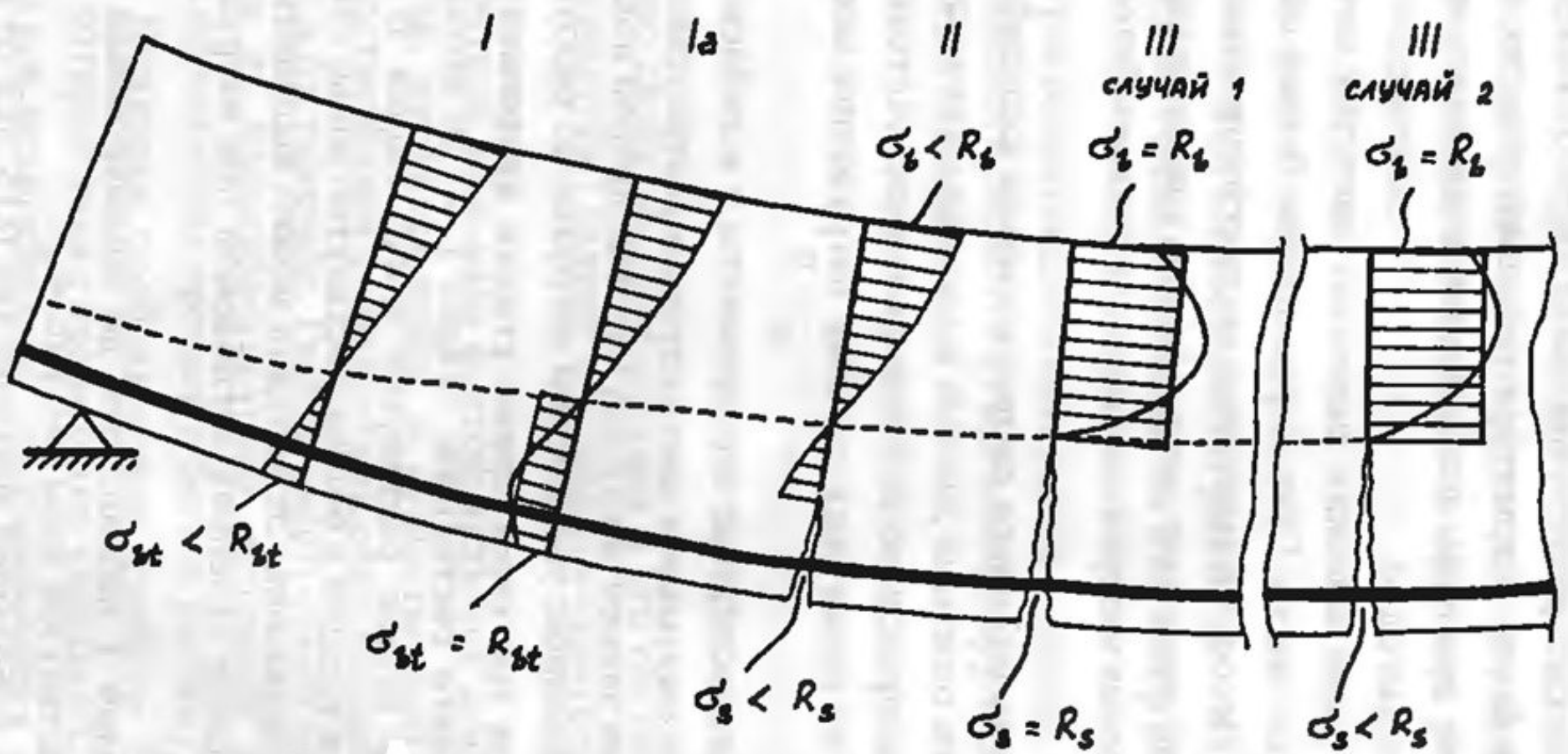
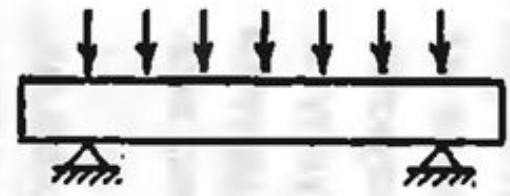
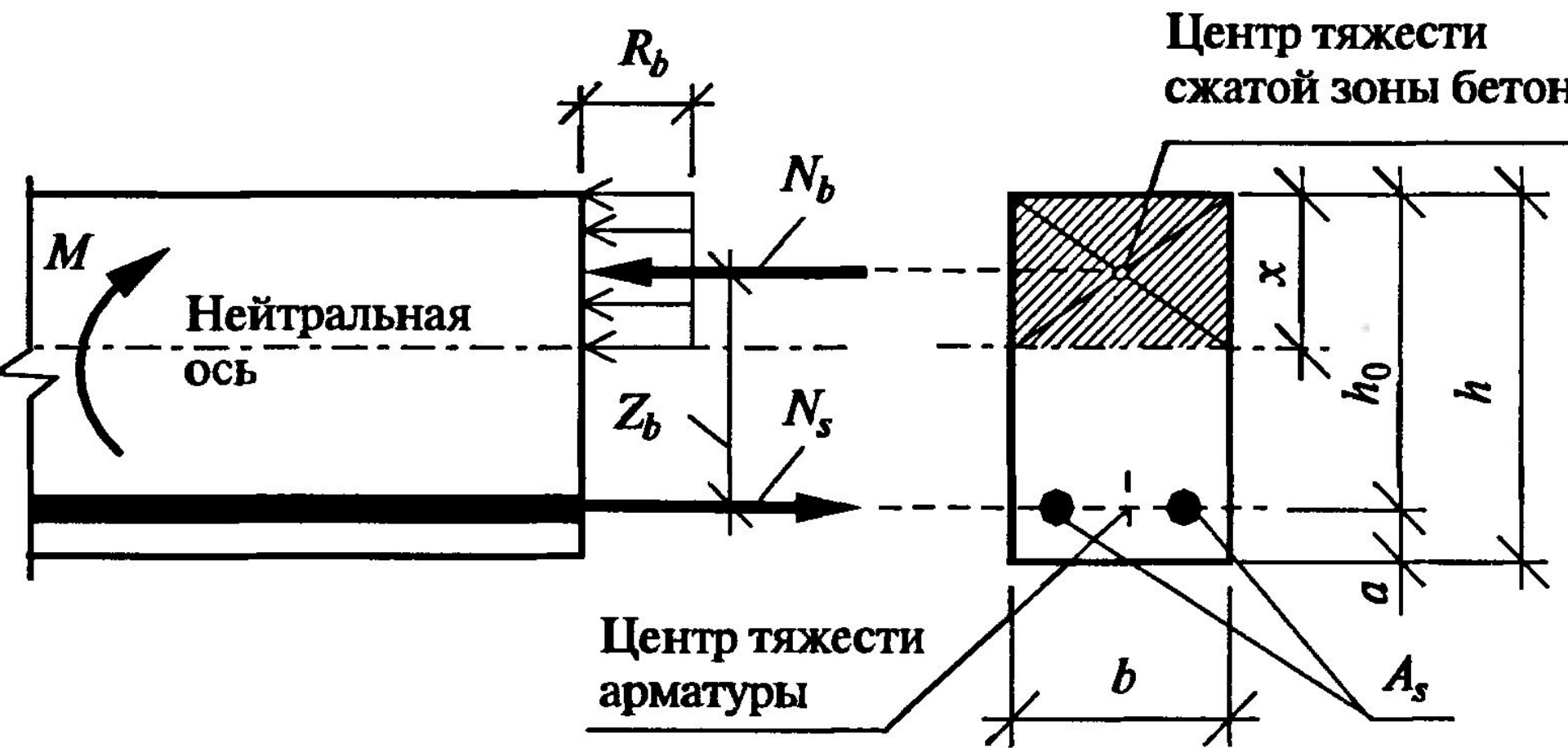


**ИЗГИБАЕМЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ С  
ОДИНОЧНЫМ  
АРМИРОВАНИЕМ.**



Стадии напряженно-деформированного состояния ЖБК:  
 I — упругая (до образования трещин),  
 II — упругопластическая (эксплуатационная),  
 III — пластическая (перед разрушением).



# ДААННЫЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

$M$  – изгибающий момент, кН\*м

$Q$  - поперечная сила, кН

$l_0$  - расчетная длина, м

$h_0$  - расчетная высота, см

$a$  – расстояние от центра тяжести  
рабочей арматуры до крайнего нижнего  
волокна бетона, см

# ДААННЫЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

$x$  - высота сжатой части бетона, см

$h_{зс}$  - защитный слой бетона, см

$b$  - ширина сечения, см

$R_b$  - расчетное сопротивление бетона  
сжатию, МПа

$R_s$  - расчетное сопротивление арматуры,  
МПа

# ДААННЫЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

$N_b$  - продольное усилие сжимающее бетон, кН

$N_s$  - продольное усилие растягивающее арматуру, кН

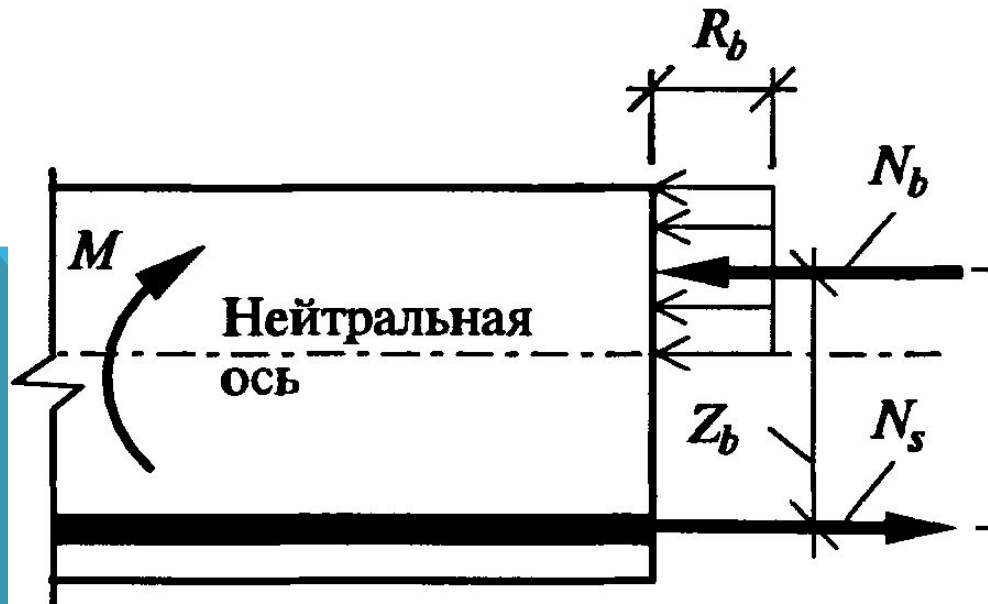
$z$  - плечо внутренней пары сил, см

$A_s$  - площадь поперечного сечения рабочей арматуры, см<sup>2</sup>

# ВЫВОД ФОРМУЛ РАСЧЕТА

При рассмотрении схемы можно вывести, что материалы работают в равновесии, поэтому:

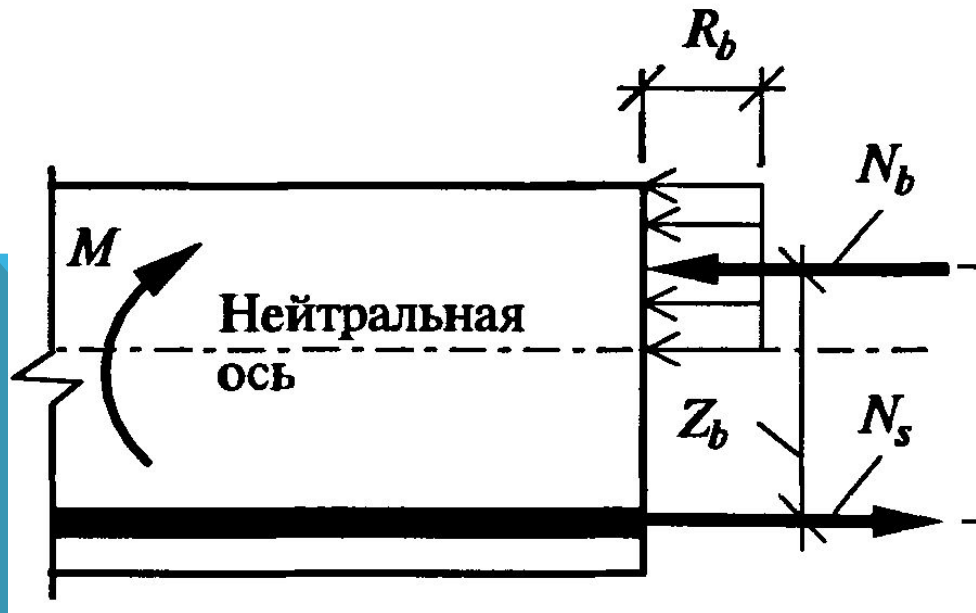
$$N_b = N_s$$



Поскольку сила это произведение расчетного сопротивления  $R$  и поперечного сечения  $A$ , то:

$$R_b \cdot A_b = R_s \cdot A_s$$

$$R_b \cdot b \cdot x = R_s \cdot A_s$$





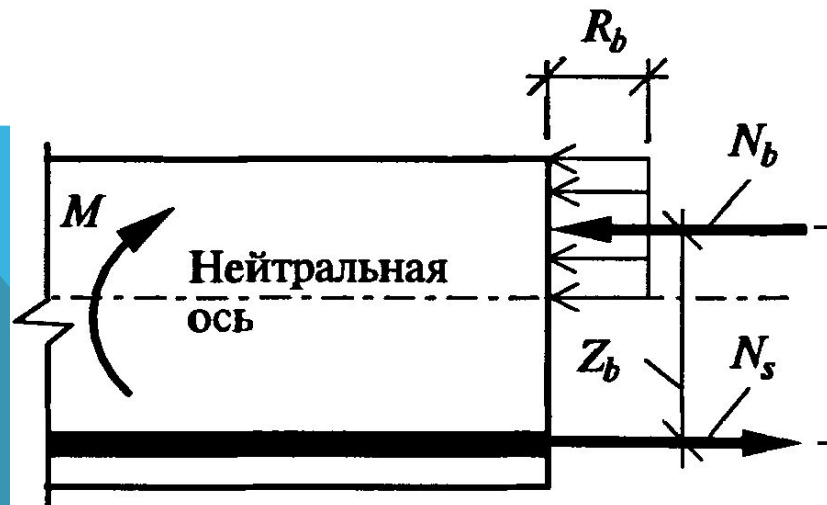
Изгибающий момент работает на каждый материал. Поскольку силы равны, то и моменты равны.

Момент - произведение силы на плечо:

$$N_b \cdot z = N_s \cdot z$$

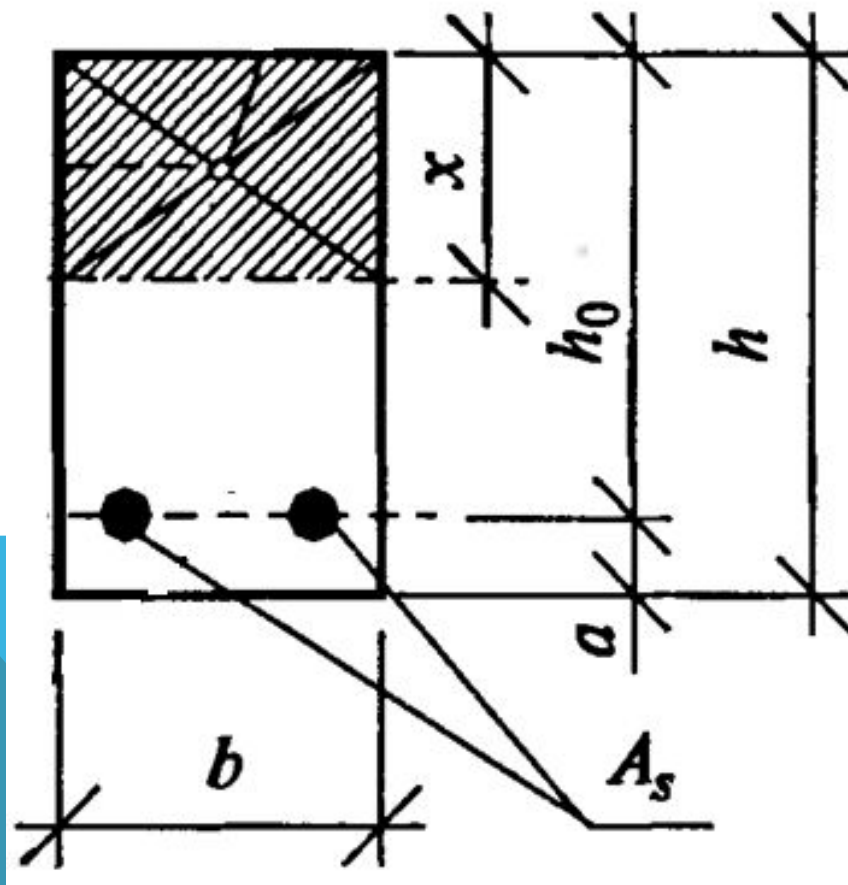
Плечо:

$$z = h_0 - 0,5x \quad \text{где: } h_0 = h - a$$



Теперь расписываем:

$$R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) = R_s \cdot A_s \cdot (h_0 - 0,5x)$$



Теперь в уравнении известен только момент:

$$M = \frac{q \cdot l_0^2}{8}$$

В таких условиях прибегают к следующему приему. Задаются материалами: арматурой, бетоном, шириной сечения .

Неизвестными остаются  $A_s, h_0, x$ .

Если вернуться к формуле:

$$R_b \cdot b \cdot x = R_s \cdot A_s$$

То сжатую зону можно рассчитать:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b}$$

Строительные нормы ограничивают относительную высоту сжатой зоны  $\xi$  и представляет собой отношение:

$$\xi = \frac{x}{h_0}$$

У этого значения есть ограничение, граничное значение высоты  $\xi_R$ .

Это уравнение можно переписать:

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b \cdot h_0} = \frac{\mu \cdot R_s}{R_b}$$

Где:  $\mu$ -коэффициент армирования.

$$\mu = \frac{A_s}{b \cdot h_0}$$

В расчетной практике он же процент армирования:

$$\mu = \frac{A_s}{b \cdot h_0} \cdot 100\%$$

Условия прочности элемента в  
предельном состоянии:

По бетону сжатой зоны:

$$M \leq R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x)$$

По растянутой арматуре:

$$M \leq R_s \cdot A_s \cdot (h_0 - 0,5x)$$



Для упрощения расчетов формулы преобразовывают, подставляя из

$$\xi = \frac{x}{h_0}, \quad x = \xi \cdot h_0$$

$$\begin{aligned} M &\leq R_b \cdot b \cdot \xi \cdot h_0 (h_0 - 0,5\xi h_0) = \\ &= R_b \cdot b \cdot \xi \cdot h_0^2 (1 - 0,5\xi) \end{aligned}$$

$$M \leq R_s \cdot A_s \cdot h_0(1 - 0,5\xi)$$

Обозначим часть формул,  
коэффициентами, которые зависят от  
сжатой зоны сечения:

$$\alpha_0 = \xi \cdot (1 - 0,5\xi)$$

$$\eta = 1 - 0,5\xi$$

Преобразованные формулы будут иметь  
вид:

$$M \leq R_b \cdot b \cdot \alpha_0 \cdot h_0^2$$

$$M \leq R_s \cdot A_s \cdot \eta \cdot h_0$$

Минимальный процент армирования 0,05%, максимальный процент армирования зависит от прочности бетона, его можно вычислить .

При оптимальном армировании он составляет от 1-2% для балок и 0,3-0,6% для плит.

Для расчета используем формулы:

$$M = \frac{q \cdot l_0^2}{8}$$

$$h_0 = h - a$$

$$\alpha_0 = \frac{M}{R_b \cdot b \cdot h_0^2}$$

$$A_s = \frac{M}{R_s \cdot \eta \cdot h_0}$$