

Растяжение и сжатие

$$\sigma = \frac{N}{F} \quad N = \sigma \cdot F$$

σ — нормальное напряжение [Па], 1 Па (паскаль) = 1 Н/м²,
10⁶ Па = 1 МПа (мегапаскаль) = 1 Н/мм²

N — продольная (нормальная) сила [Н] (ньютон); F — площадь сечения [м²]

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

ε — относительная деформация [безразмерная величина];

ΔL — продольная деформация [м] (абсолютное удлинение), L — длина стержня [м].

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \text{ — закон Гука — } \sigma = E \cdot \varepsilon$$

E — модуль упругости при растяжении (модуль упругости 1-го рода или модуль Юнга) [МПа]. Для стали $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$ (в "старой" системе единиц).
(чем больше E , тем менее растяжимый материал)

$$\varepsilon = \frac{N}{EF}; \quad \Delta L = \frac{N \cdot L}{E \cdot F} \text{ — закон Гука}$$

EF — жесткость стержня при растяжении (сжатии).

При растяжении стержня он "утоњшается", его ширина — a уменьшается на поперечную деформацию — Δa .

$$\varepsilon' = \frac{\Delta a}{a} \text{ — относительная поперечная деформация.}$$

$$\mu = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \text{ — коэффициент Пуассона [безразмерная величина];}$$

μ лежит в пределах от 0 (пробка) до 0,5 (каучук); для стали $\mu \approx 0,25 \div 0,3$.

Если продольная сила и поперечное сечение не постоянны, то удлинение стержня:

$$\Delta L = \int_0^L \frac{N(z)}{E \cdot F(z)} dz$$

Работа при растяжении: $A = \frac{P \cdot \Delta L}{2}$, потенциальная энергия: $U = A = \frac{P^2 L}{2 \cdot E \cdot F}$

Учет собственного веса стержня

Продольная сила $N(z) = P + \gamma \cdot F \cdot L$;

P — сила, действующая на стержень, γ — удельный вес, F — площадь сечения.

Максимальное напряжение: $\sigma_{\max} = \frac{P}{F} + \gamma \cdot L$. Деформация: $\Delta L = \frac{P \cdot L}{E \cdot F} + \frac{\gamma \cdot L^2}{2 \cdot E}$

Условие прочности при растяжении (сжатии) $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$,

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение на растяжение (сжатие).

У чугуна $[\sigma_{\text{раст}}] \neq [\sigma_{\text{сж}}]$, у стали и др. пластичных материалов $[\sigma_{\text{раст}}] = [\sigma_{\text{сж}}]$.

Основные механические характеристики материалов

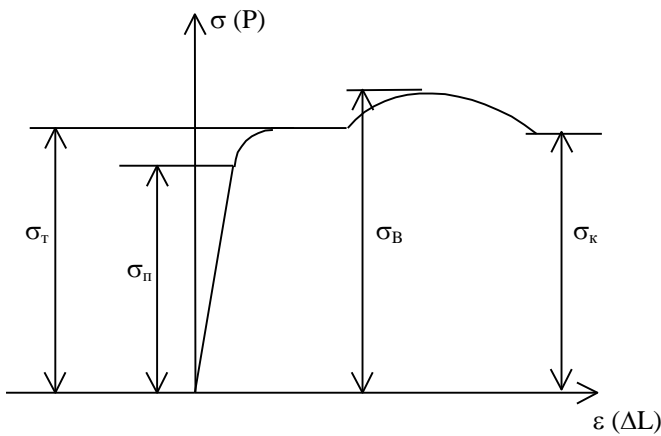


диаграмма напряжений (растяжения)
для пластичных материалов
(например, малоуглеродистая сталь)

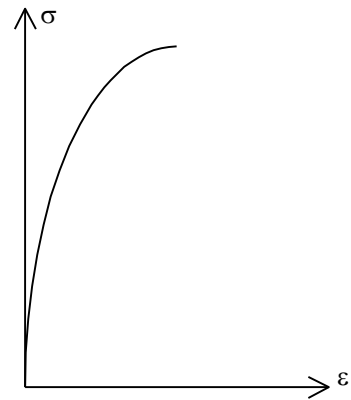


диаграмма напряжений для хрупких
материалов (например, чугун)

$\sigma_{\text{П}}$ — предел пропорциональности, σ_{T} — предел текучести, σ_{B} — предел прочности или временное сопротивление, σ_{K} — напряжение в момент разрыва.

Хрупкие материалы, напр., чугун разрушаются при незначительных удлинениях и не имеют площадки текучести, лучше сопротивляются сжатию, чем растяжению.

Допускаемое напряжение $[\sigma] = \frac{\sigma_0}{n}$, σ_0 — опасное напряжение, n — коэф. запаса прочности. Для пластичных материалов $\sigma_0 = \sigma_{\text{T}}$ и $n = 1,5$, хрупких $\sigma_0 = \sigma_{\text{B}}$, $n = 3$.

Линейное напряженное состояние
напряжения по наклонной площадке:

$$\text{полное: } p_{\alpha} = \frac{P}{F_{\alpha}} = \frac{P}{F} \cos \alpha = \sigma \cdot \cos \alpha$$

$$\text{нормальное: } \sigma_{\alpha} = \sigma \cdot \cos^2 \alpha, \text{ касательное: } \tau_{\alpha} = \frac{\sigma}{2} \cdot \sin 2\alpha$$

F_{α} — площадь наклонной площадки.

Нормальные напряжения σ_{α} положительны, если они растягивающие; касательные напряжения τ_{α} положительны, если они стремятся повернуть рассматриваемый элемент (нижняя часть) по часовой стрелке (на рис. все положительно). Наибольшие нормальные напряжения возникают по площадкам перпендикулярным к оси стержня ($\alpha=0$, $\cos \alpha=1$, $\max \sigma_{\alpha} = \sigma$)

На перпендикулярных площадках: $\beta = -(90 - \alpha)$

$$\sigma_{\beta} = \sigma \cdot \sin^2 \alpha; \quad \tau_{\beta} = -\frac{\sigma}{2} \cdot \sin 2\alpha, \text{ т.е. } \tau_{\beta} = -\tau_{\alpha}.$$

Наибольшие касательные напряжения действуют по площадкам, составляющим угол 45° к оси стержня ($\alpha=45^\circ$, $\sin 2\alpha=1$, $\max \tau_{\alpha} = \sigma/2$)

