

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**:

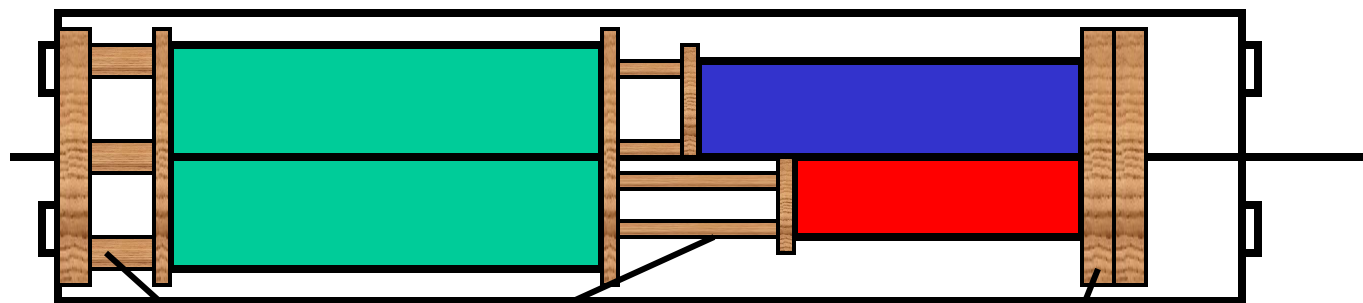
- Основные требования, предъявляемые к ... материалам, изделиям;
- Методы проведения технических расчетов...;
- Методы исследований, проектирования и проведения экспериментальных работ.

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 брусьев

платформа



вагон,
полувагон



1- распорный брусок, 2 – упорный брусок

Размещение груза на двух подкладках на платформе

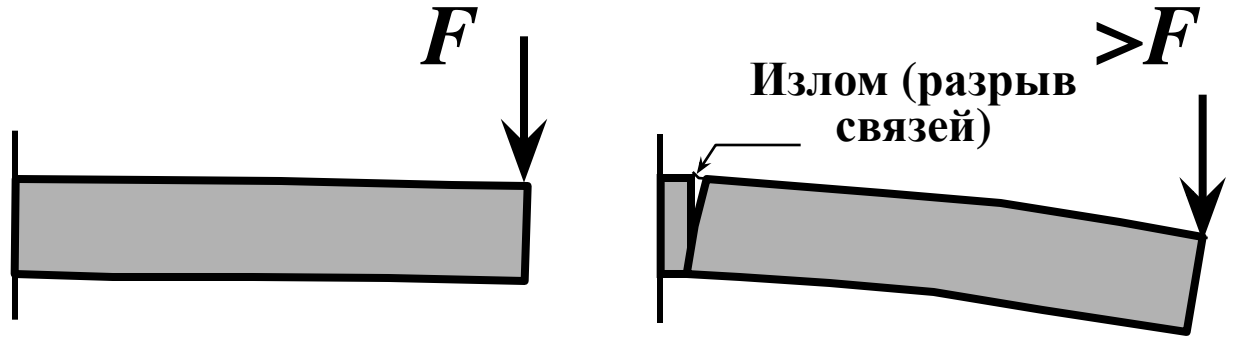


Литература

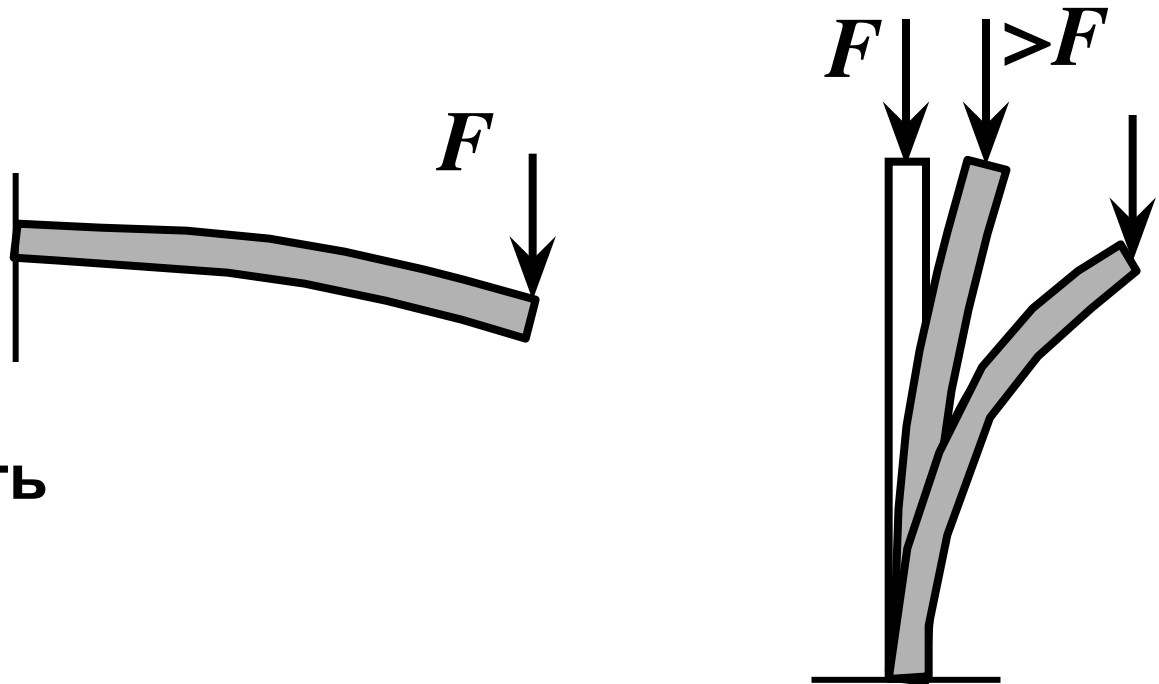
- 1. Ахметзянов М.Х., Лазарев И.Б. Сопротивление материалов. СГУПС, 1997.**
- 2. Задания по сопротивлению материалов. Часть I. СГУПС, 1991.**

Основные задачи СМ

1. Прочность

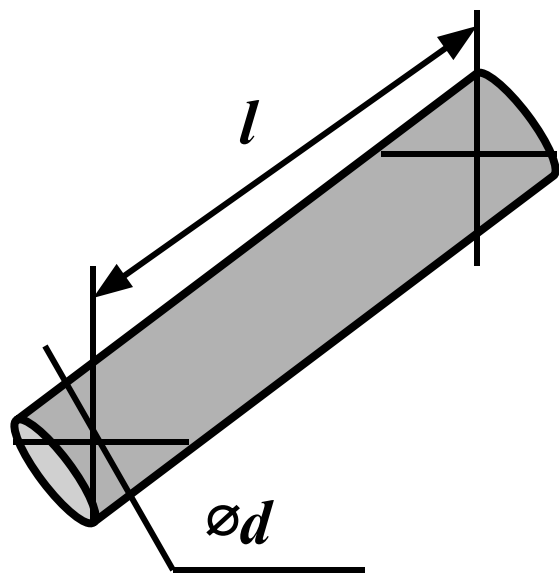


2. Жесткость

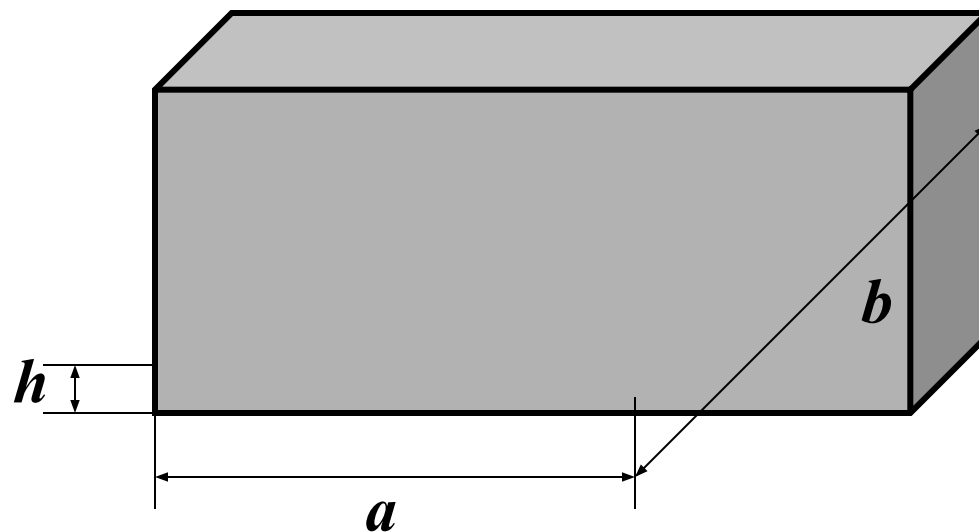


3. Устойчивость

Типы элементов конструкций

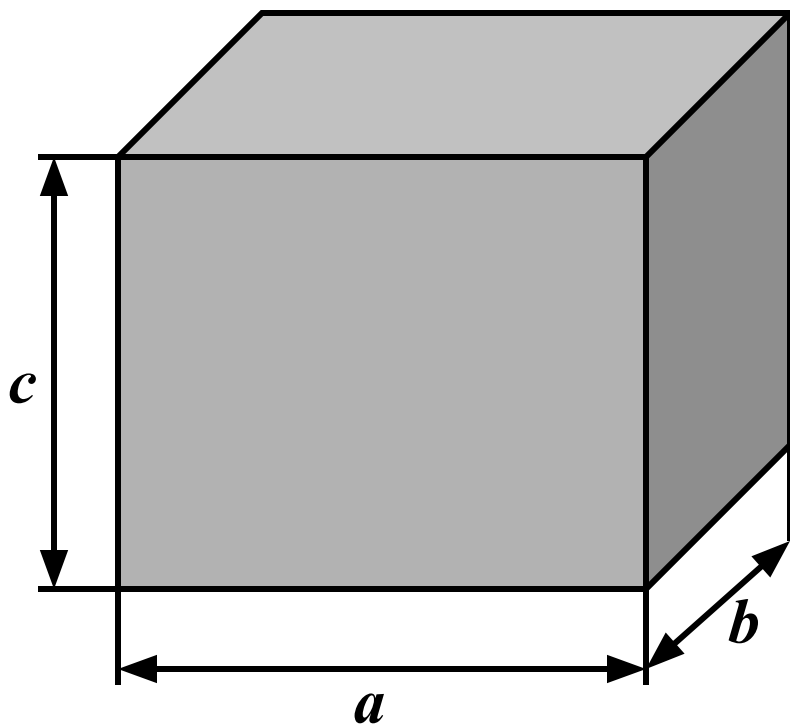


брус или стержень $l \gg d$

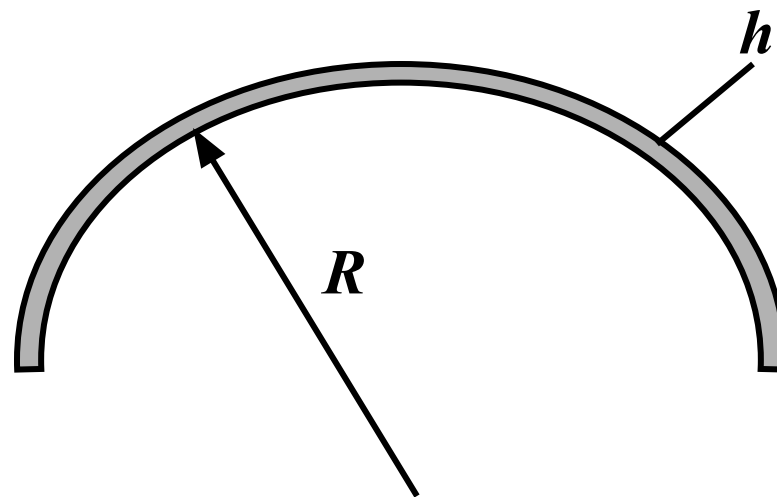


пластинки $h < a, h < b$

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.

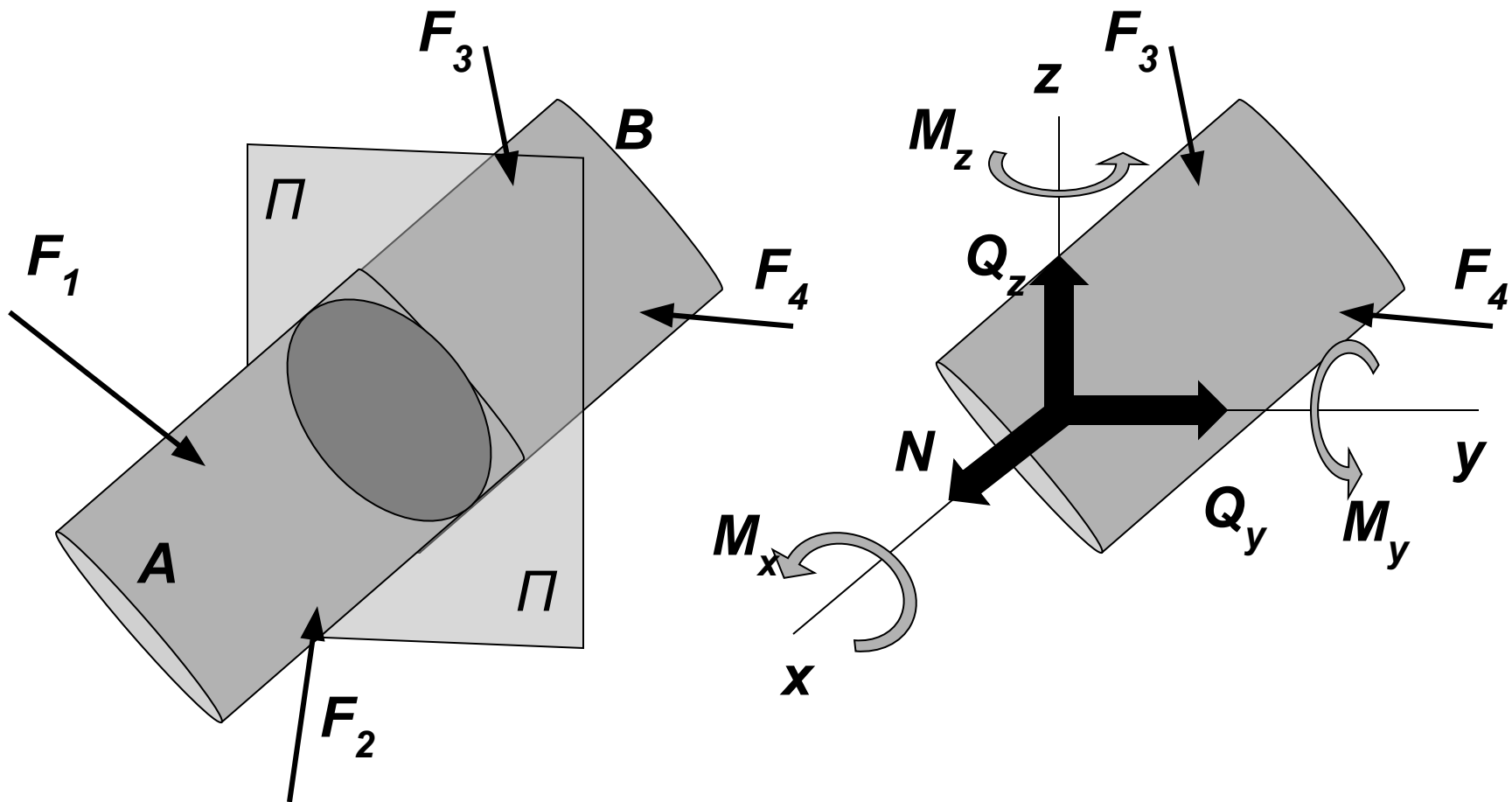
Упругость – способность материала восстанавливать начальную форму и размеры после снятия нагрузки.

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

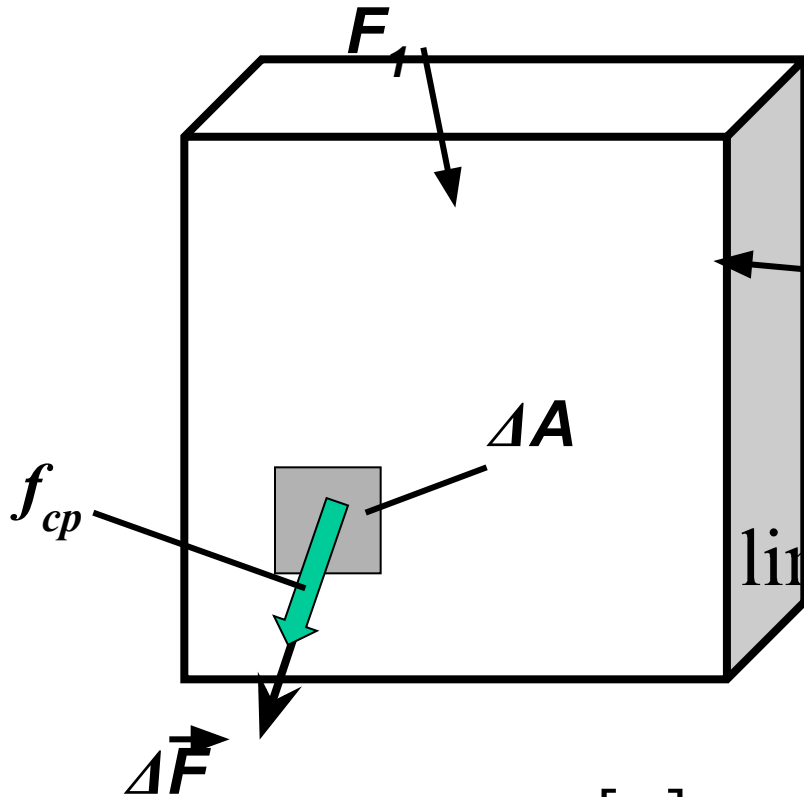
Классификация сил

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

Метод сечений



Метод сечений



ΔA – элементарная
площадь

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

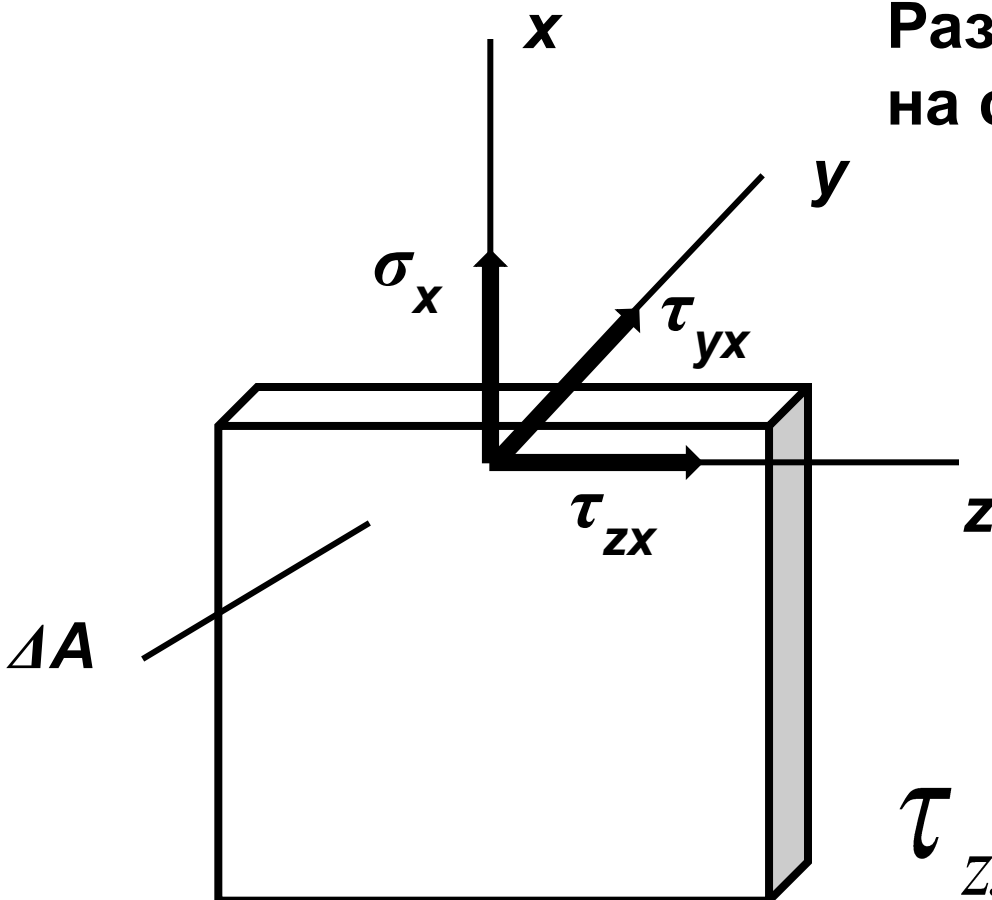
$$\lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{F}}{\Delta A} = f \quad \text{– полное напряжение на элем. площадке}$$

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

$$1 \frac{H}{m^2} = 1 Па;$$

Метод сечений

Разложим полное напряжение на составляющие:



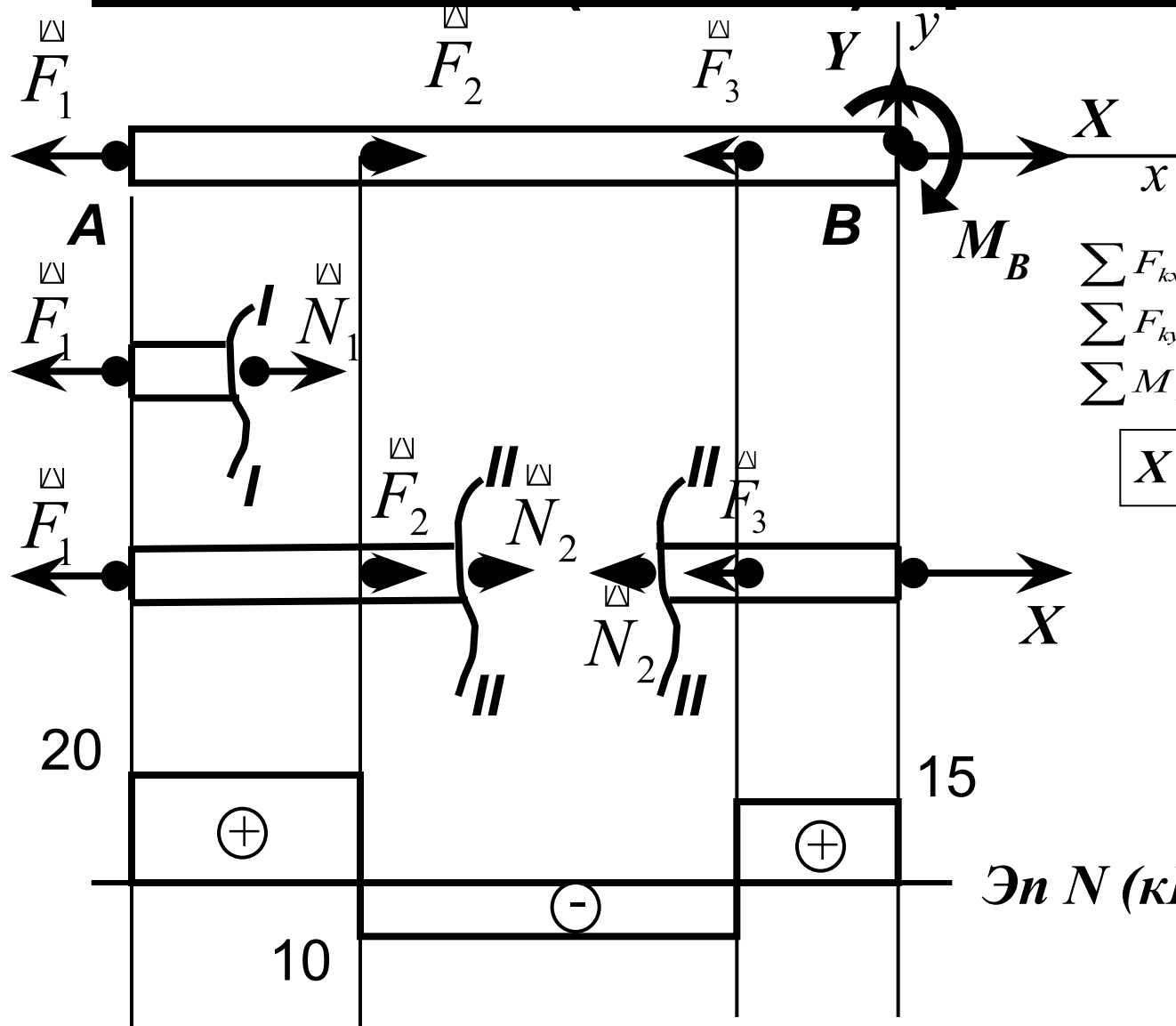
σ_x – нормальное напряжение

τ_{zx}, τ_{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



$$F_1 = 20 \text{ кН}$$

$$F_2 = 30 \text{ кН}$$

$$F_3 = 25 \text{ кН}$$

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

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

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

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

Эп \$N\$ (кН)

Растяжение (сжатие) прямых стержней

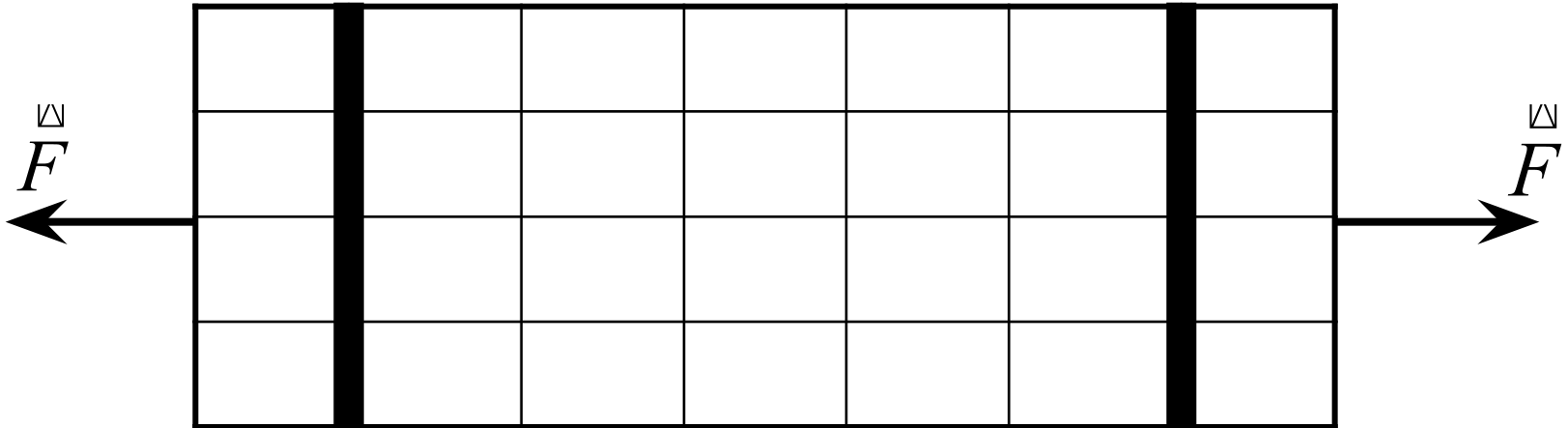
Важное правило знаков:

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.

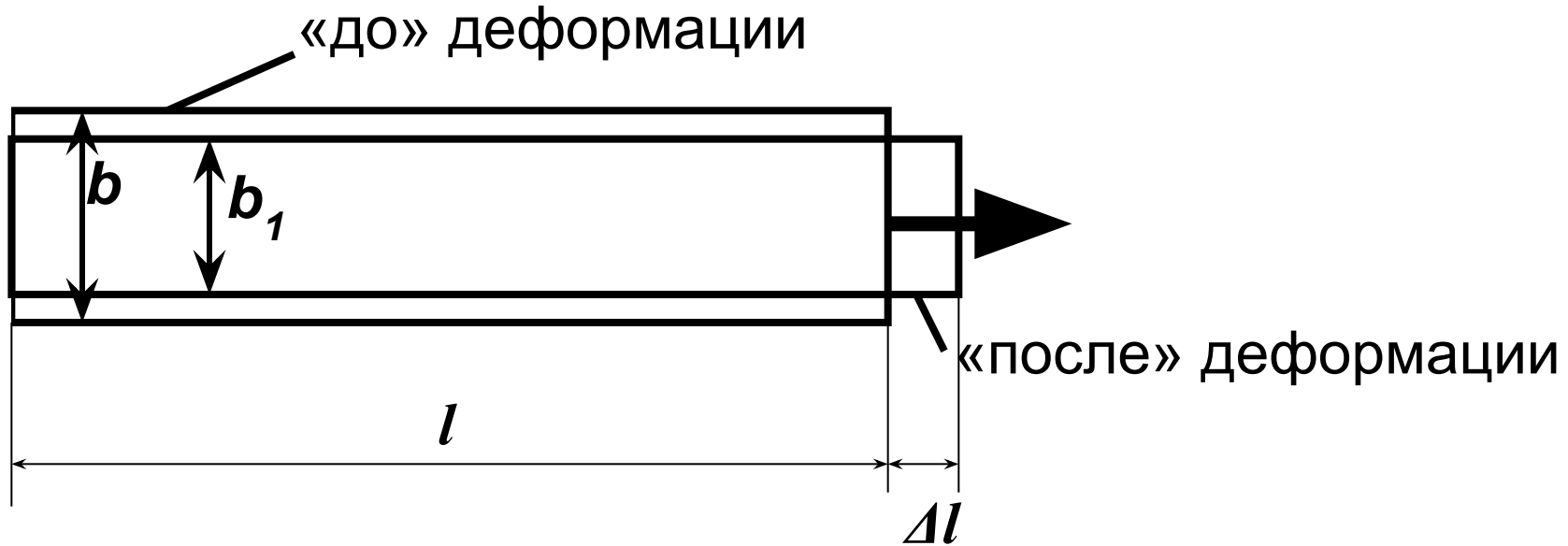
Напряжения и деформации



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



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

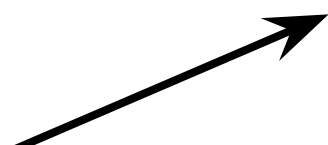
Введем относительные деформации:

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

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

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

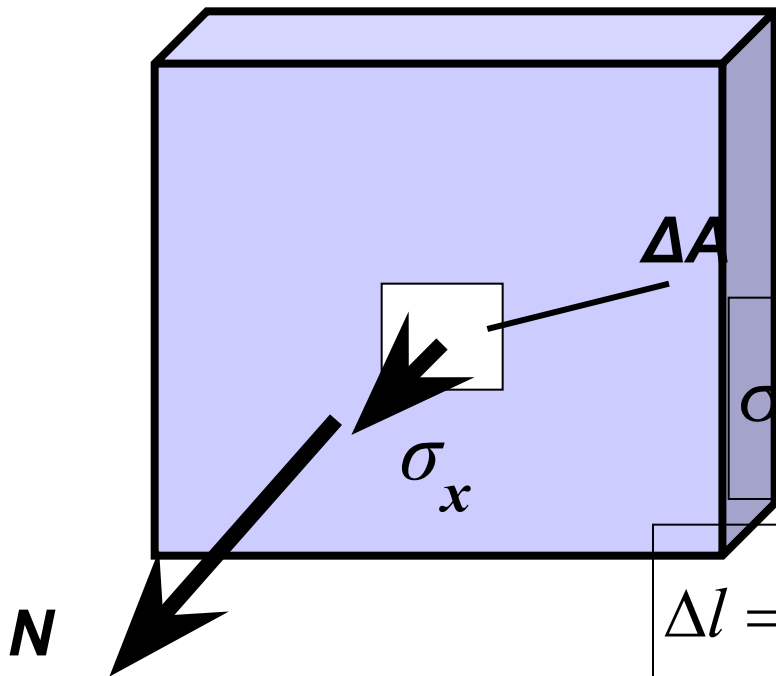
Медь: $E \sim 1 \cdot 10^5$ МПа

Бетон: $E \sim 10^4 \dots 10^5$ МПа

Алюминий: $E \sim 7 \cdot 10^4$
МПа

Напряжения и деформации

В поперечном сечении стержня:



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

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

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

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