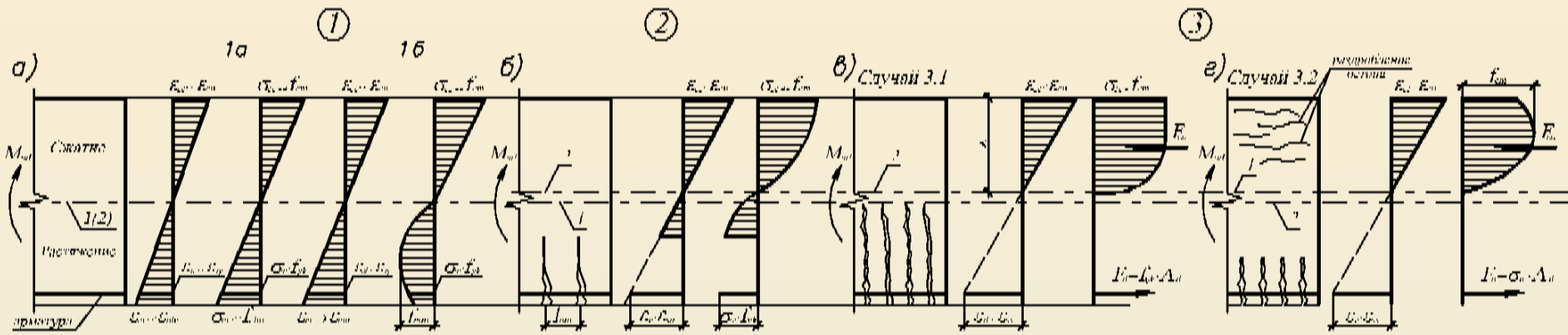
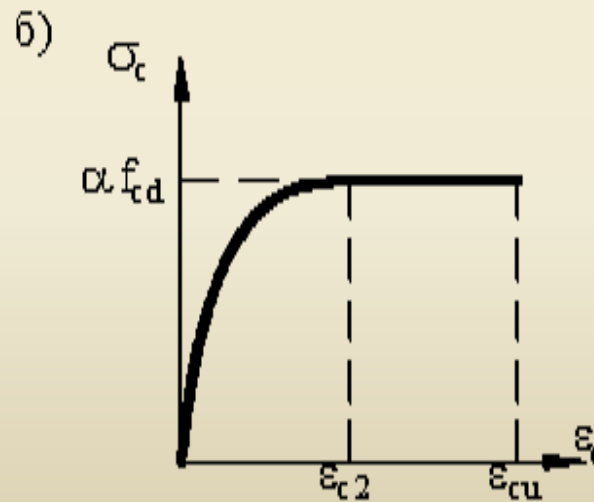
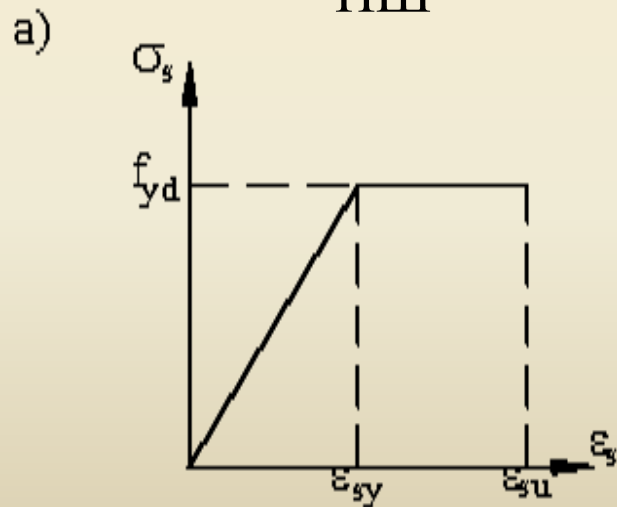
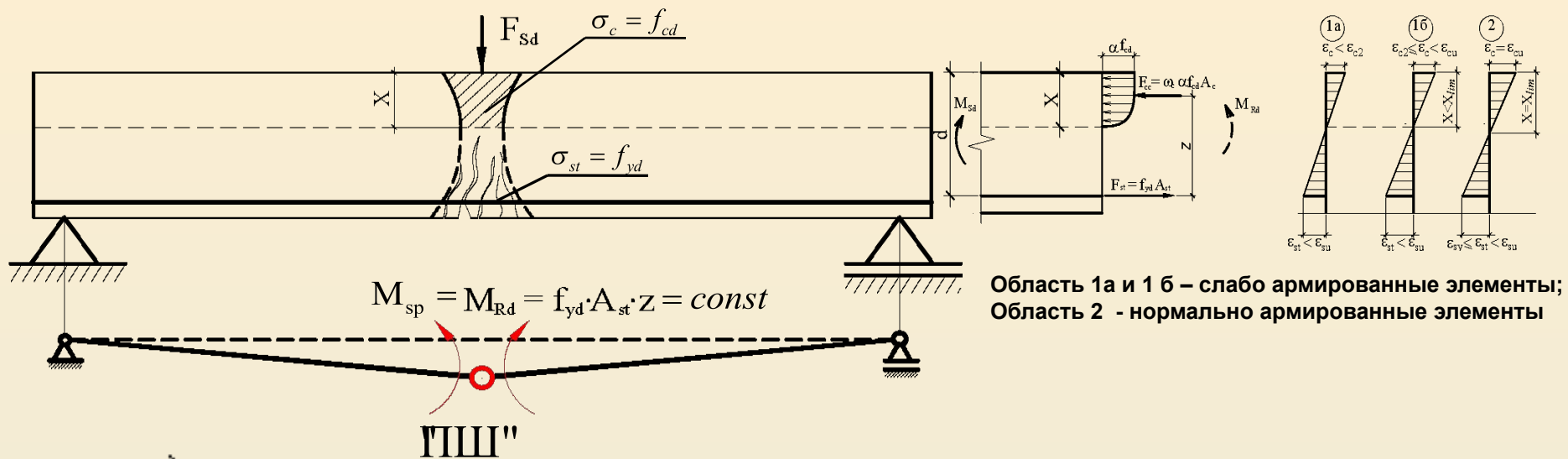


**РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ  
ПО МЕТОДУ ПРЕДЕЛЬНОГО  
РАВНОВЕСИЯ**

# Стадии НДС



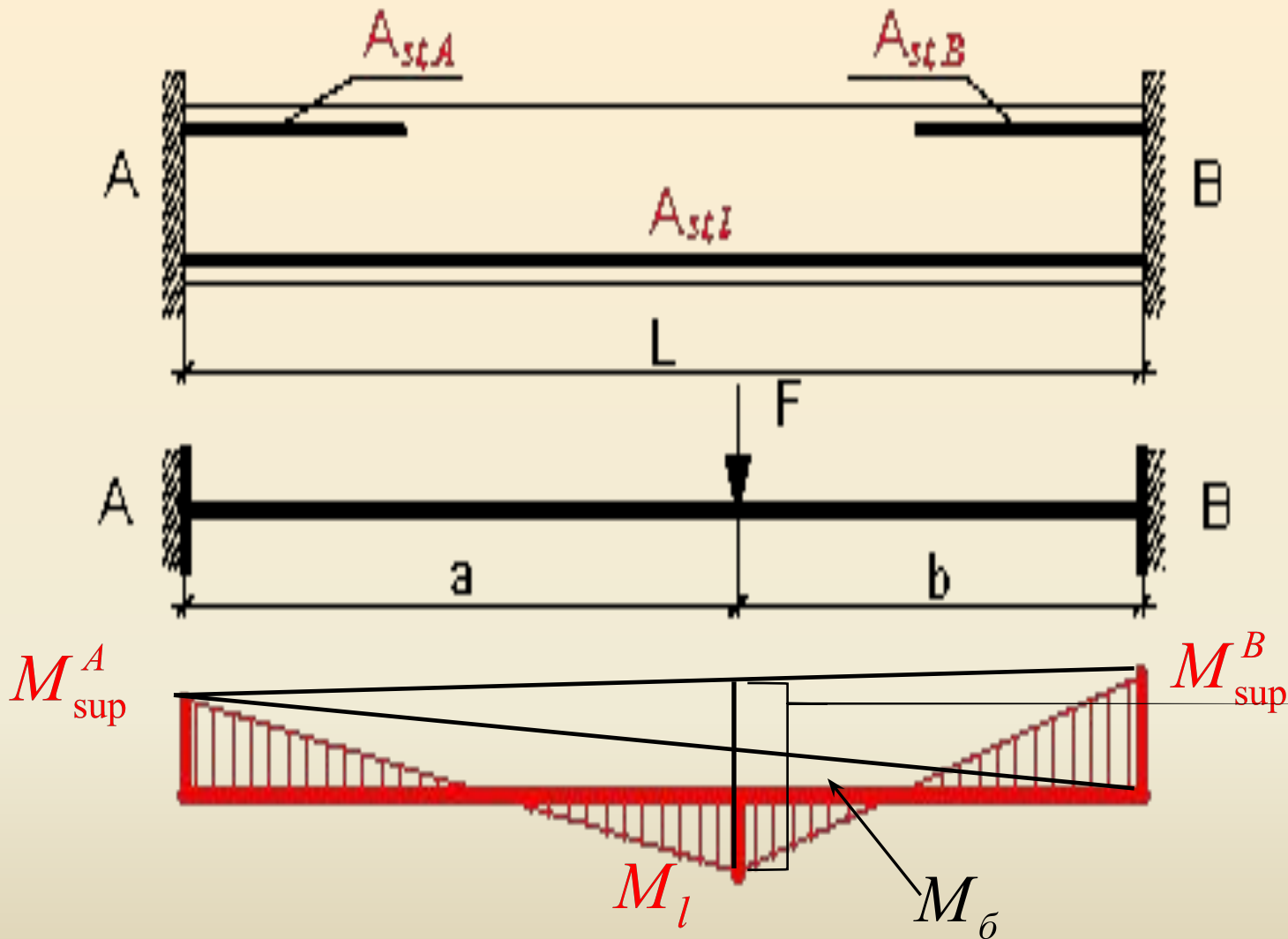
# Понятие пластического шарнира



$$M_{sp} = M_{Rd} = f_{yd} \cdot A_{st} \cdot z$$

# Статический способ определения усилий в предельном равновесии балок

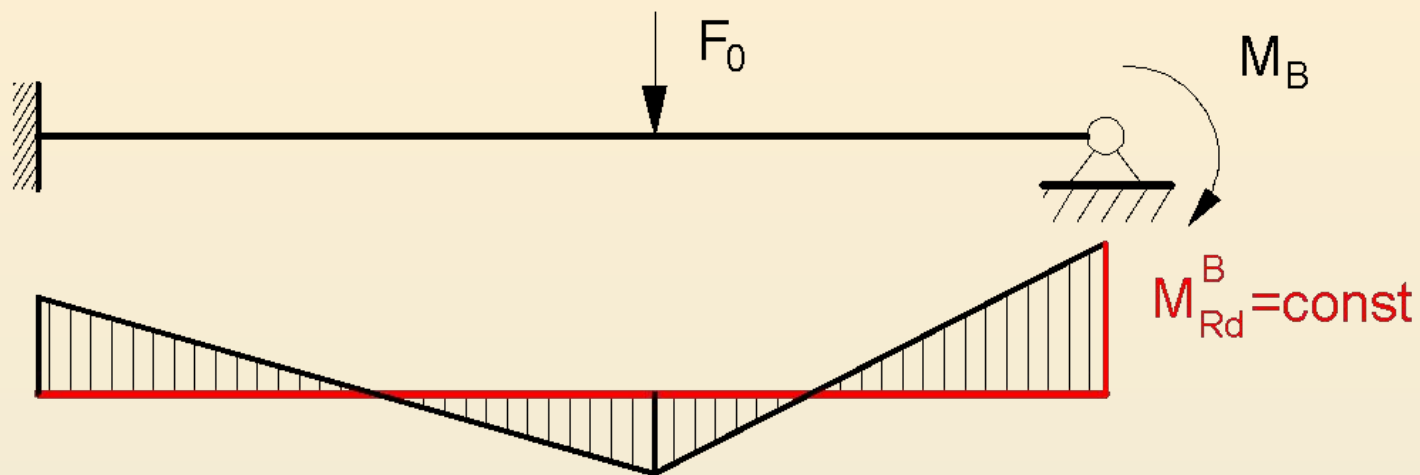
a)



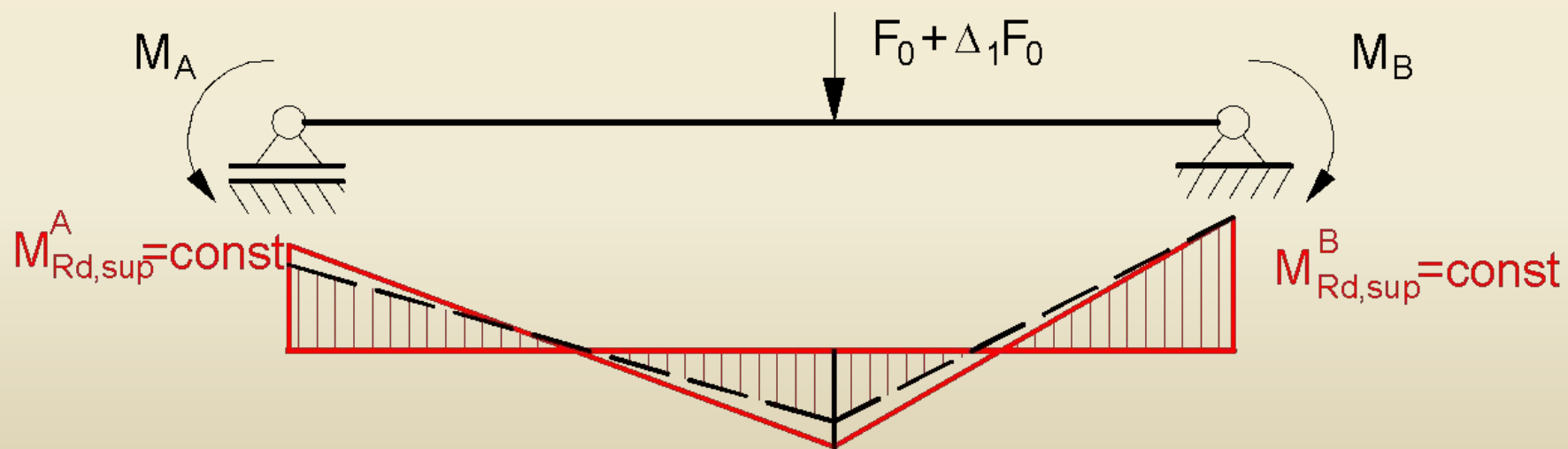
$$M_l + M_{sup}^A \cdot \frac{b}{L} + M_{sup}^B \cdot \frac{a}{L} = M_0 \quad \text{где } M_0 = F_0 \cdot \frac{a \cdot b}{L} \text{ — момент в балке на двух опорах}$$

# Статический способ определения усилий в предельном равновесии балок

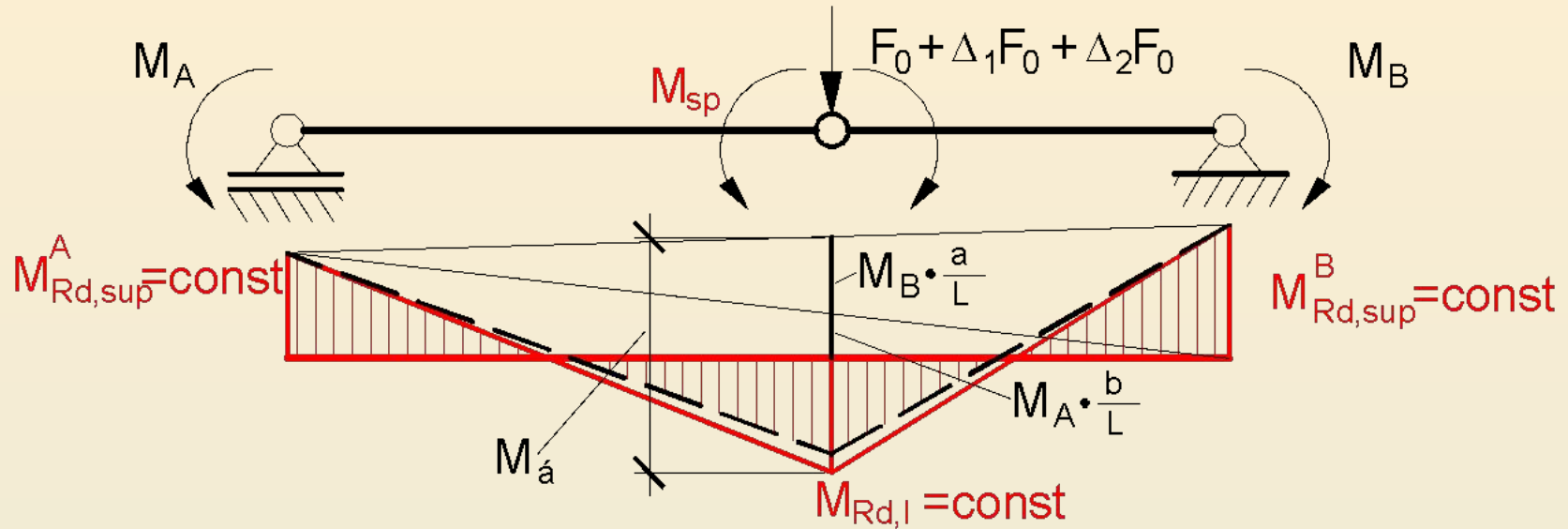
## Этап 1



## Этап 2



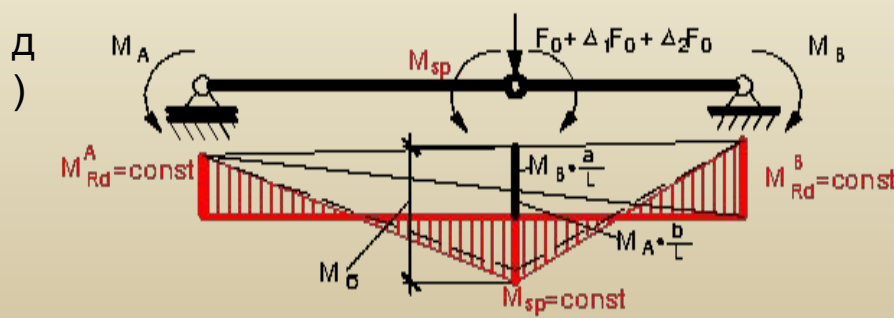
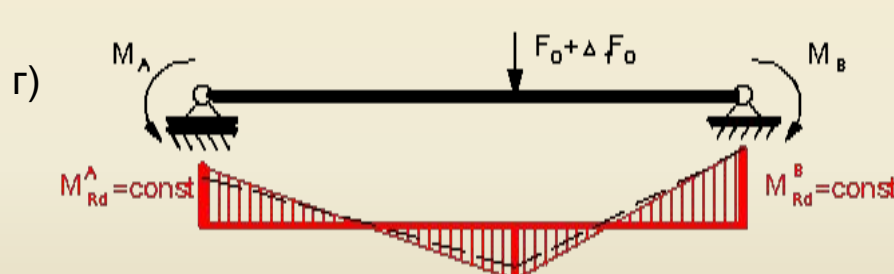
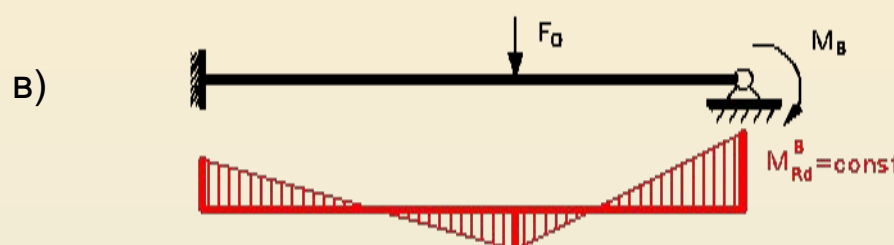
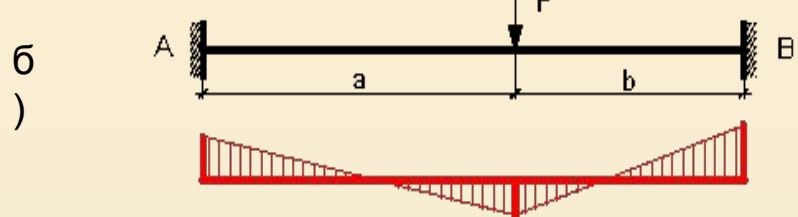
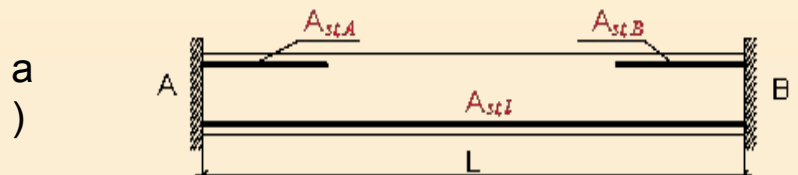
# Статический способ определения усилий в предельном равновесии балок



## Уравнение предельного равновесия

$$M_{Rd,l} + M_{Rd,sup}^A \cdot \frac{b}{L} + M_{Rd,sup}^B \cdot \frac{a}{L} = M_{\bar{\sigma}}$$

# Статический способ определения усилий в предельном равновесии балок



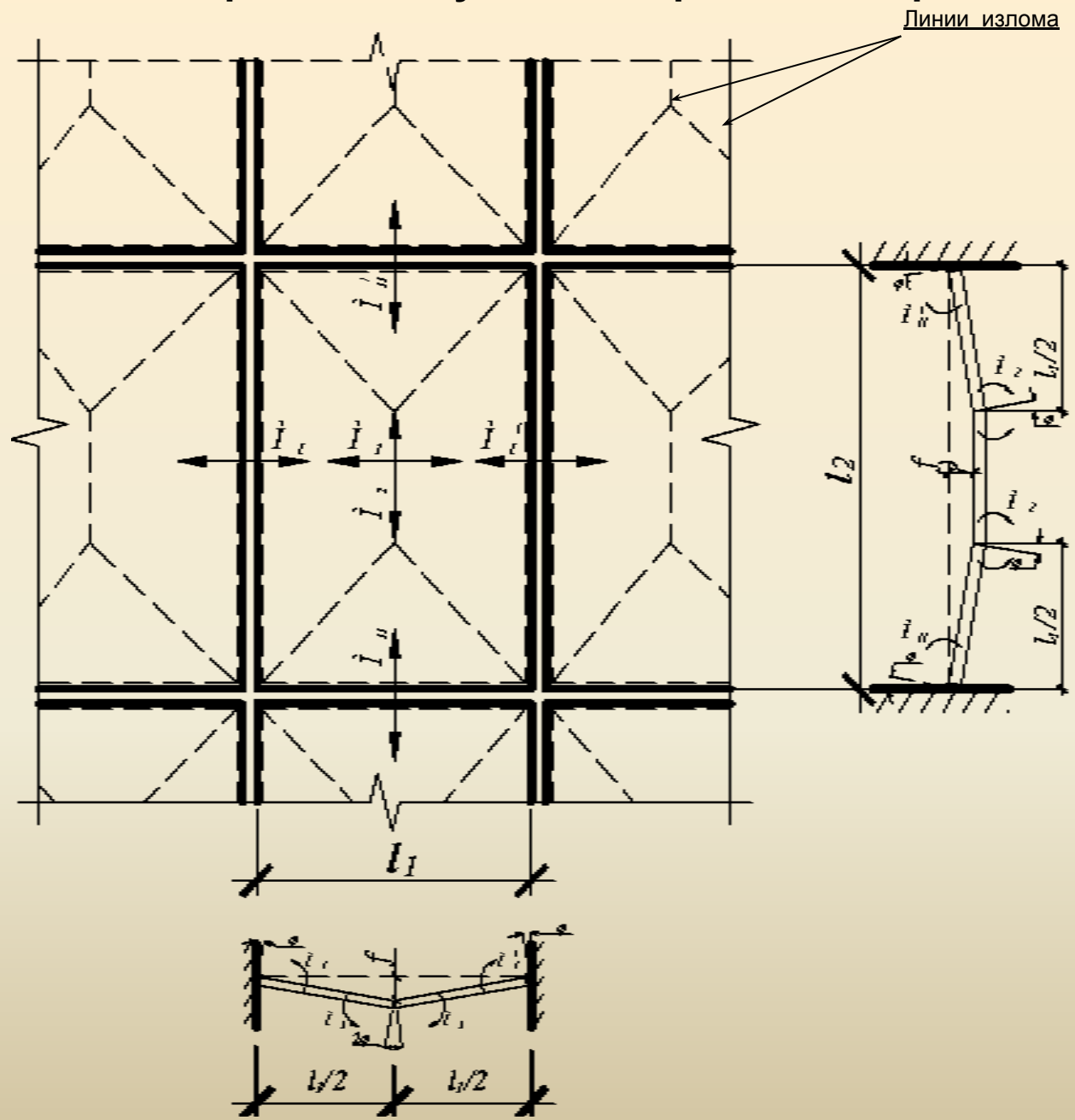
$$M_l + M_{\text{sup}}^A \cdot \frac{b}{L} + M_{\text{sup}}^B \cdot \frac{a}{L} = M_{\text{б}}$$

## Уравнение предельного равновесия

$$M_{Rd,l} + M_{Rd,\text{sup}}^A \cdot \frac{b}{L} + M_{Rd,\text{sup}}^B \cdot \frac{a}{L} = M_{\text{б}}$$

$$M_{Rd,l} : M_{Rd,\text{sup}}^A : M_{Rd,\text{sup}}^B \neq M_l : M_{\text{sup}}^A : M_{\text{sup}}^B$$

# Кинематический способ определения усилий в предельном равновесии плит

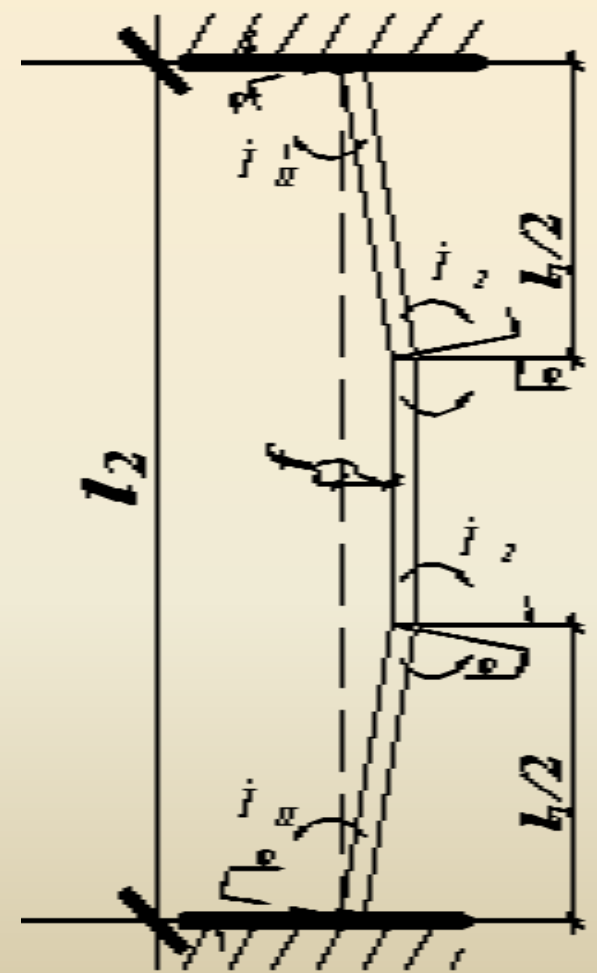
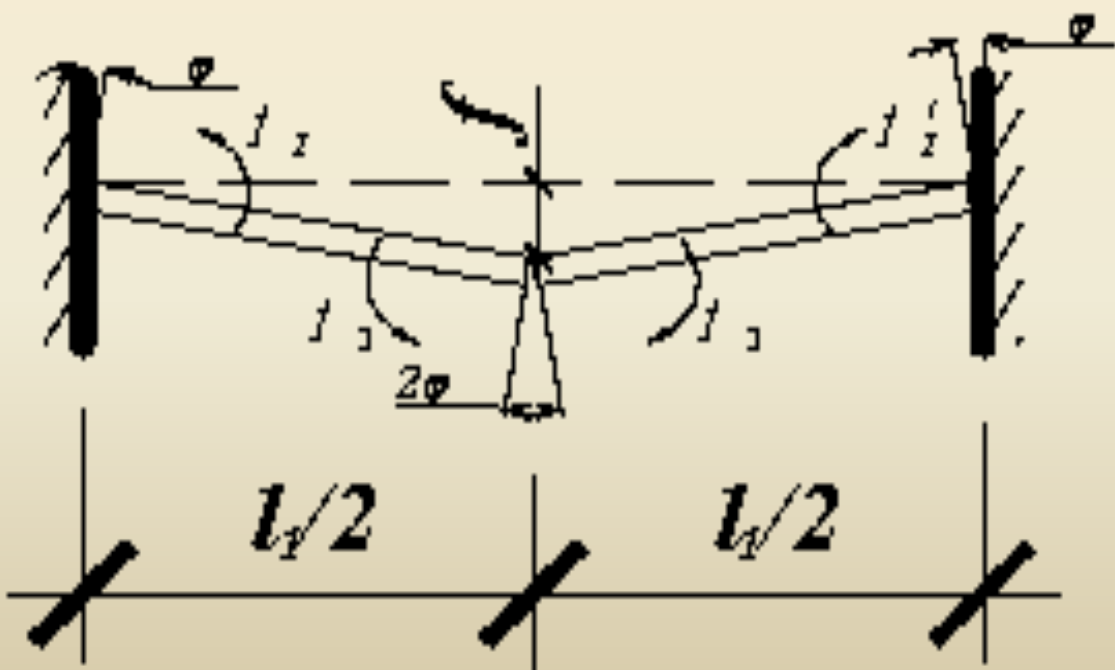




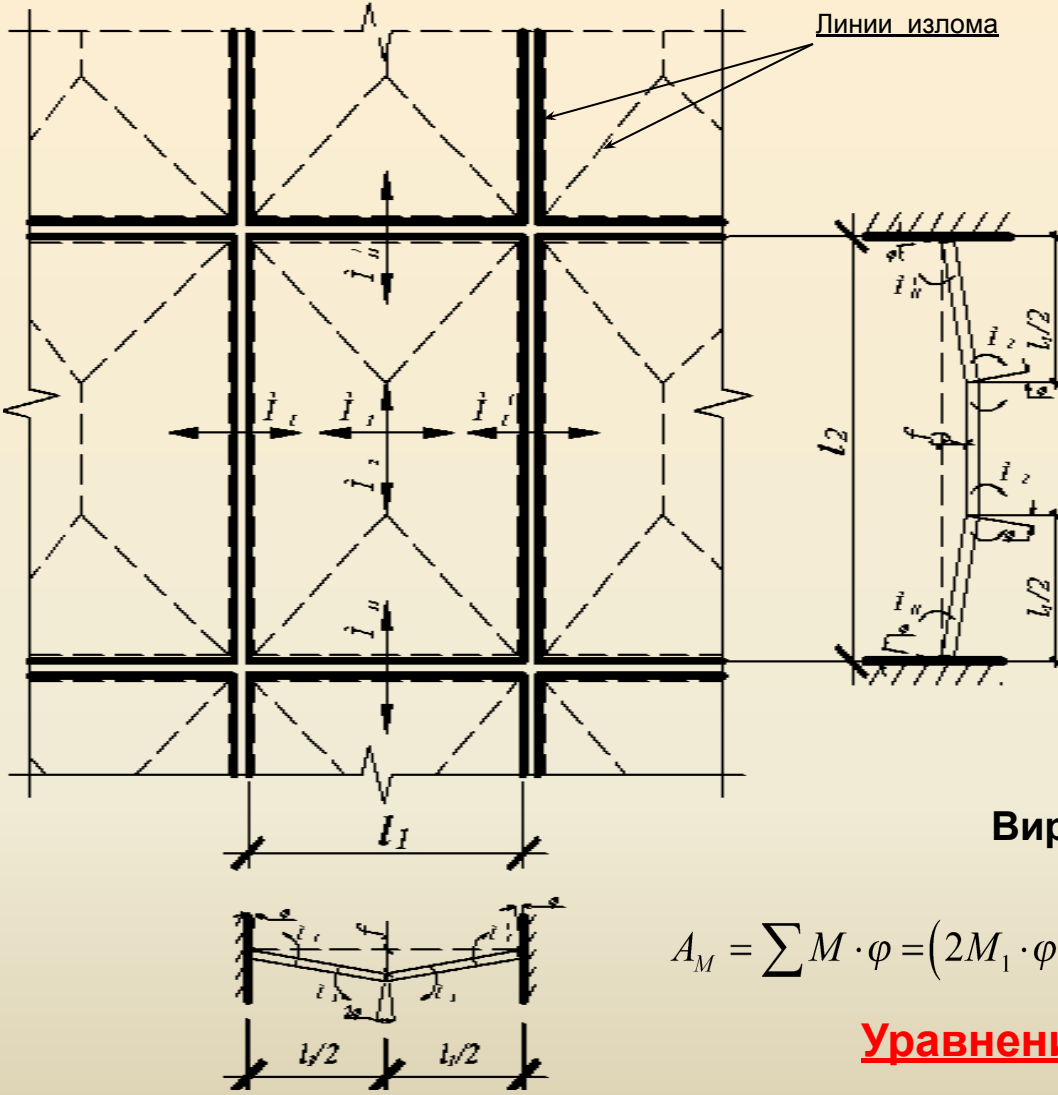
# Кинематический способ определения усилий в предельном равновесии плит

## Угол поворота звеньев

$$\varphi = \tan \varphi = \frac{2 \cdot f}{l_1}$$



# Кинематический способ определения усилий в предельном равновесии плит



Уравнение виртуальных работ

$$A_g = A_M$$

Виртуальная работа внешних сил

$$A_g = (g_{sd} + q_{sd}) \cdot V = (g_{sd} + q_{sd}) \frac{f \cdot l_1 \cdot (3 \cdot l_2 - l_1)}{6}$$

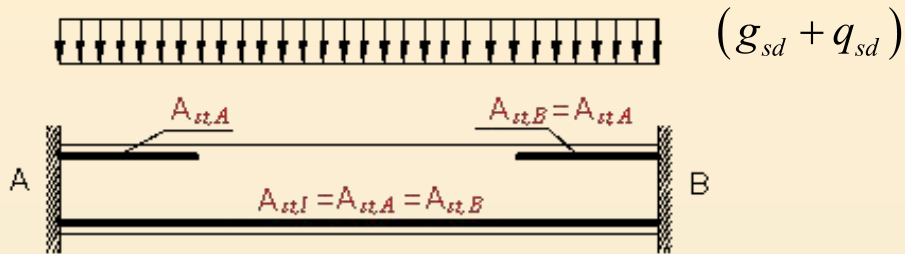
Виртуальная работа внутренних усилий

$$A_M = \sum M \cdot \varphi = (2M_1 \cdot \varphi + M_I \cdot \varphi + M'_I \cdot \varphi) \cdot l_2 + (2M_2 \cdot \varphi + M_{II} \cdot \varphi + M'_{II} \cdot \varphi) \cdot l_1$$

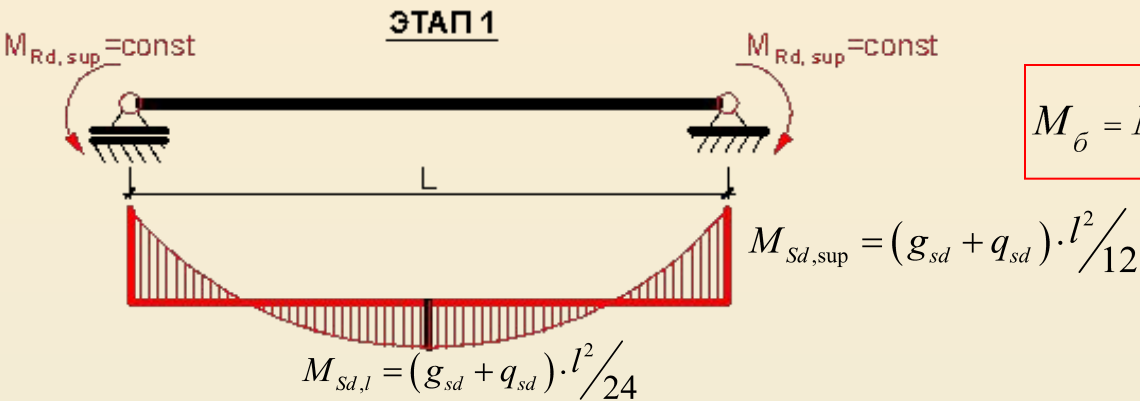
**Уравнение предельного равновесия**

$$(g_{sd} + q_{sd}) \cdot \frac{l_1^2 \cdot (3 \cdot l_2 - l_1)}{12} = (2M_1 + M_I + M'_I) \cdot l_2 + (2M_2 + M_{II} + M'_{II}) \cdot l_1$$

# Перераспределение усилий в статически неопределимой балке

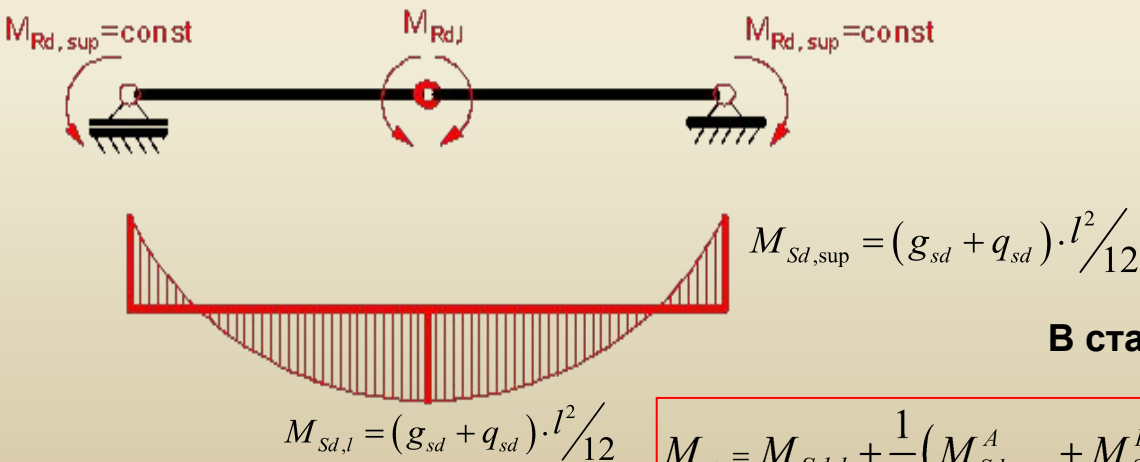


**В упругой стадии работы**



$$M_{\sigma} = M_{Sd,l} + \frac{1}{2} (M_{Sd,sup}^A + M_{Sd,sup}^B) = (g_{sd} + q_{sd}) \cdot l^2 / 8$$

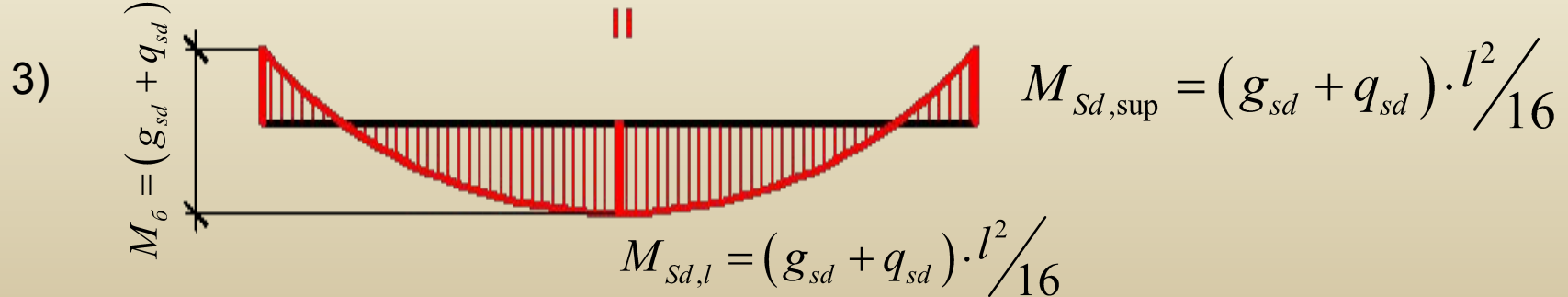
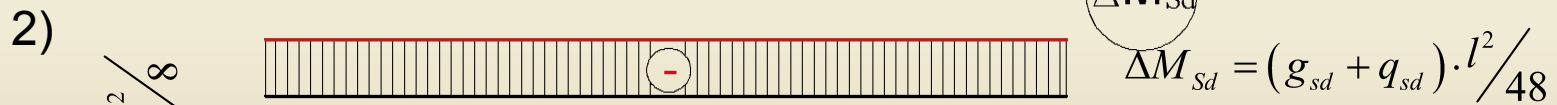
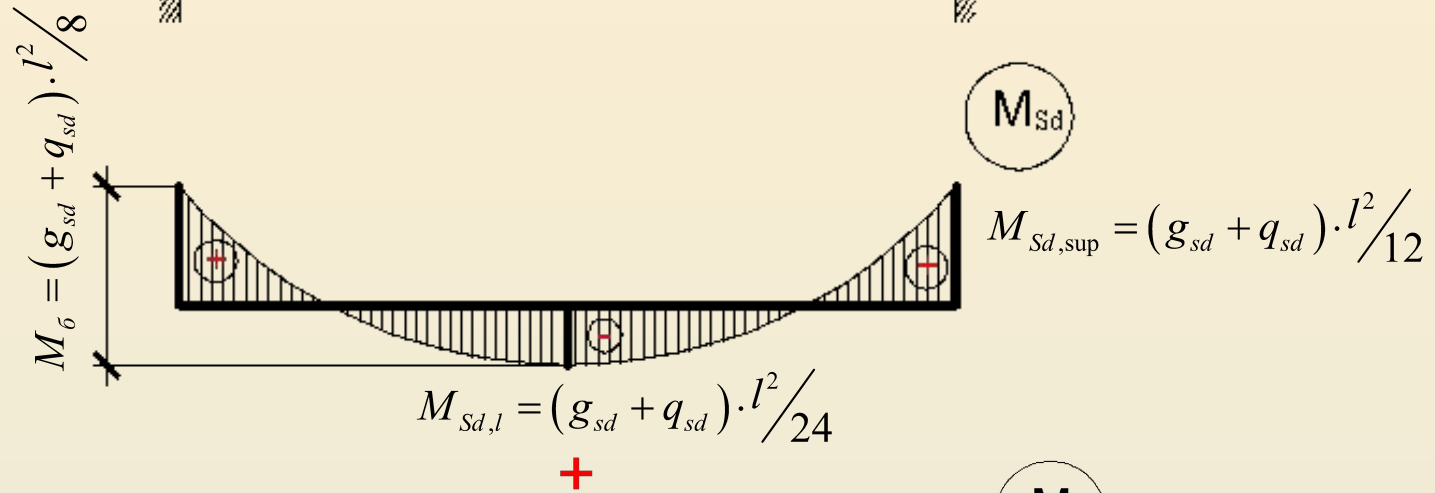
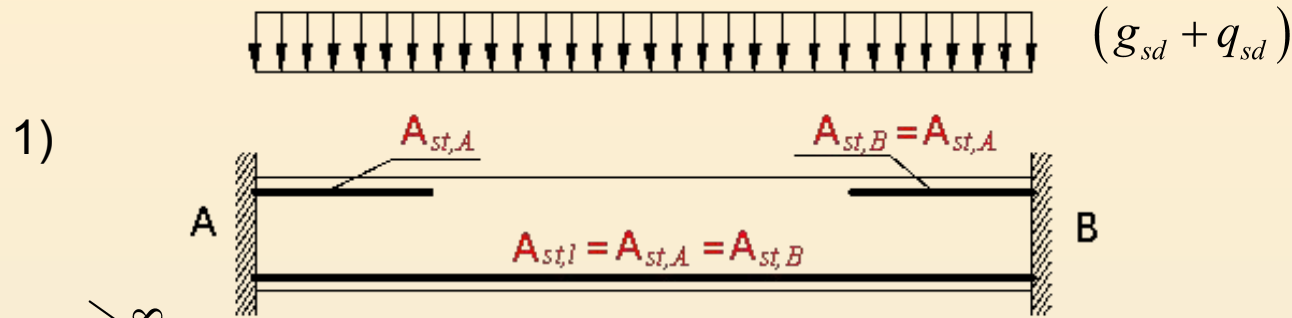
**ЭТАП 2 - Предельное равновесие**



**В стадии предельного равновесия**

$$M_{\sigma} = M_{Sd,l} + \frac{1}{2} (M_{Sd,sup}^A + M_{Sd,sup}^B) = (g_{sd} + q_{sd}) \cdot l^2 / 6 \approx 1.33 \cdot (g_{sd} + q_{sd}) \cdot l^2 / 8$$

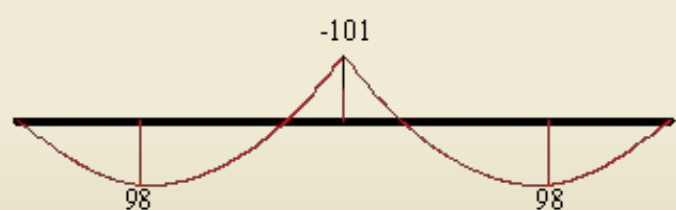
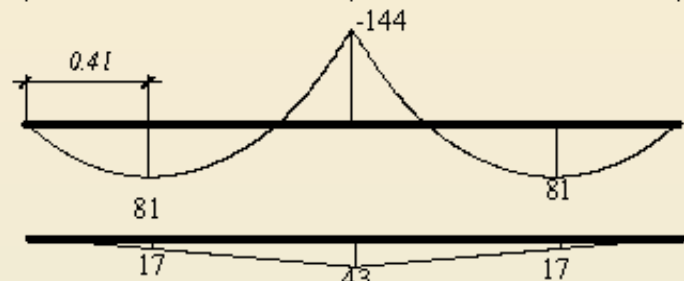
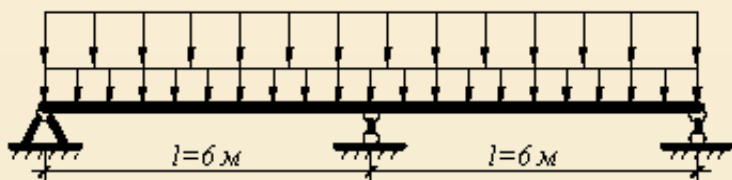
# Методика перераспределение усилий в статически неопределимой балке



# Практический пример перераспределение усилий в статически неопределимой двухпролетной балке

Схема 1

$(g_d + q_d) = 32 \text{ кН/м}$



$M$

$\Delta M$

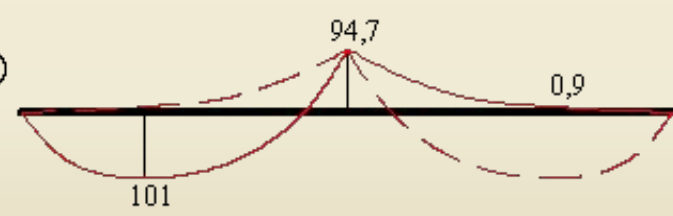
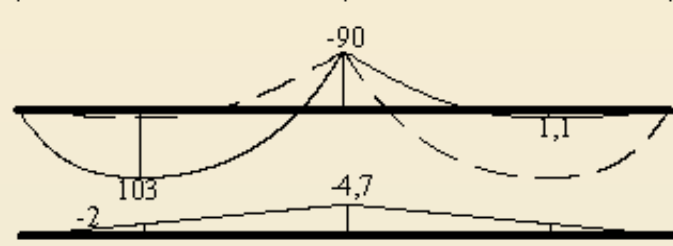
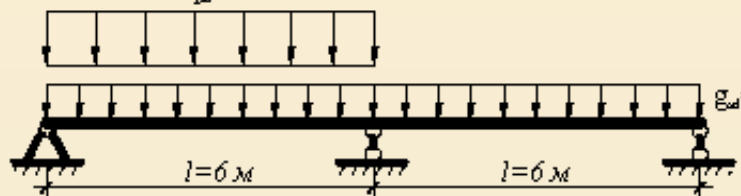
Схема 3

Схема 2

$q_d = 24 \text{ кН/м}$

$q_d = 24 \text{ кН/м}$

$g_d = 8 \text{ кН/м}$



$M + \Delta M$

ОГИБАЮЩАЯ

