

# **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

**Герасимов Сергей Иванович,  
проф. каф. «Строительная механика»  
ауд. 147/2**

# Требования государственного образовательного стандарта

## **1.4. Квалификационная характеристика выпускника**

### **1.4.1. Объекты профессиональной деятельности - ... предприятия по перевозке грузов**

### **1.4.2. Виды профессиональной деятельности**

- производственно-технологическая
- научно-исследовательская

### **1.4.3. Задачи профессиональной деятельности**

- Производственно-технологическая деятельность – обеспечение безопасности движения в различных условиях ...
- Организационно-управленческая деятельность – нахождение компромисса между различными требованиями ...
- Научно-исследовательская деятельность – моделирование процессов ...

# Требования государственного образовательного стандарта

## 1.4.4. Квалификационные требования

Инженер должен **знать**:

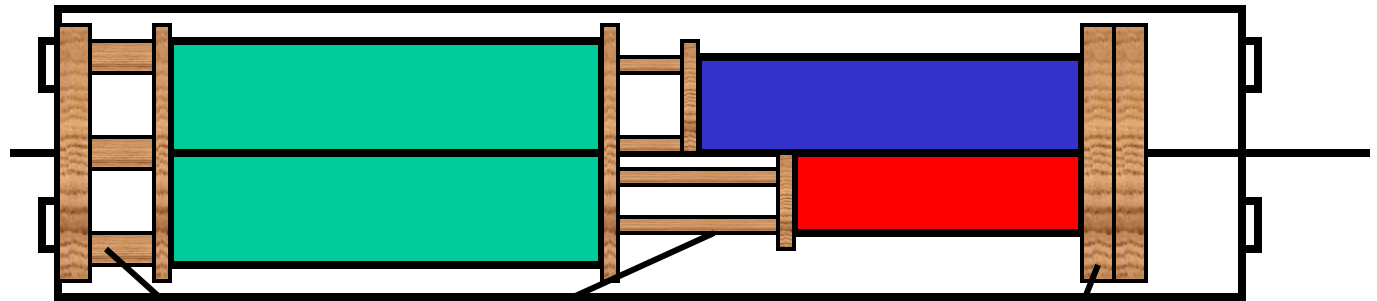
- Основные требования, предъявляемые к ... материалам, изделиям;
- Методы проведения технических расчетов...;
- Методы исследований, проектирования и проведения экспериментальных работ.

# Сопротивление материалов:

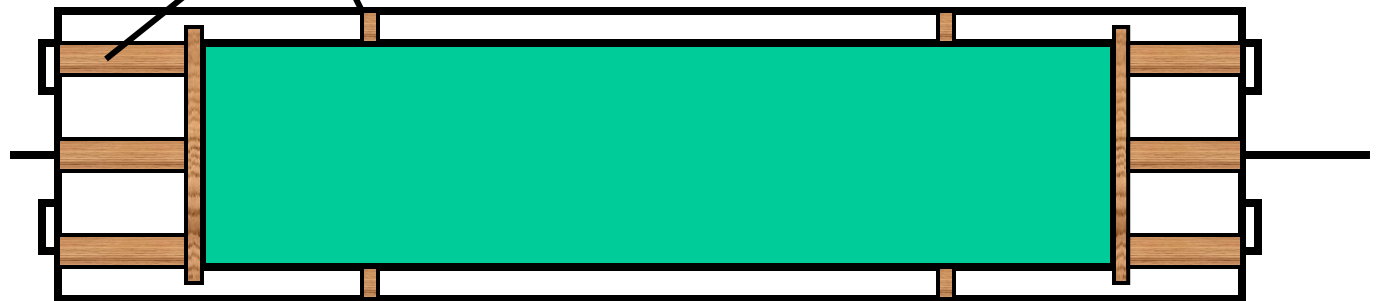
основные понятия; метод сечений; центральное растяжение-сжатие; сдвиг; геометрические характеристики сечений; прямой поперечный изгиб; кручение; кривой изгиб, внецентренное растяжение-сжатие; элементы рационального проектирования простейших систем; расчет статически определимых стержневых систем; метод сил, расчет статически неопределимых стержневых систем; анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела; сложное сопротивление, расчет по теориям прочности, расчет безмоментных оболочек вращения; устойчивость стержней; продольно-поперечный изгиб; расчет движущихся с ускорением элементов конструкций; удар; усталость; расчет по несущей способности.

# Схемы установки распорных и упорных брусков

платформа



вагон,  
полувагон



1- распорный брусок, 2 – упорный брусок

# Размещение груза на двух подкладках на платформе

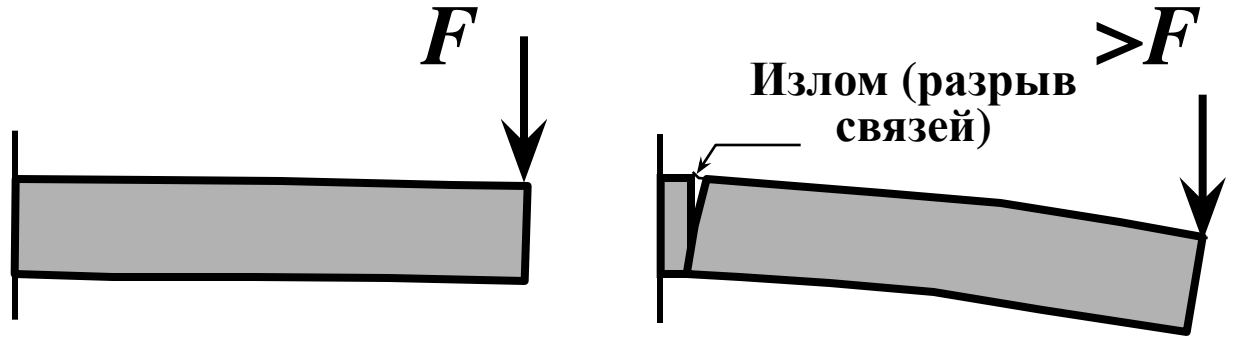


## Литература

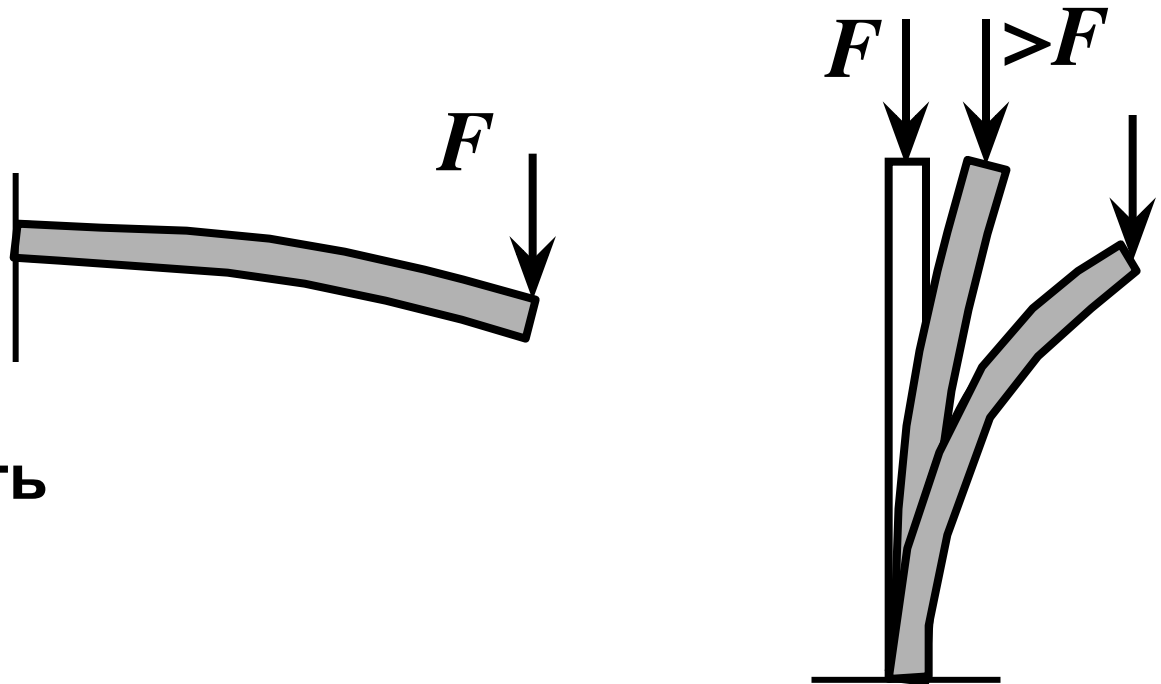
- 1. Ахметзянов М.Х., Лазарев И.Б. Сопротивление материалов. СГУПС, 1997.**
- 2. Задания по сопротивлению материалов. Часть I. СГУПС, 1991.**

# Основные задачи СМ

## 1. Прочность



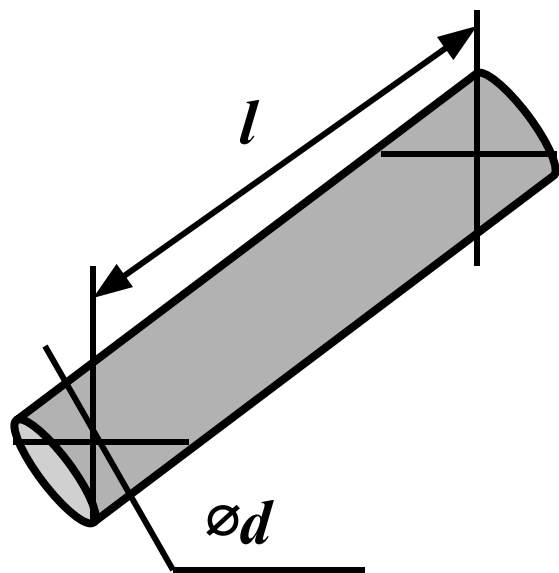
## 2. Жесткость



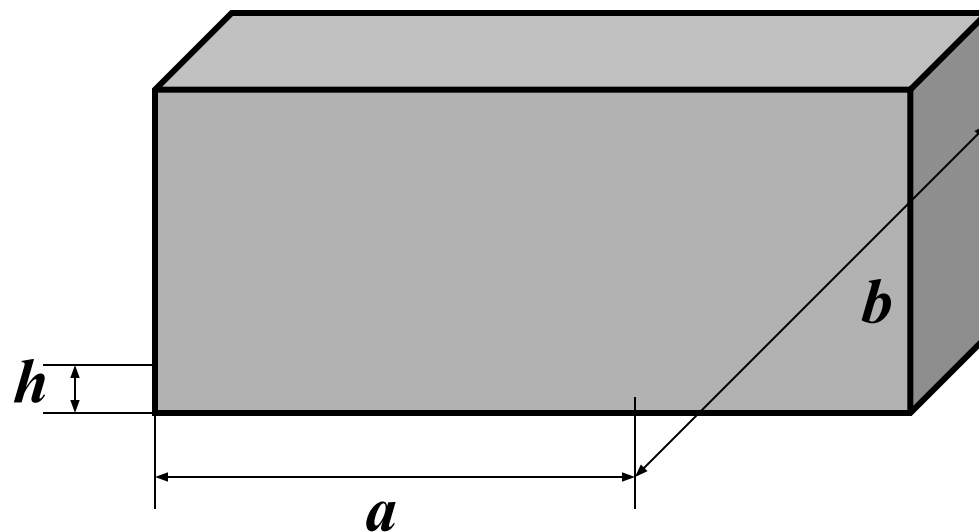
## 3. Устойчивость



# Типы элементов конструкций

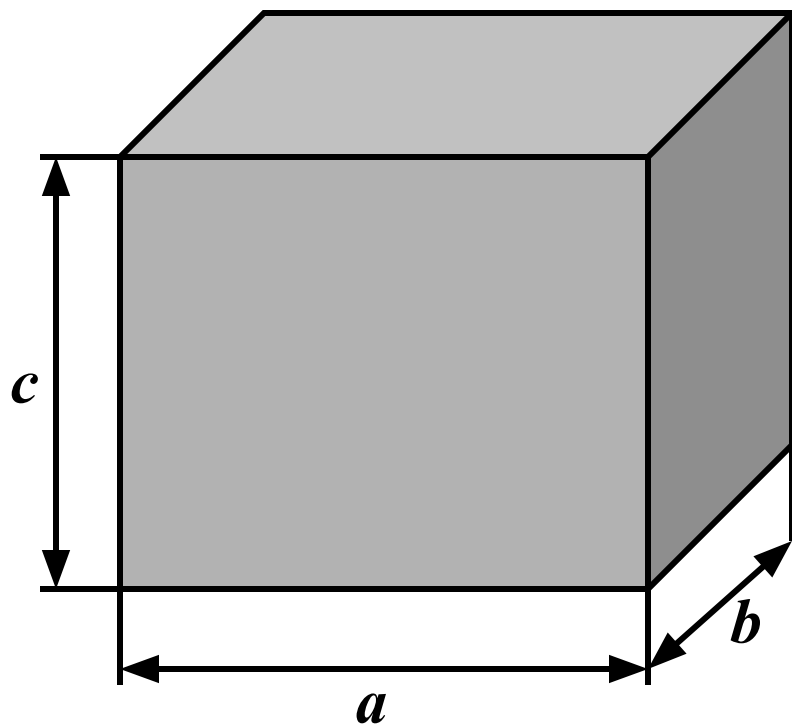


брус или стержень  $l \gg d$

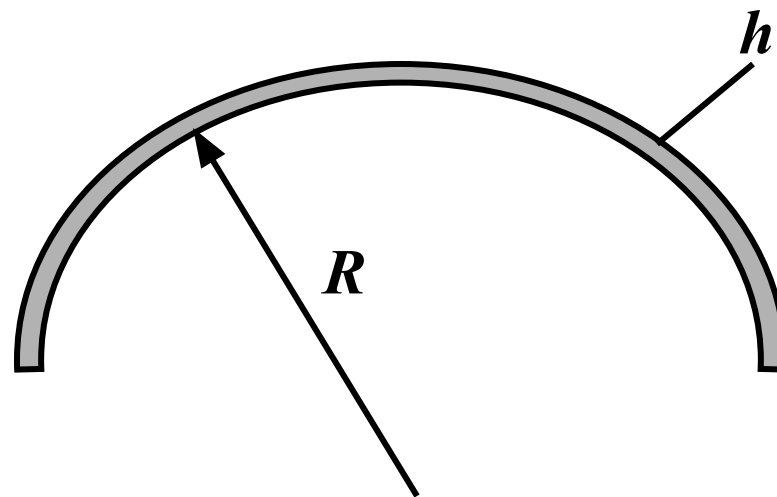


пластинки  $h < a, h < b$

# Типы элементов конструкций



массивные тела  
 $a \approx b \approx c$



оболочка  $h \ll R$

# Основные гипотезы

Сплошность – непрерывность пространства тела, хотя тела имеют дискретное (атомарное) строение.

Однородность – независимость механических свойств от координат точек тела.

Изотропность – одинаковость механических свойств во всех направлениях.

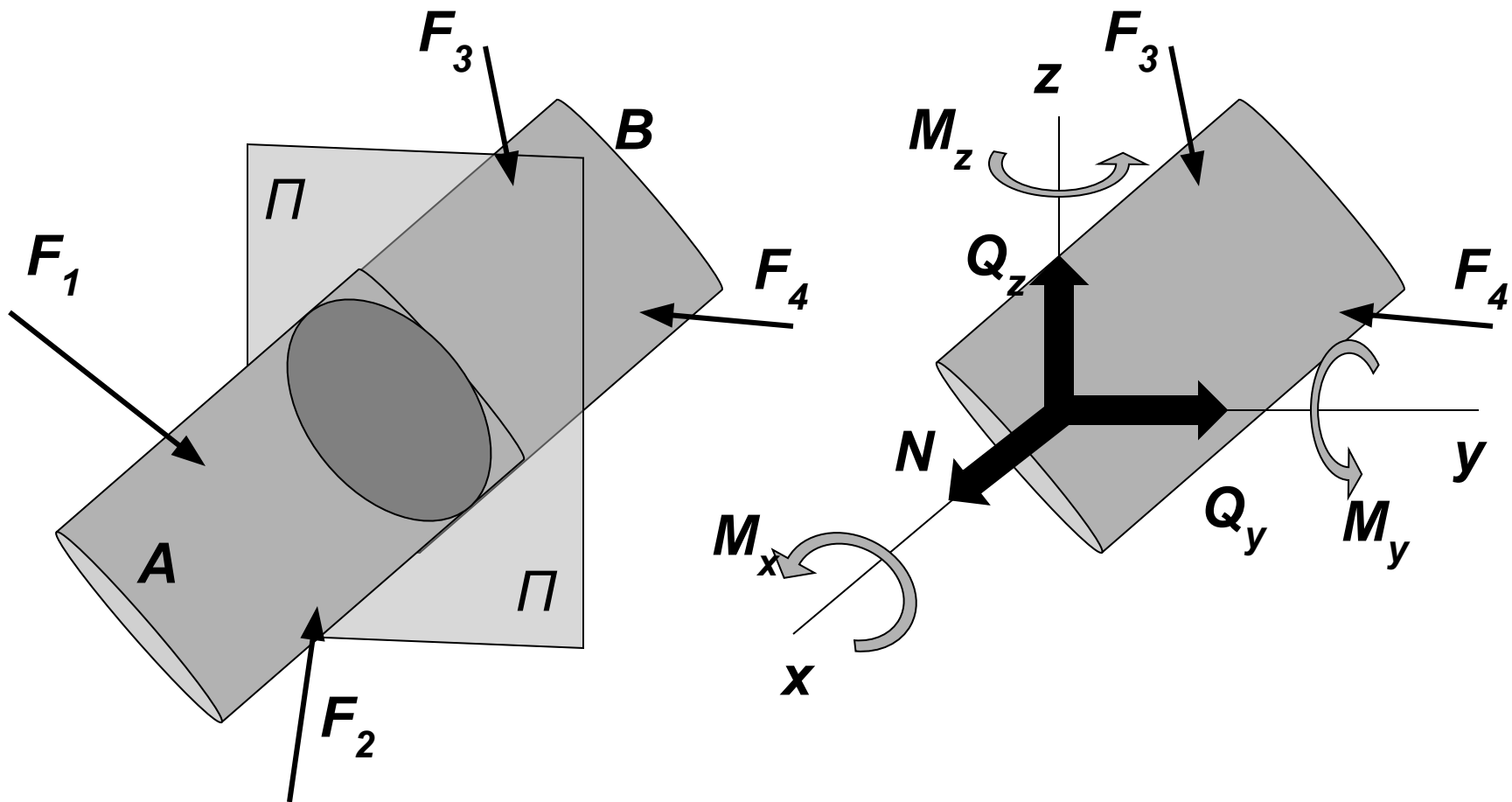
Упругость – способность материала восстанавливать начальную форму и размеры после снятия нагрузки.

Относительная жесткость – деформации и перемещения малы → можно использовать ТМ для определения реакций опор и внутренних усилий

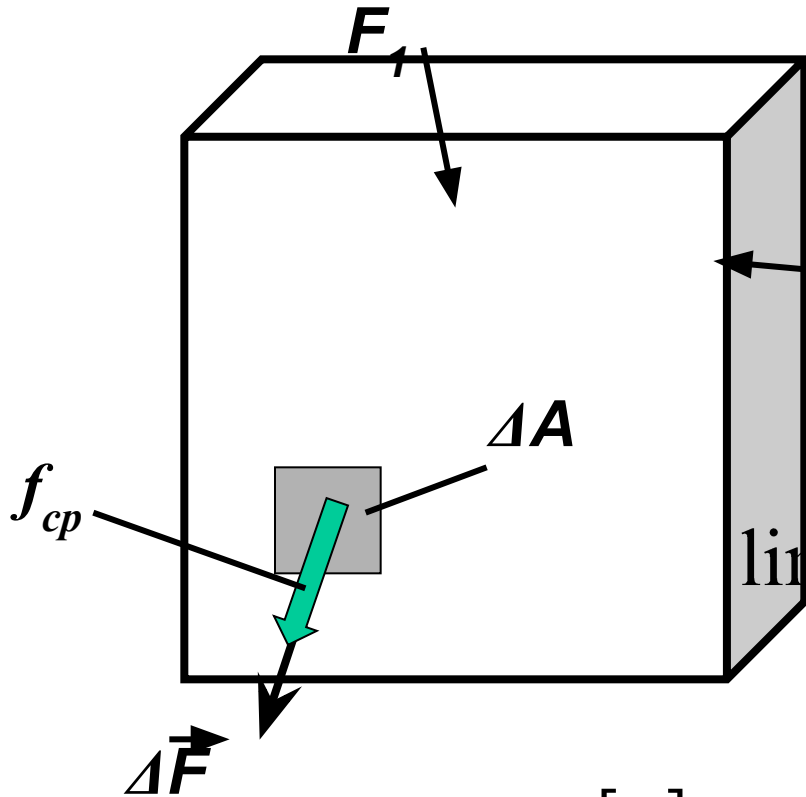
# Классификация сил

- 1. Внешние и внутренние**
- 2. Статические и динамические**
- 3. Постоянные и временные**

# Метод сечений



# Метод сечений



$\Delta A$  – элементарная  
площадь

$$f_{cp} = \frac{\Delta \vec{F}}{\Delta A} \quad \text{– среднее напряжение}$$

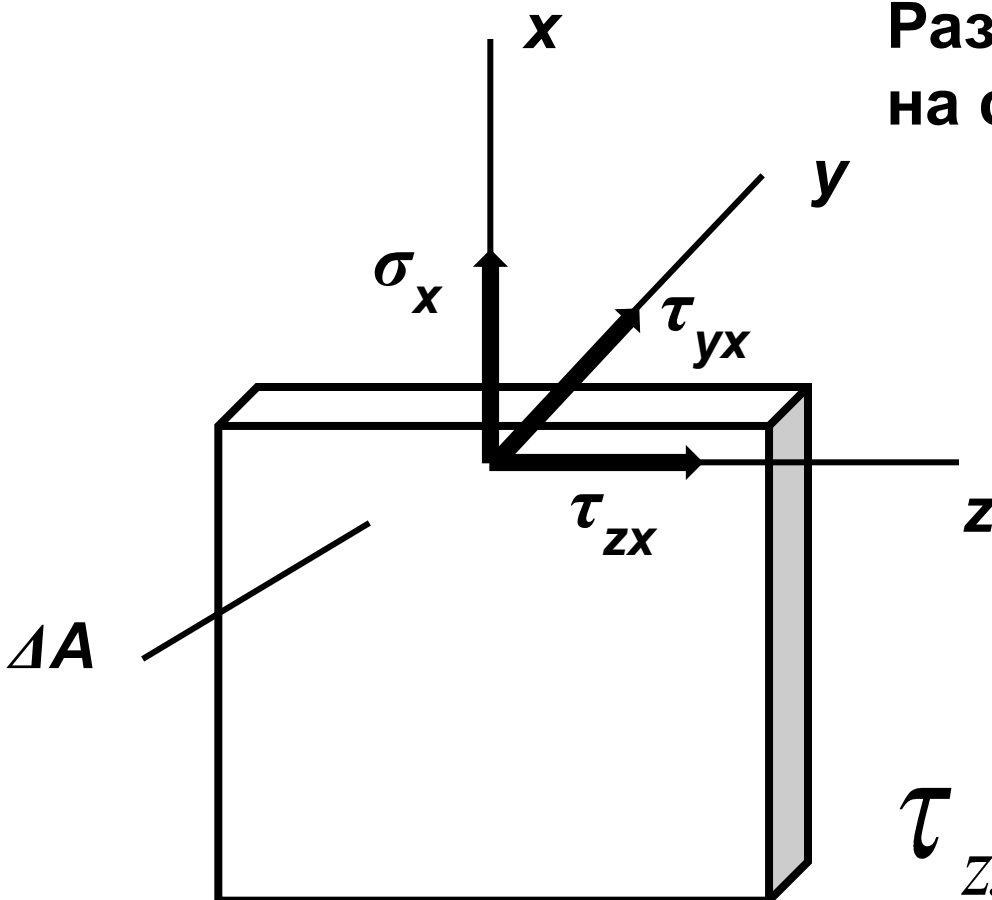
$$\lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{F}}{\Delta A} = f \quad \text{– полное напряжение на элем. площадке}$$

$$[f] = \frac{[F]}{[L^2]} = \frac{H}{m^2};$$

$$1 \frac{H}{m^2} = 1 Па;$$

# Метод сечений

Разложим полное напряжение на составляющие:



$\sigma_x$  – нормальное напряжение

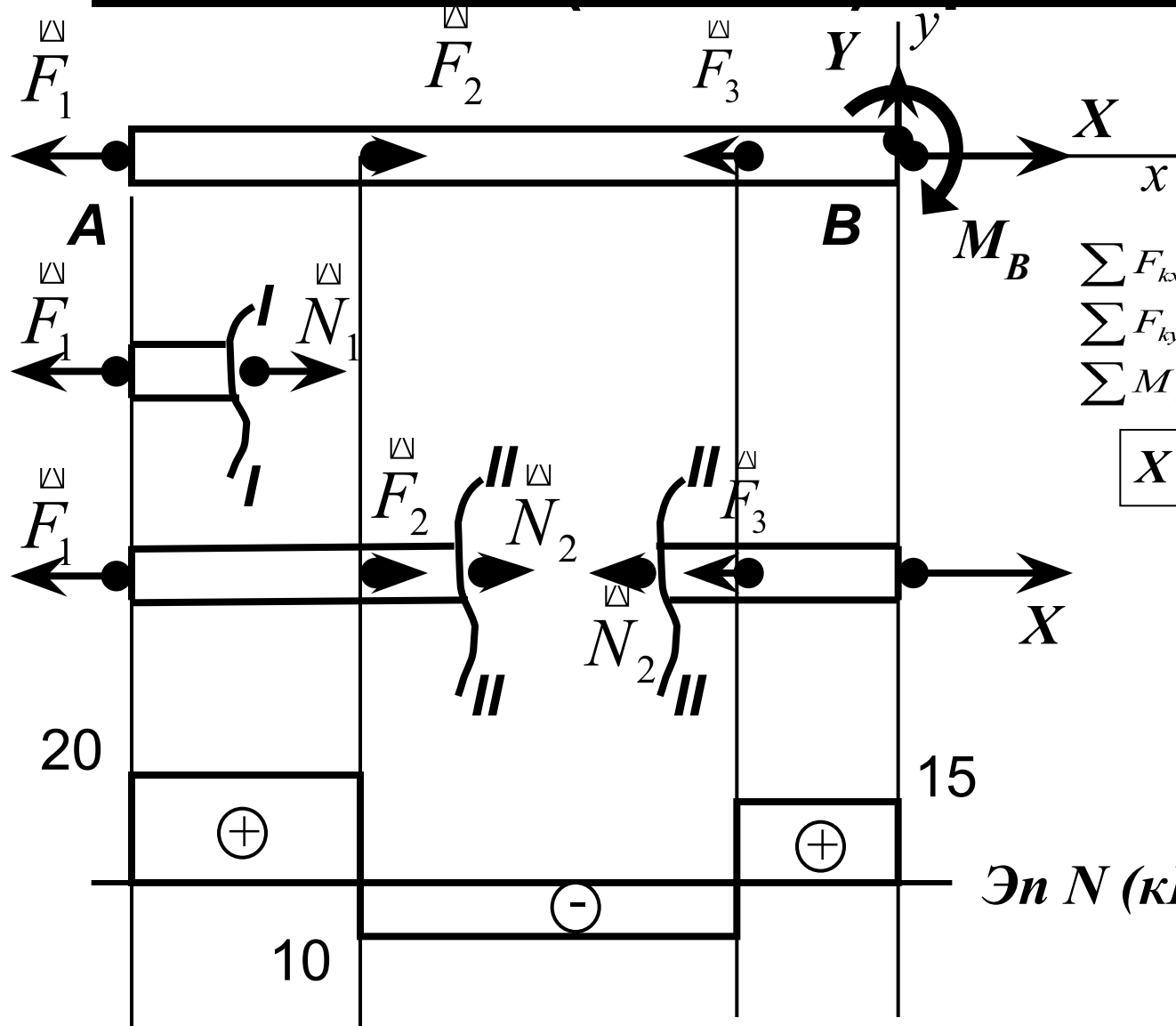
$\tau_{zx}, \tau_{yx}$  – касательные напряжения

# Растяжение (сжатие) прямых стержней

Деформацией растяжения (сжатия) прямого стержня называется такой случай сопротивления стержня, когда внутренние силы в его поперечном сечении сводятся (статически эквиваленты) к одной равнодействующей, направленной вдоль продольной оси стержня. Эта равнодействующая называется продольной силой.



# Растяжение (сжатие) прямых стержней



$$F_1 = 20 \text{ кН}$$

$$F_2 = 30 \text{ кН}$$

$$F_3 = 25 \text{ кН}$$

$$\sum F_{kx} = 0; -F_1 + F_2 - F_3 + X = 0;$$

$$\sum F_{ky} = 0; Y = 0;$$

$$\sum M_B = 0; M_B = 0;$$

$$X = F_1 - F_2 + F_3 = 15 \text{ кН}$$

20

10

15

Эп N (кН)

# Растяжение (сжатие) прямых стержней

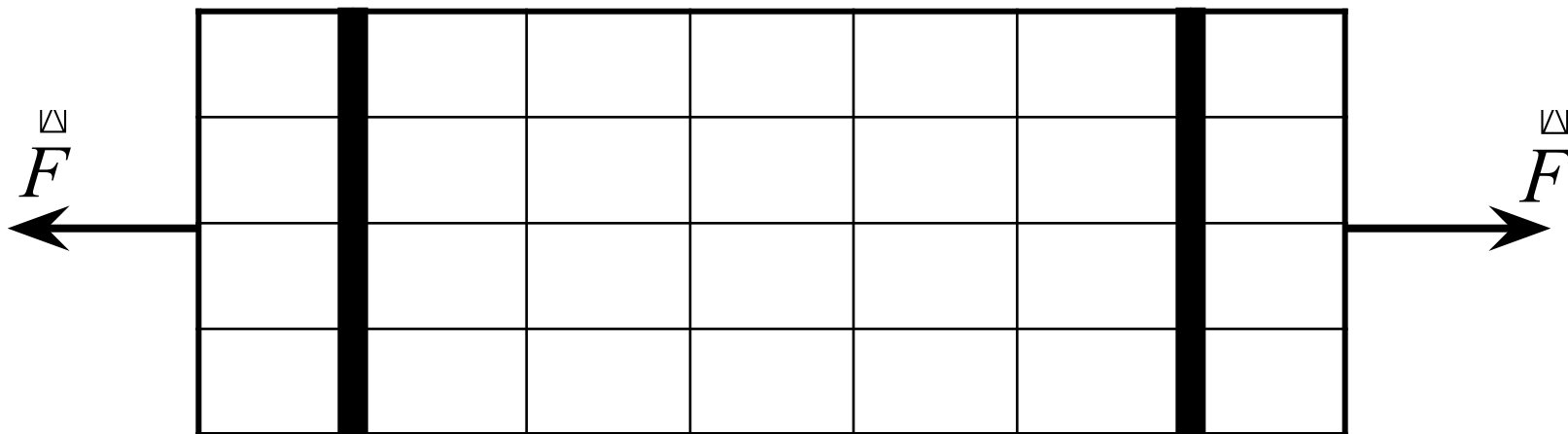
Важное правило знаков:

Продольная *растягивающая* сила направляется от сечения и считается положительной.

Правило:

Продольная сила равна сумме проекций всех внешних сил, взятых по одну сторону от сечения, на продольную ось стержня с учетом правила знаков.

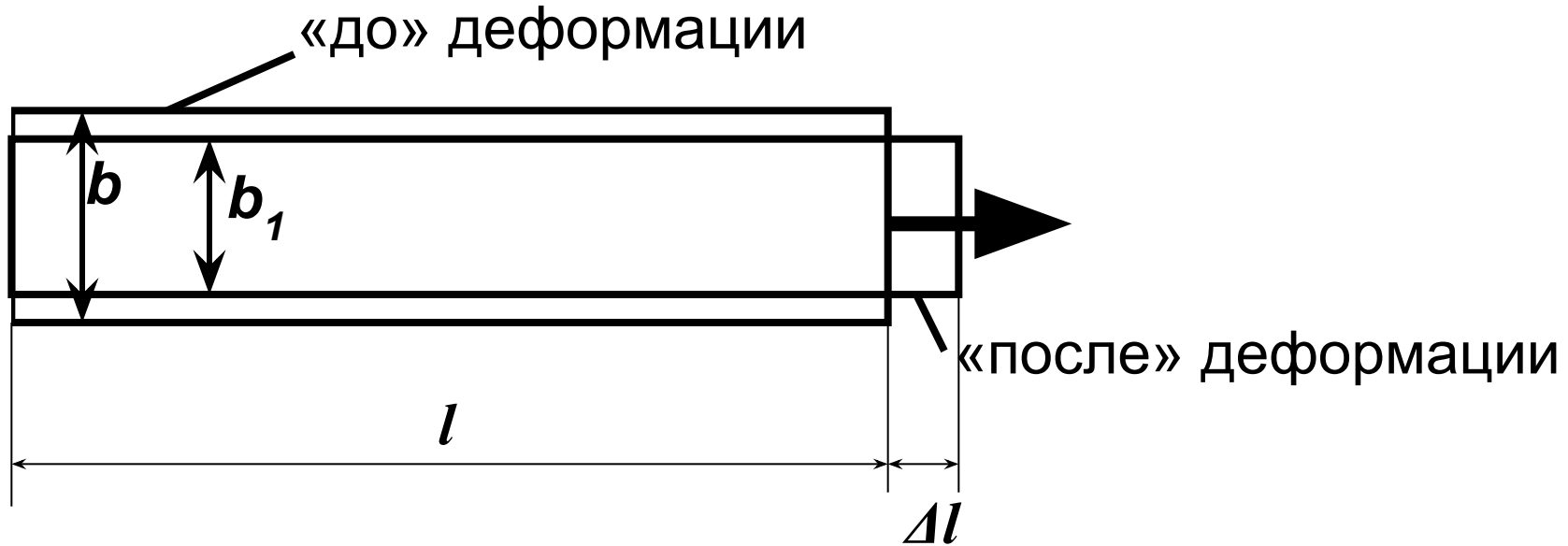
# Напряжения и деформации



Гипотеза Бернулли (гипотеза плоских сечений):

Поперечные сечения при деформации не искривляются, т.е. остаются плоскими □ при растяжении-сжатии все продольные волокна удлиняются на одну и ту же величину.

# Напряжения и деформации



$\Delta l$  - удлинение стержня,  $\Delta b = b_1 - b$  - сужение стержня

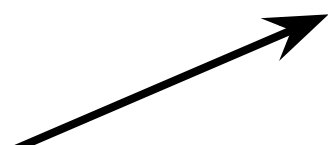
Введем относительные деформации:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \text{ - продольная деформация}$$

$$\varepsilon^* = \frac{\Delta b}{b} \text{ - поперечная деформация}$$

# Напряжения и деформации

Пуассон заметил:  $\nu = \left| \frac{\varepsilon^*}{\varepsilon} \right|$  - Const для каждого материала



Коэффициент Пуассона – отношение относительной поперечной деформации к относительной продольной деформации при растяжении или сжатии стержня

Для изотропных материалов:  $0 \leq \nu \leq 0.5$

Сталь:  $\nu \sim 0.25 \dots 0.3$

Медь:  $\nu \sim 0.4$

Бетон:  $\nu \sim 0.15$

Резина:  $\nu \sim 0.5$

# Напряжения и деформации

В 1676 году Роберт Гук экспериментально установил

$$\sigma_x = E\varepsilon$$

$E$  – модуль продольной упругости ( $[E] = \text{МПа}$ )

Сталь:  $E \sim 2 \cdot 10^5$  МПа

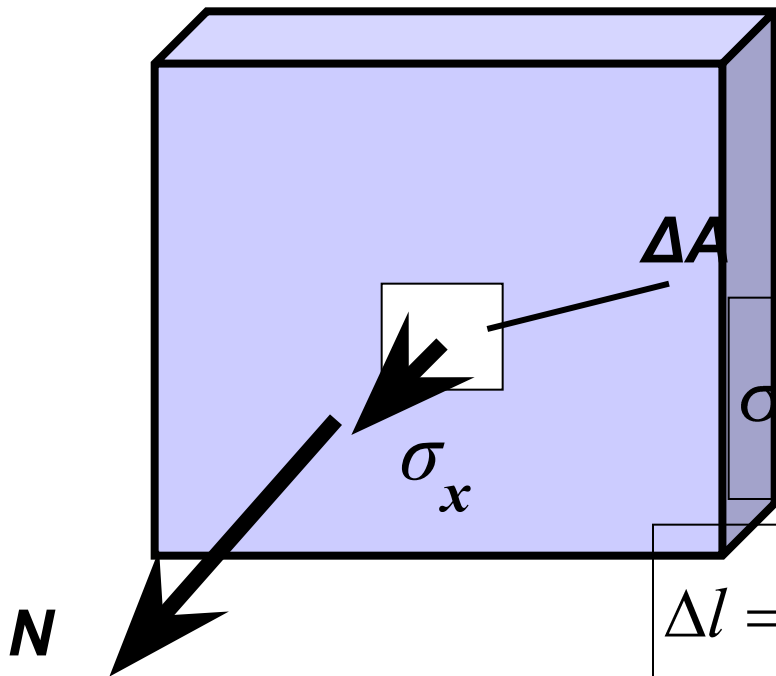
Медь:  $E \sim 1 \cdot 10^5$  МПа

Бетон:  $E \sim 10^4 \dots 10^5$  МПа

Алюминий:  $E \sim 7 \cdot 10^4$   
МПа

# Напряжения и деформации

В поперечном сечении стержня:



$$N = \sum \sigma_x \cdot \Delta A$$

$$N = \int_A \sigma_x dA = |m.k. \sigma_x = const| = \sigma_x A$$

$$\sigma_x = \frac{N}{A}$$

нормальное напряжение в поперечном сечении стержня

$$\Delta l = \frac{Nl}{EA}$$

закон Гука для удлинения

жесткость стержня при растяжении

# Напряжения и деформации

Условие прочности при растяжении:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq R \quad \text{или} \quad [\sigma]$$

$R$  – расчетное сопротивление

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение