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:

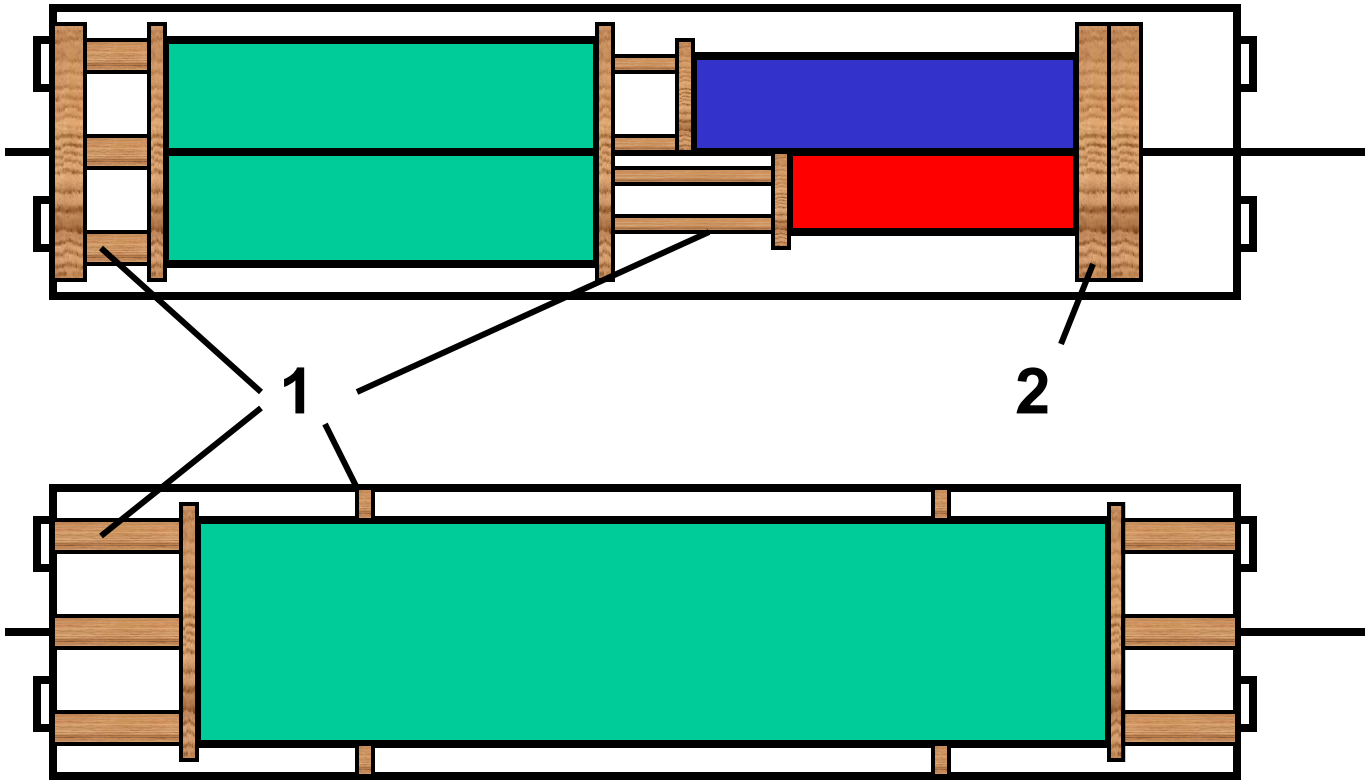
- **Основные требования, предъявляемые к … материалам, изделиям;**
- **Методы проведения технических расчетов…;**
- **Методы исследований, проектирования и проведения экспериментальных работ.**

Сопротивление материалов:

основные понятия; метод сечений; центральное растяжение-сжатие; сдвиг; геометрические характеристики сечений; прямой поперечный изгиб; кручение; косой 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

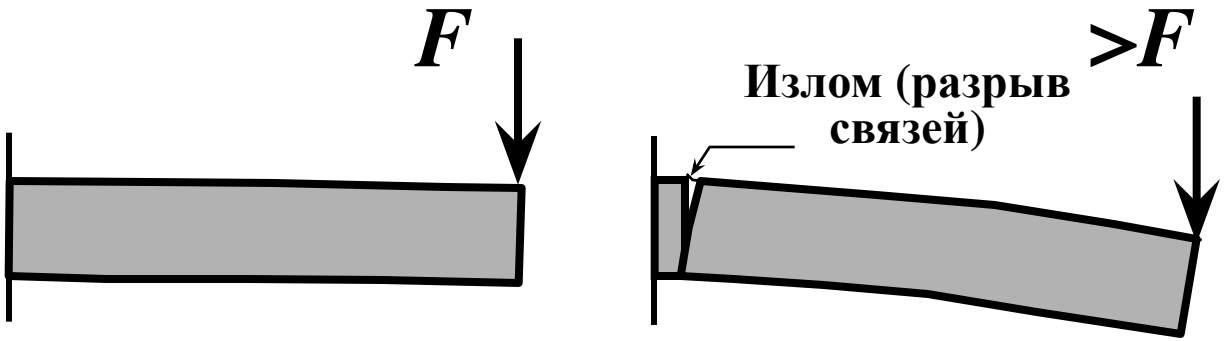
Литература

1. Ахметзянов М.Х., Лазарев И.Б. Сопротивление материалов. СГУПС, 1997.

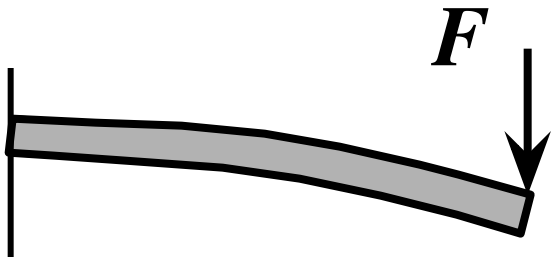
2. Задания по сопротивлению материалов. Часть I. СГУПС, 1991.

Основные задачи СМ

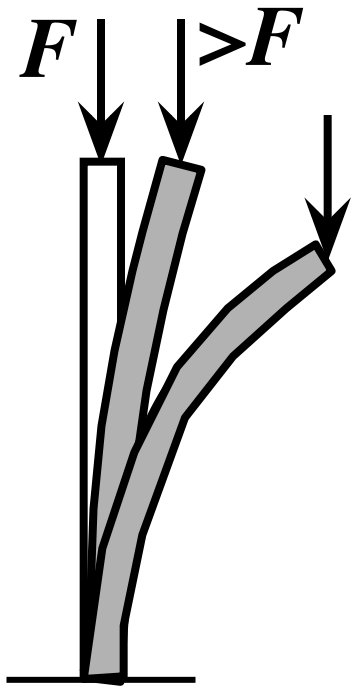
1. Прочность



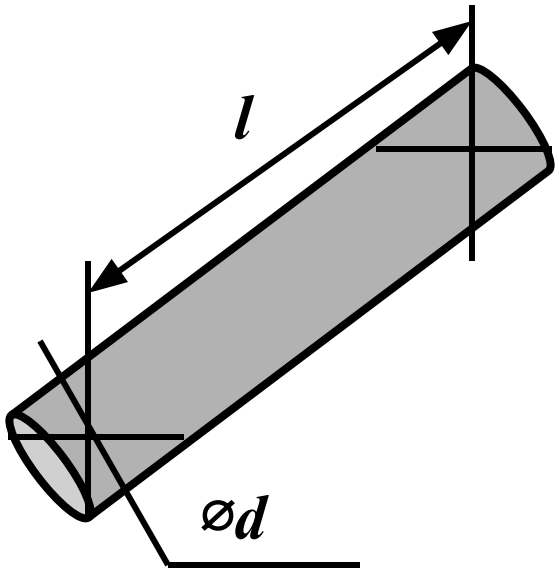
2. Жесткость

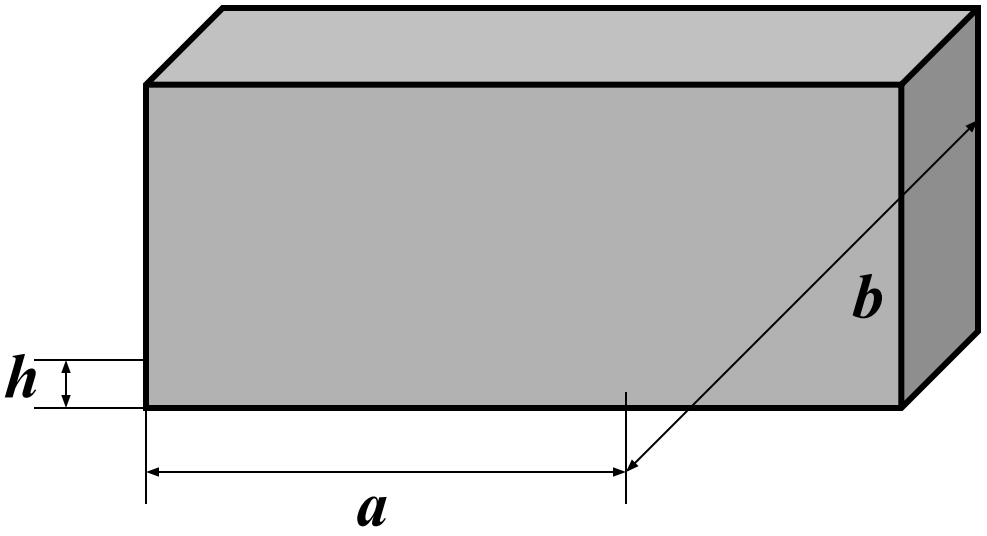


3. Устойчивость



Типы элементов конструкций

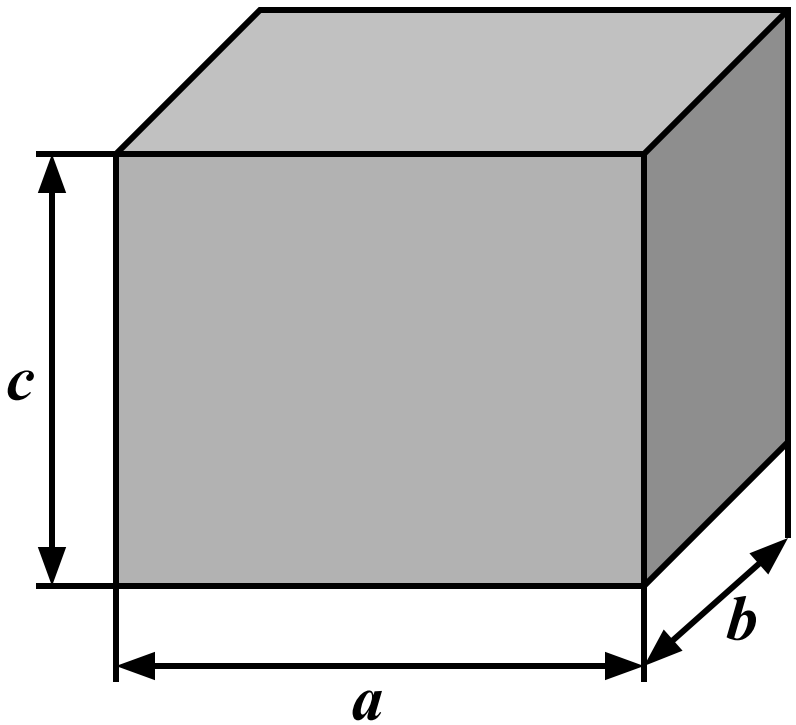




брус или стержень $l >> d$

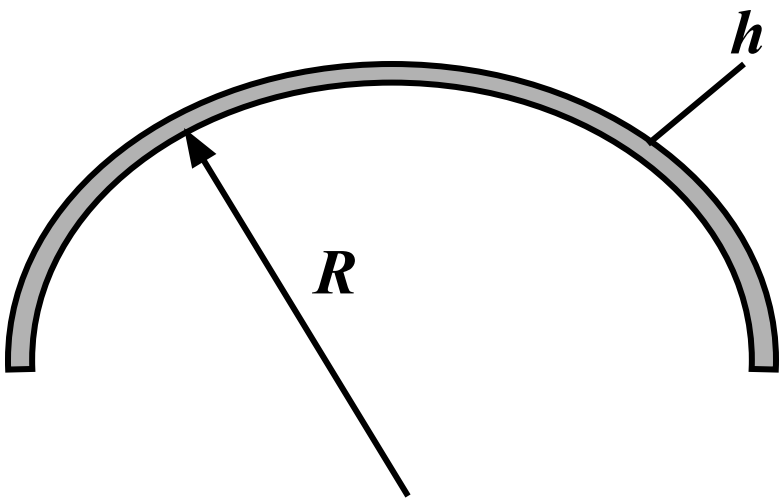
пластинки $h<a$, $h<b$

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.**

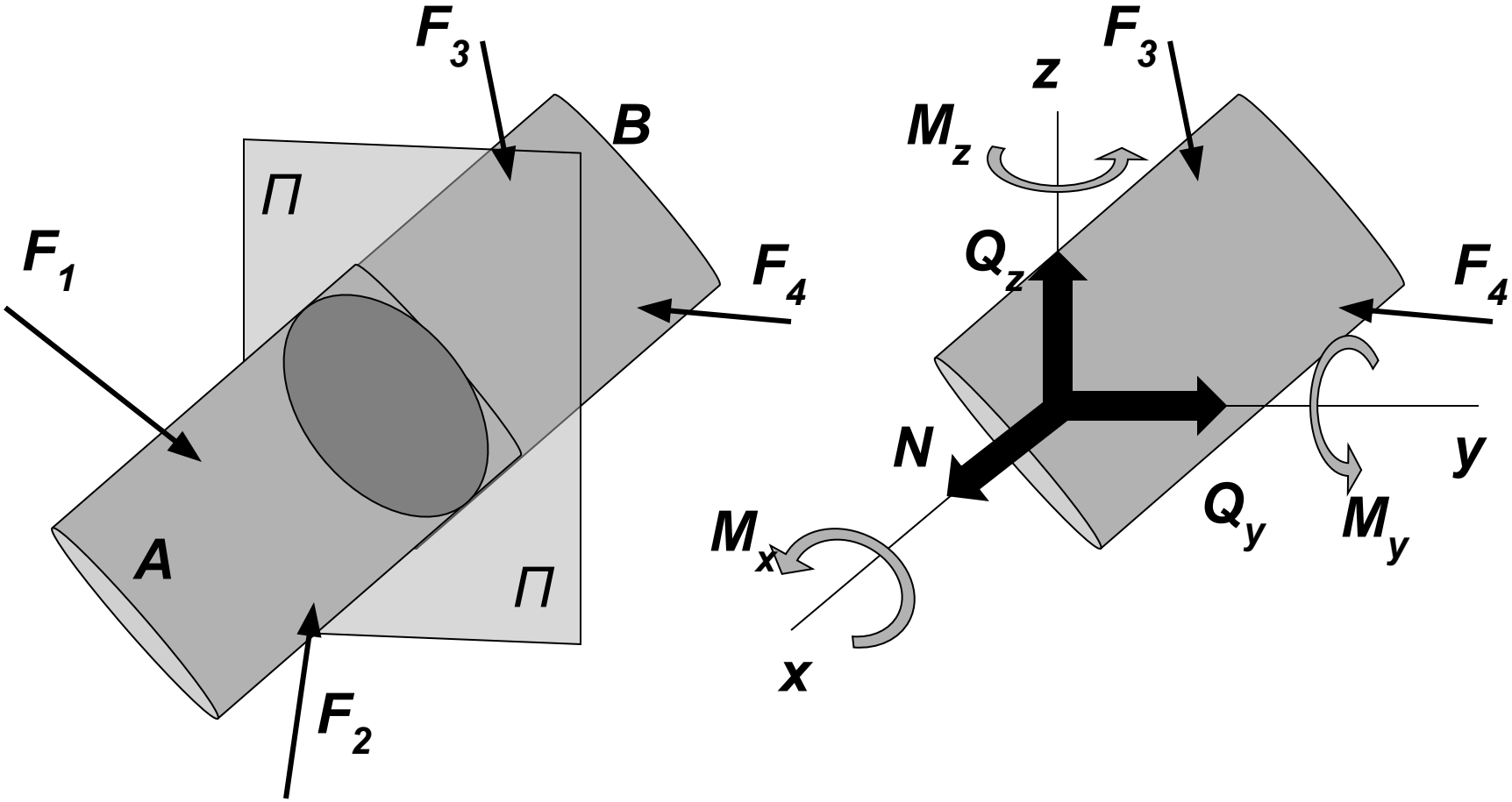
Упругость **– способность материала восстанавливать начальную форму и размеры после снятия нагрузки.**

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

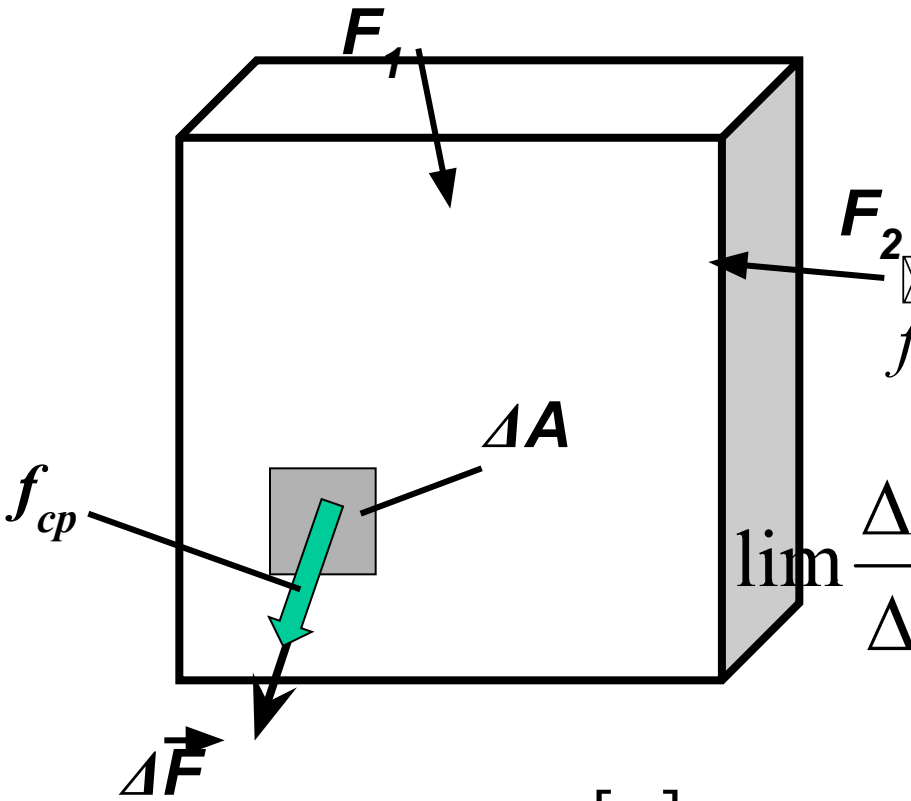
Классификация сил

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

Метод сечений



Метод сечений



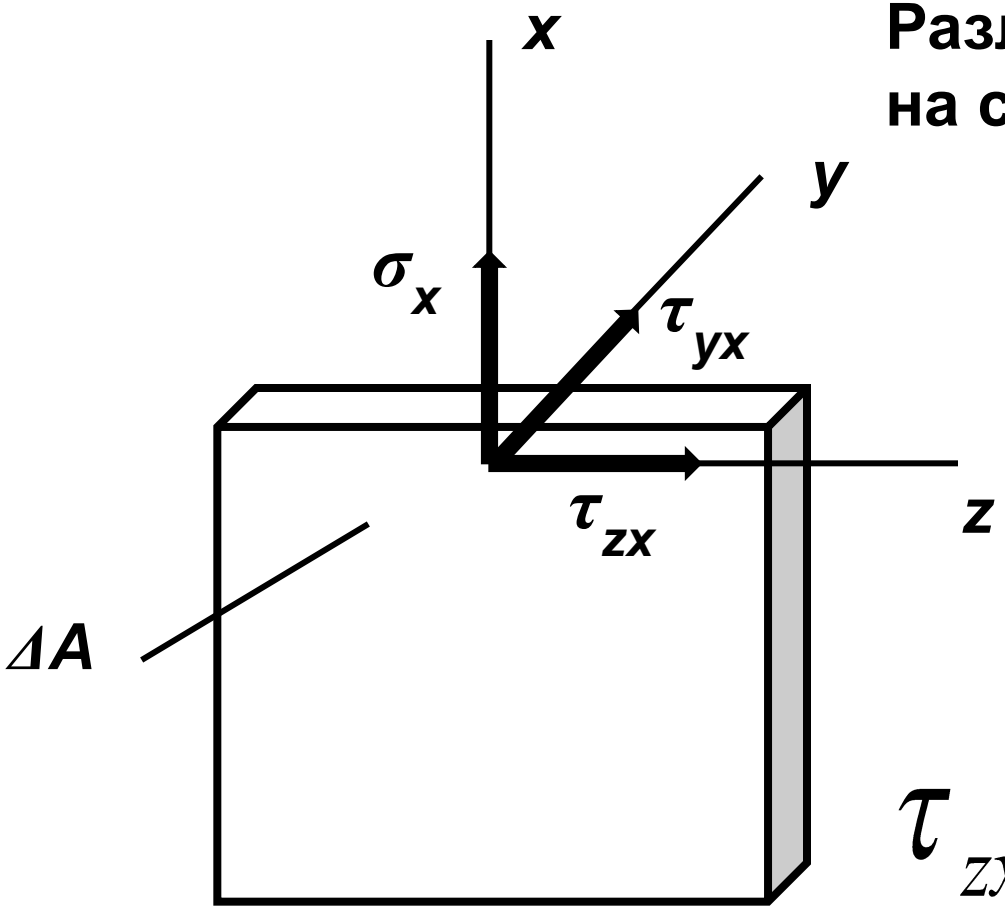
ΔA – элементарная площадь

$$f_{ср} = \frac{\Delta \vec{F}}{\Delta A}$$ ***– среднее напряжение***

$$\lim \frac{\Delta \vec{F}}{\Delta A} = \vec{f}$$ ***– полное напряжение на элем. площадке***

$$[f] = \frac{[F]}{[L^2]} = \frac{Н}{м^2}; \qquad 1\frac{Н}{м^2} = 1Па;$$

Метод сечений



Разложим полное напряжение на составляющие:

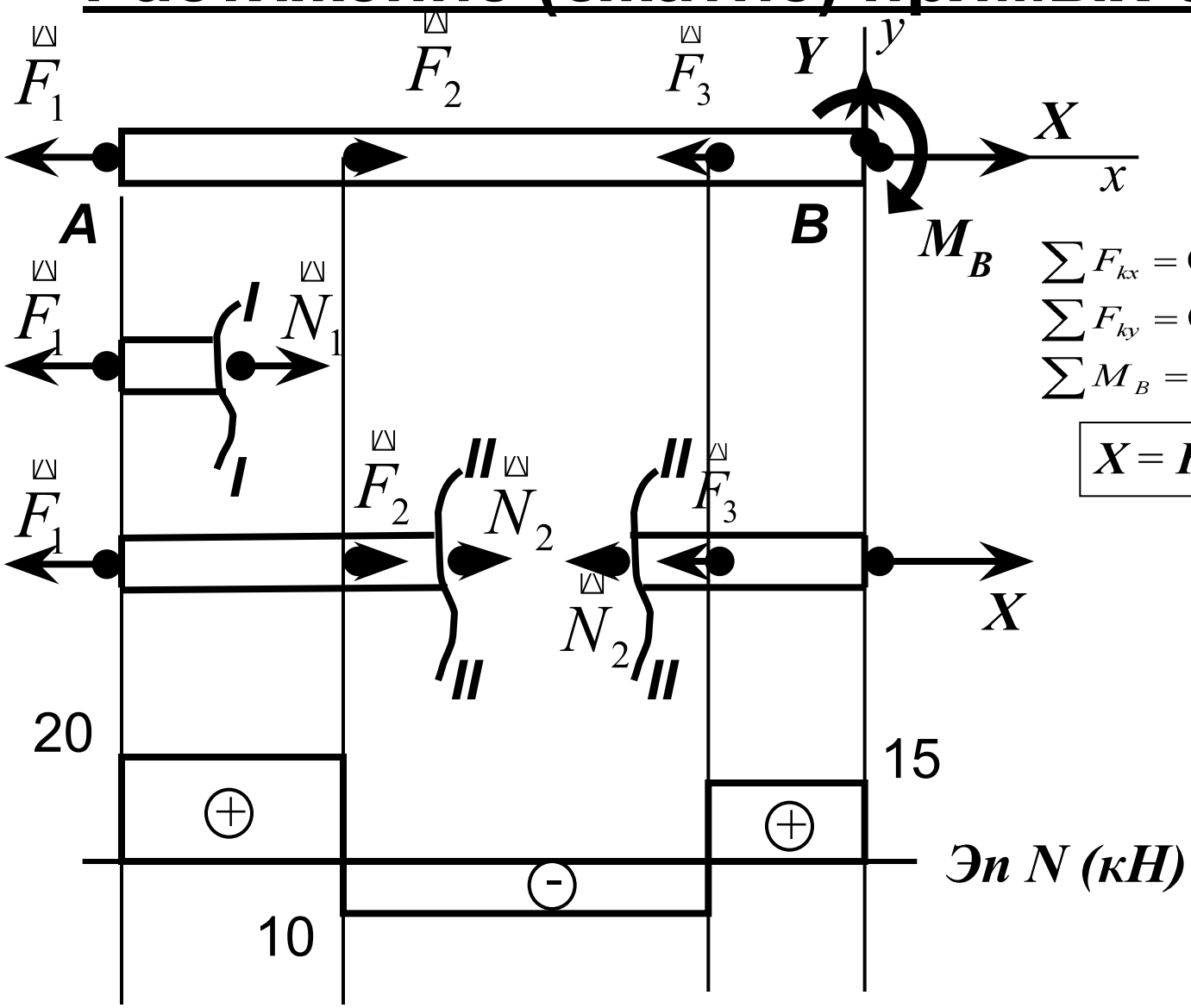
σ_x – ***нормальное напряжение***

τ_{zx}, τ_{yx} – ***касательные напряжение***

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



$F_1 = 20$ кН

$F_2 = 30$ кН

$F_3 = 25$ кН

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

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

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

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

Растяжение (сжатие) прямых стержней

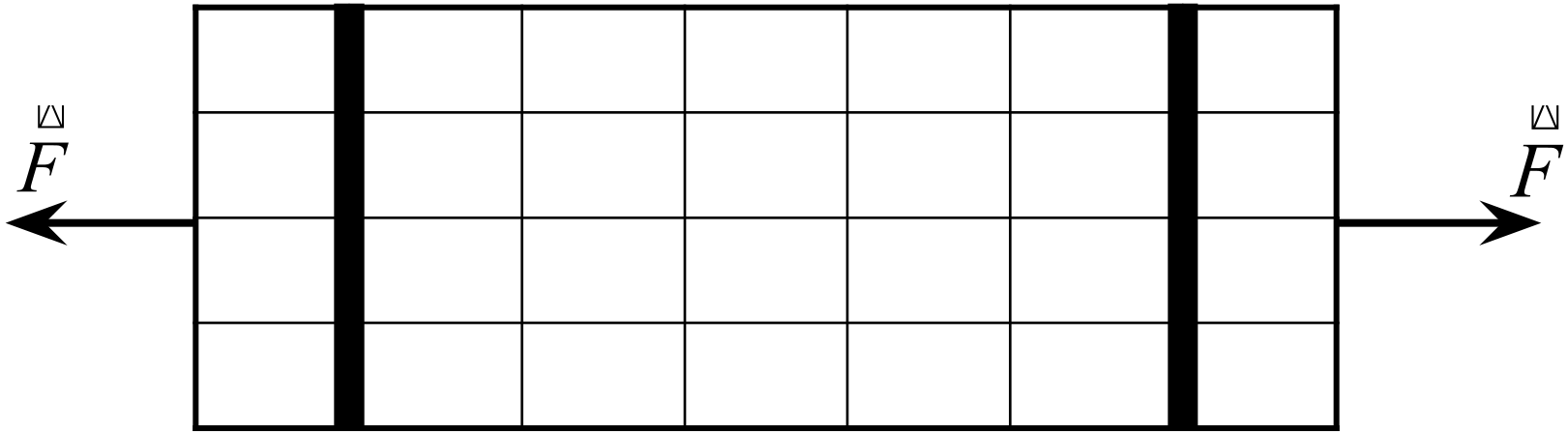
Важное правило знаков:

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.

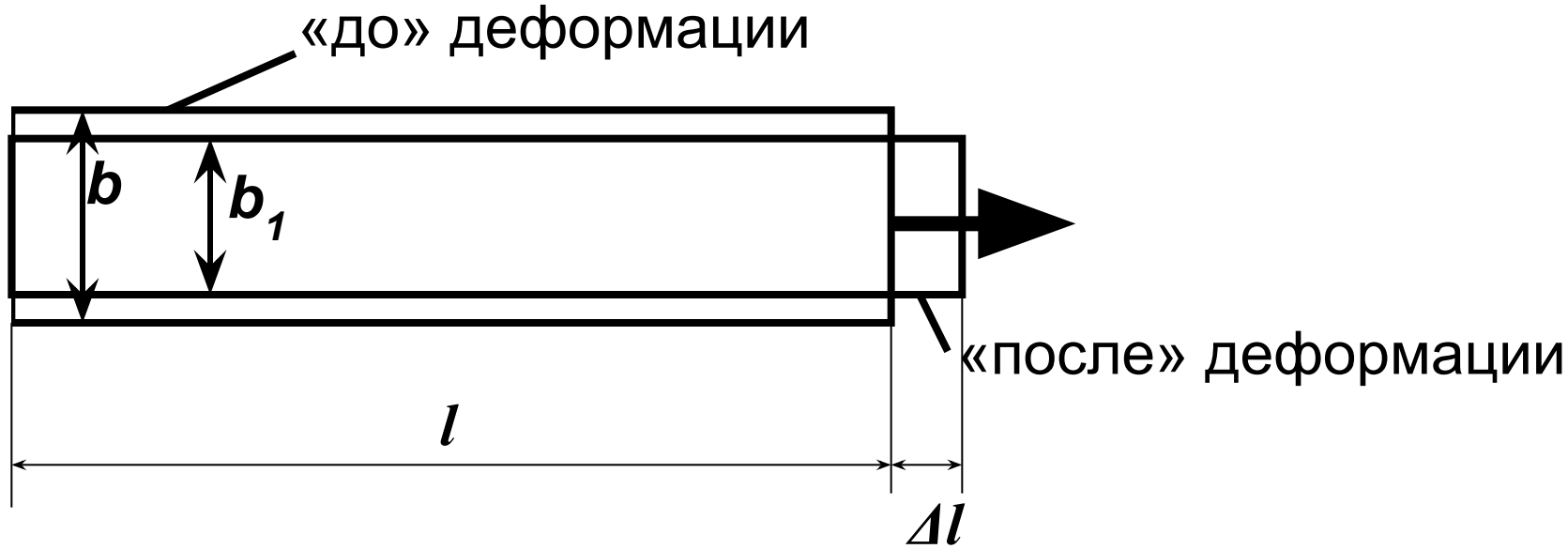
Напряжения и деформации



Гипотеза Бернулли (гипотеза плоских сечений):

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

Напряжения и деформации



Δl - удлинение стержня, $\Delta b = b_1 - b$ – сужение стержня

Ведем относительные деформации:

$\varepsilon = \dfrac{\Delta l}{l}$ - продольная деформация

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

Напряжения и деформации

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

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

Для изотропных материалов: $0 \le \upsilon \le 0.5$

Сталь: ν ~ 0.25 …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

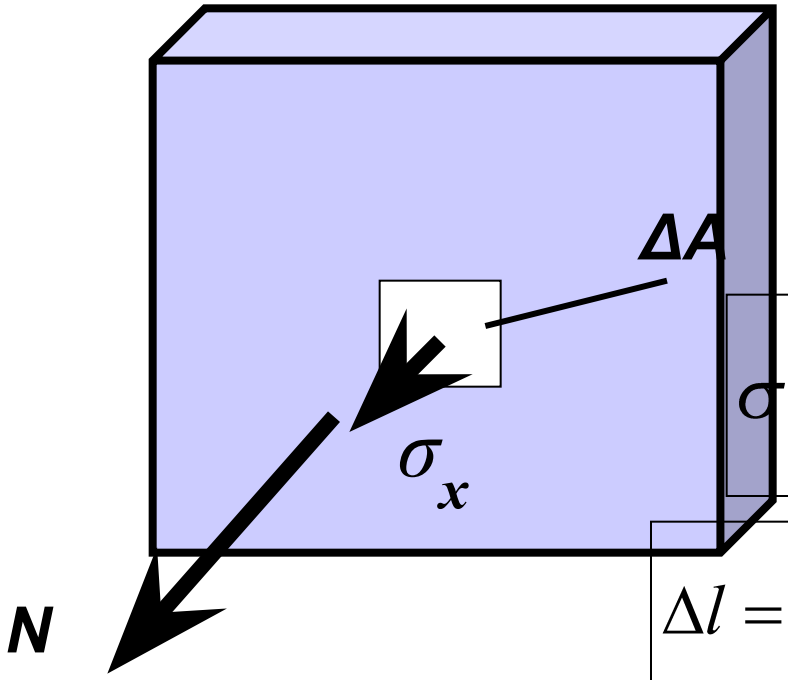
$$\sigma_x = E\varepsilon$$

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

Сталь: $\boldsymbol{E}$ ~ $2 \cdot 10^5$ МПа
Медь: $\boldsymbol{E} \sim 1 \cdot 10^5$ МПа
Бетон: $\boldsymbol{E} \sim 10^4 \ldots 10^5$ МПа
Алюминий: $\boldsymbol{E} \sim 7 \cdot 10^4$ МПа

Напряжения и деформации

В поперечном сечении стержня:



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

$$N = \int_A \sigma_x dA = \left| т.к. \sigma_x = const \right| = \sigma_x A$$

$$\boxed{\sigma_x = \frac{N}{A}}$$ нормальное напряжение в поперечном сечении стержня

$$\boxed{\Delta l = \frac{Nl}{EA}}$$ закон Гука для удлинения

жесткость стержня при растяжении

Напряжения и деформации

Условие прочности при растяжении:

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

$\boldsymbol{R}$ – расчетное сопротивление

$[\boldsymbol{\sigma}]$ – допускаемое напряжение