

Расчеты на прочность

Различают два вида расчетов: проектный (проектировочный) и проверочный (поверочный).

Проектирование детали можно вести в следующей последовательности:

1. Составляют расчетную схему в упрощенном виде;
2. Определяют нагрузки, действующие на деталь в процессе ее функционирования;
3. Выбирают материал и назначают допускаемые напряжения;

Расчеты на прочность

4. Из условий прочности, жесткости, долговечности определяют размеры детали и характер ее сопряжения с другими;
5. Выполняют рабочий чертеж детали с указанием всех сведений, необходимых для ее изготовления;

При проверочном расчете по известным нагрузкам и известным размерам детали определяют уровень напряжений, которые сравнивают с допускаемыми.

Расчеты на прочность при постоянных нагрузках

Условия прочности:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] \quad \text{и} \quad \tau_{\max} \leq [\tau]$$

$\sigma_{\max}, \tau_{\max}, \left(\text{МПа}, \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \right)$ – максимальные нормальные и касательные напряжения в сечениях детали.

$[\sigma], [\tau]$ - допускаемые нормальные и касательные напряжения.

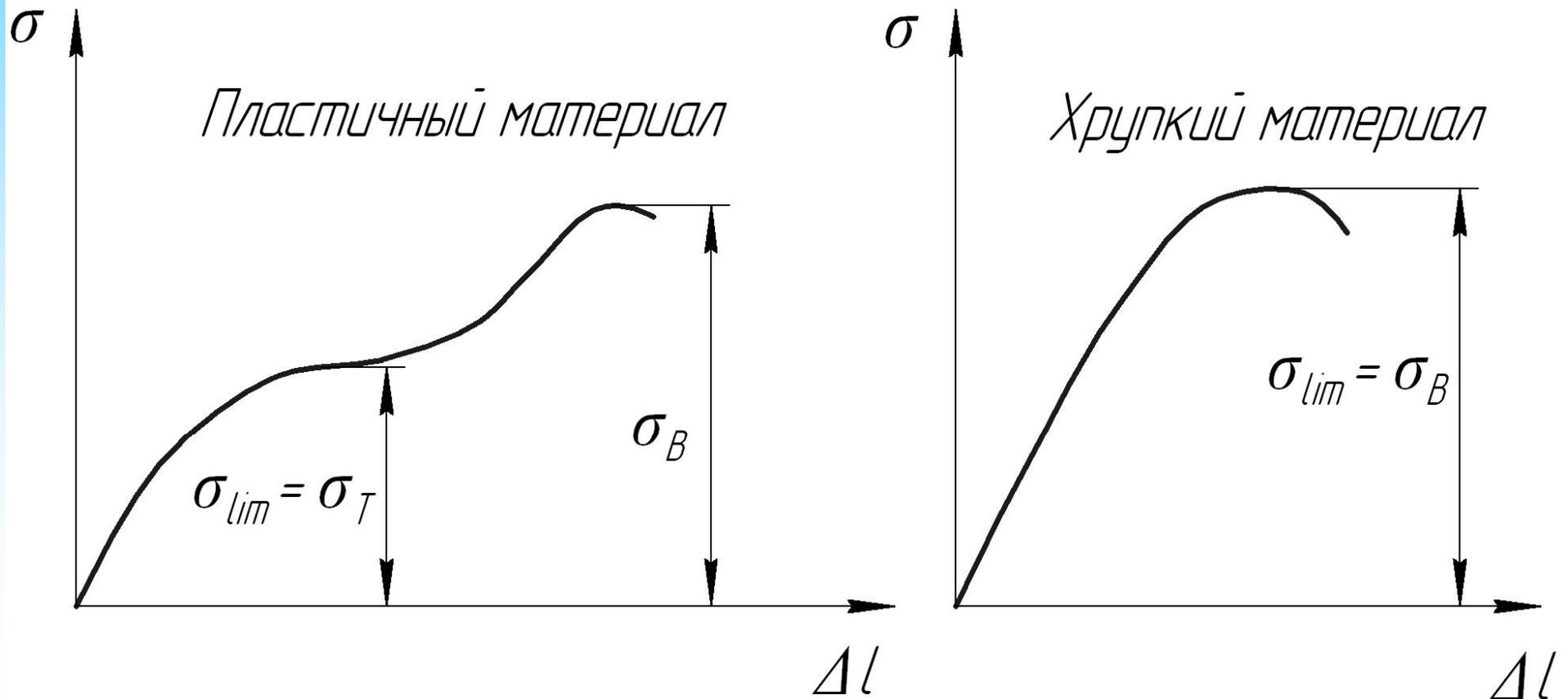
Расчеты на прочность при постоянных нагрузках

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{[n]}, \quad [\tau] = \frac{\tau_{lim}}{[n]}$$

где σ_{lim}, τ_{lim} - предельные напряжения.

Расчеты на прочность при постоянных нагрузках

Диаграммы растяжения



Расчеты на прочность при постоянных нагрузках

При статических нагрузках, за предельные напряжения принимают:

а) Для пластичных материалов:

$$\sigma_{lim} = \sigma_T \text{ - предел текучести материала.}$$

б) Для хрупких материалов:

$$\sigma_{lim} = \sigma_B \text{ - предел прочности материала.}$$

Расчеты на прочность при постоянных нагрузках

$[n]$ - допускаемый коэффициент запаса прочности.

$$[n] = [n]_1 [n]_2 [n]_3$$

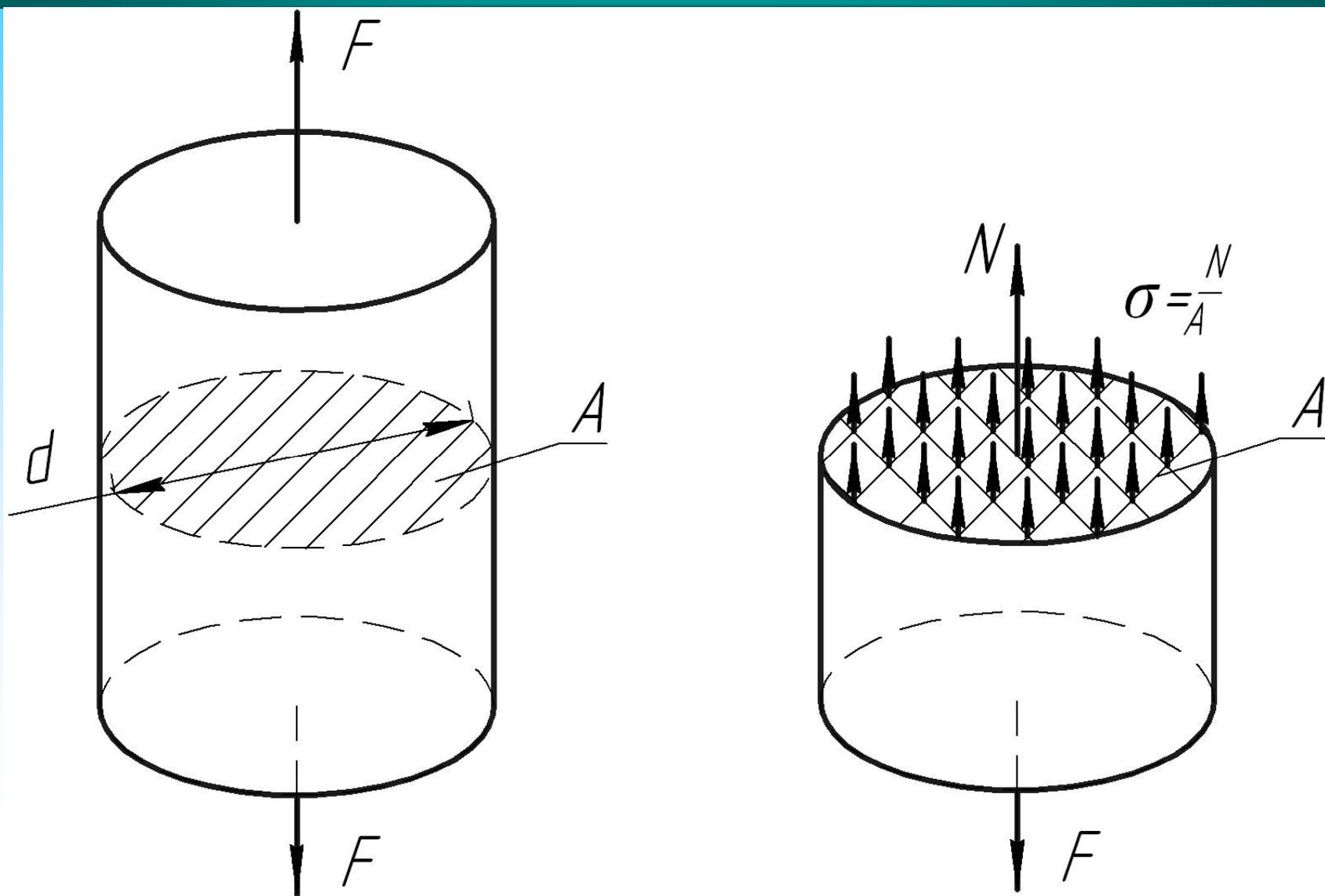
$[n]_1 = 1 \dots 3$ - учитывает точность определения действующих на деталь нагрузок,

$[n]_2 = 1, 2 \dots 2, 5$ - учитывает однородность материала, его физические св-ва,

$[n]_3 = 1 \dots 2$ - учитывает степень ответственности детали.

Коэффициент $[n]$ назначают исходя из практического опыта создания аналогичных конструкций.

Расчеты на прочность при растяжении и сжатии



Расчеты на прочность при растяжении и сжатии

Тела, работающие на растяжение-сжатие называются *стержнями*.
Условие прочности при растяжении и сжатии стержней:

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} \leq [\sigma_P]$$

$[\sigma_P]$ - допускаемое напряжение при растяжении.

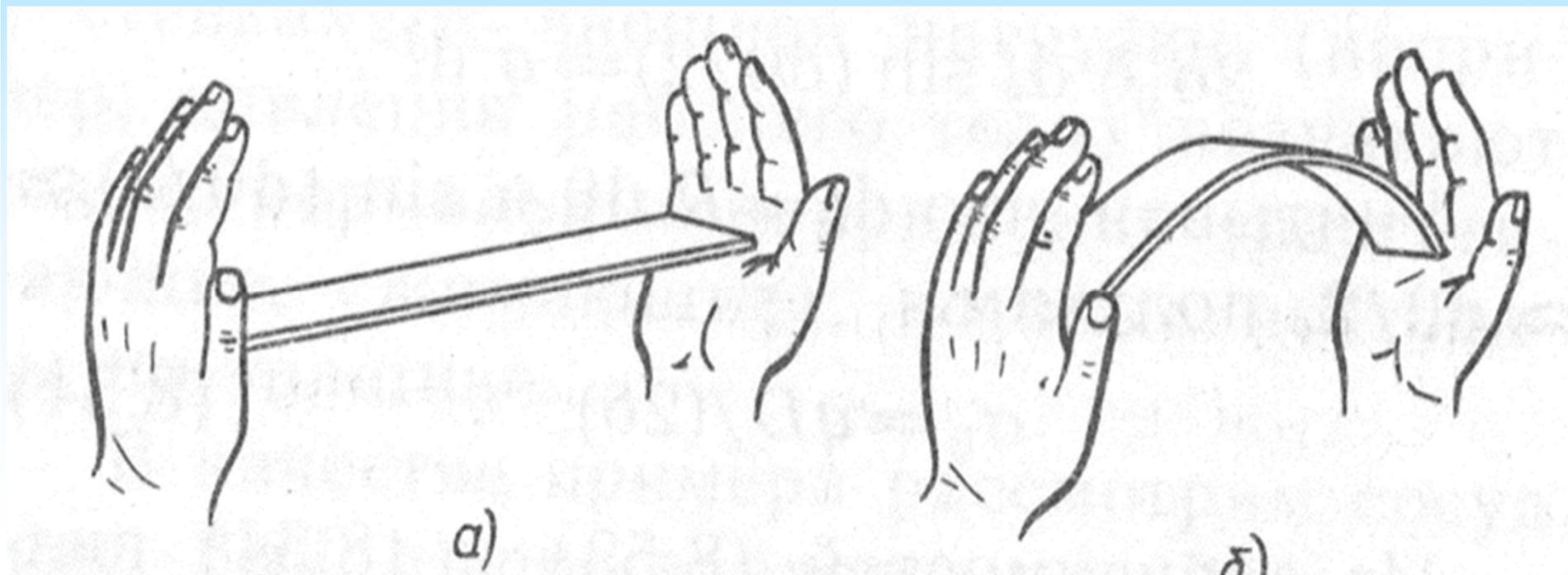
Диаметр круглого стержня при проектировочном расчете равен:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi d^2} \leq [\sigma_P] \quad \Rightarrow \quad d = \sqrt{\frac{4F}{\pi [\sigma_P]}}$$

Проверка на устойчивость стержней

Если тонкий прямой стержень сжимать вдоль оси, постепенно увеличивая силу, то сначала он будет прямым по действию напряжений сжатия, а затем начнет резко изгибаться. Напряжения в нем быстро возрастают и возникает опасность разрушения.

Это явление называют *потерей устойчивости*.



Проверка на устойчивость стержней

В инженерной практике расчет стержней ведется так же, как и растянутых стержней, но допускаемые напряжения принимают с учетом гибкости:

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \varphi [\sigma_P]$$

где φ – коэффициент снижения допускаемых напряжений. Для сталей Ст2, Ст3, Ст4 и Ст5 и др., этот коэффициент находится по таблице:

| | | | | | | | | | |
|-----------|----|------|-----|-----|------|-----|------|-----|------|
| λ | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 |
| φ | 1 | 0,95 | 0,9 | 0,8 | 0,65 | 0,5 | 0,35 | 0,3 | 0,25 |

Здесь λ - гибкость стержня.

Проверка на устойчивость стержней

$$\lambda = \frac{\nu l}{i}$$

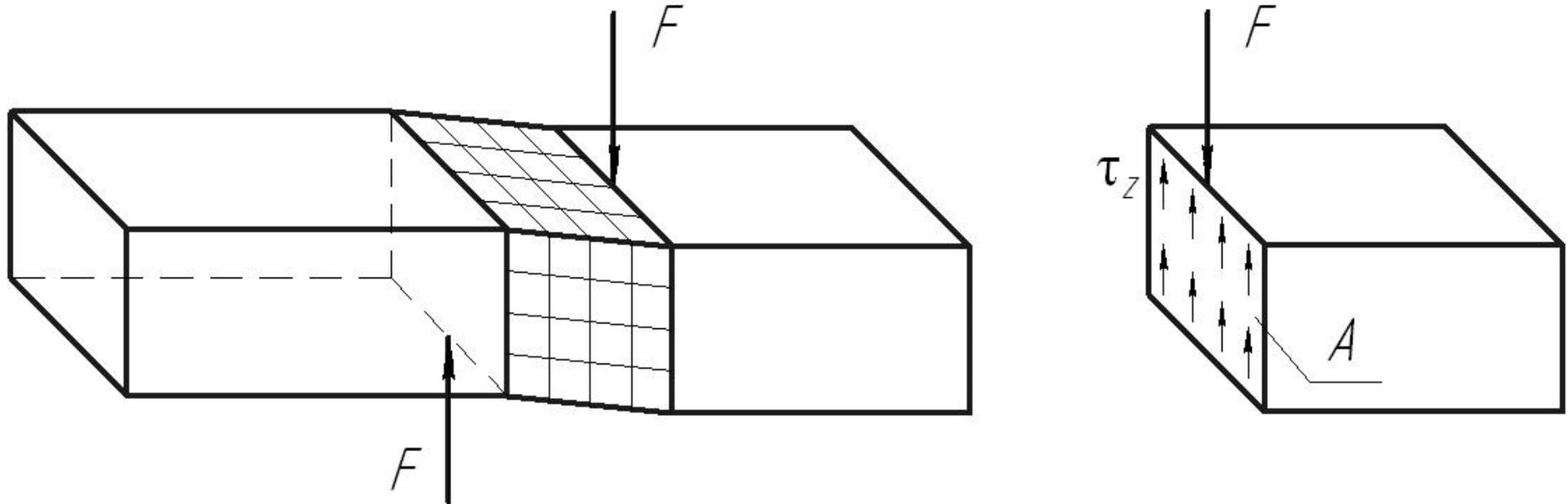
l – длина сжимаемого стержня,

ν – коэффициент приведения длины, зависящий от типа опор стержня,

$$i = \sqrt{\frac{J_{min}}{A}} \quad - \text{ радиус инерции сечения, где}$$

J_{min} – минимальный момент инерции сечения.

Расчеты на прочность при срезе (сдвиге)



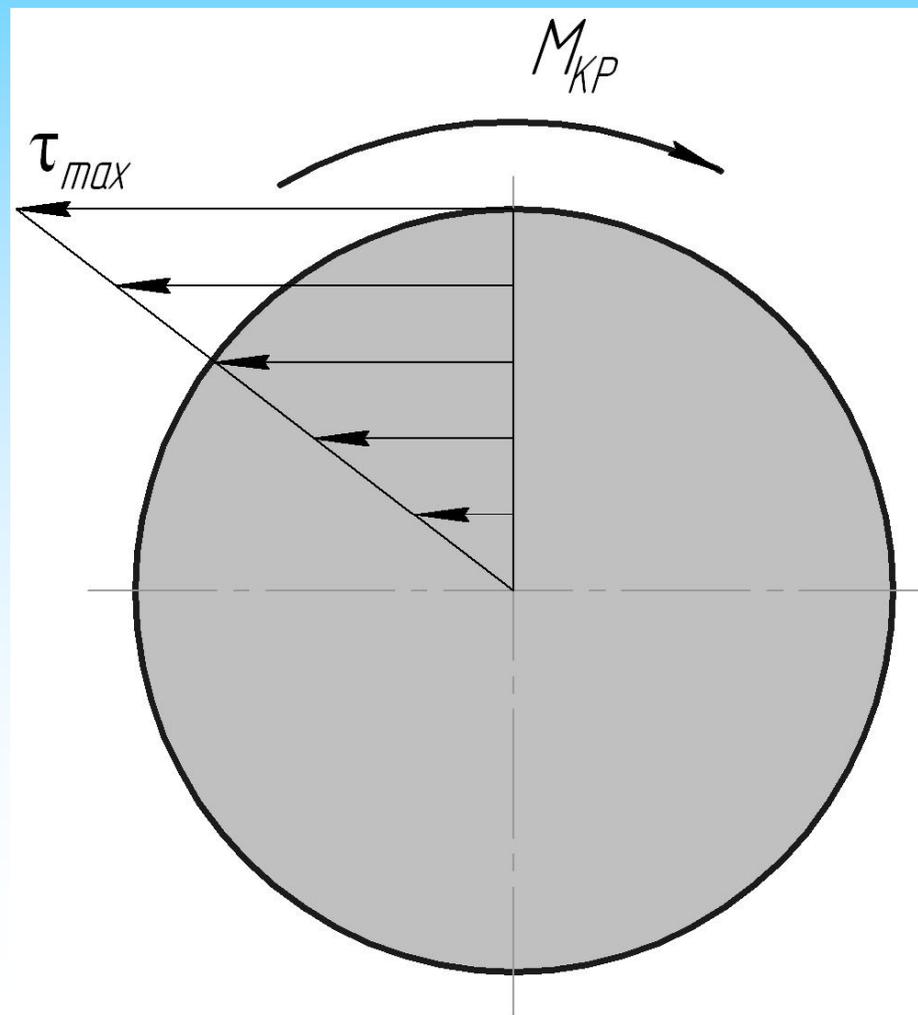
Условие прочности при срезе: $\tau_{\max} = \frac{F}{A} \leq [\tau_C]$

$[\tau_C] = (0,5..0,6)[\sigma_P]$ - для пластичных материалов,

$[\tau_C] = (0,7..1)[\sigma_P]$ - для хрупких материалов.

Расчеты на прочность при кручении

Тела, работающие на кручение, называются **валами**.



Расчеты на прочность при кручении

Условие прочности: $\tau_{\max} = \frac{M_{KP}}{W_{\rho}} \leq [\tau_{кр}]$

$[\tau_{кр}]$ - допускаемое напряжение при кручении,

M_{KP} - внутренний крутящий момент,

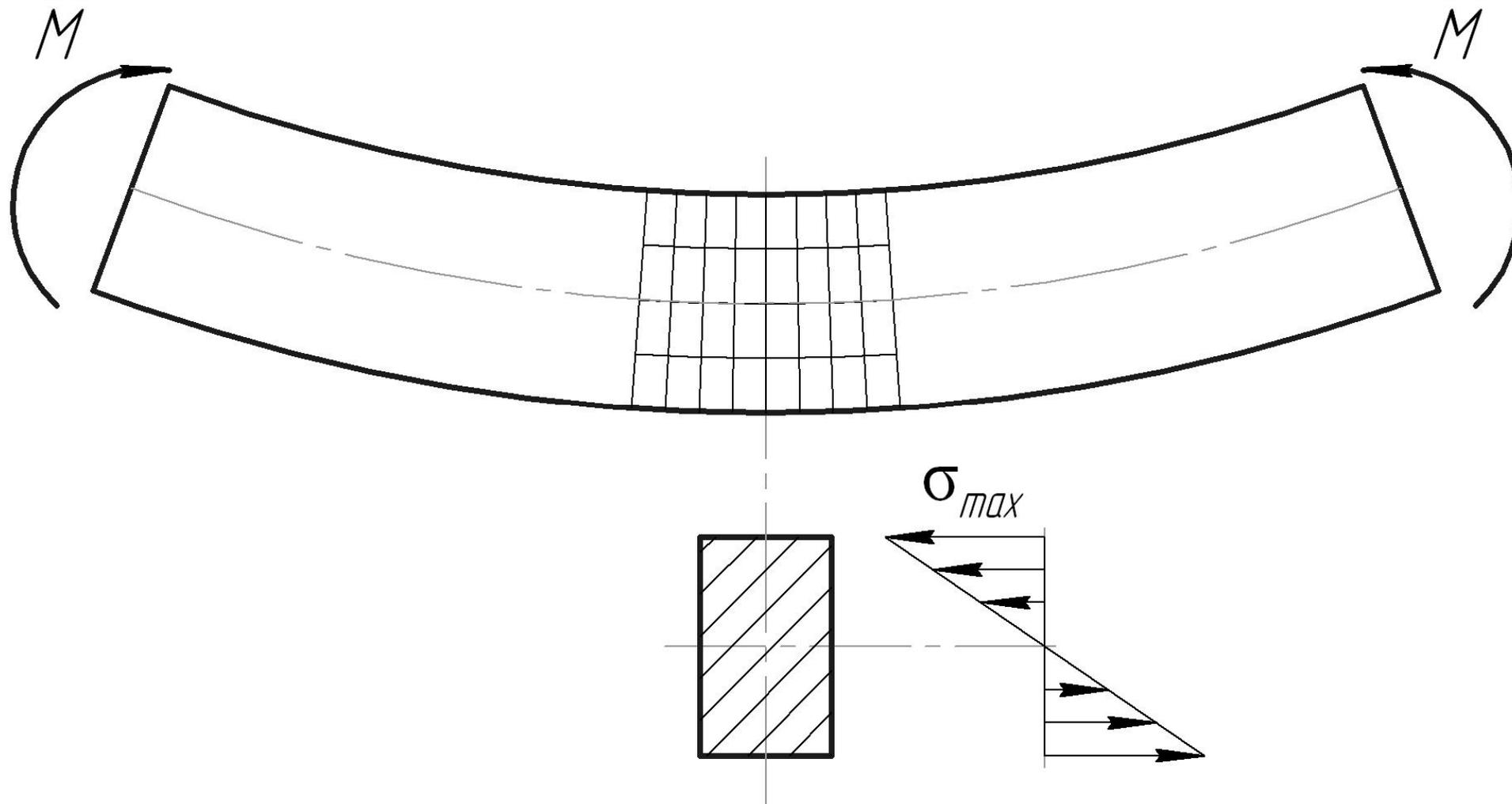
$W_{\rho} = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3$ - полярный момент сопротивления при кручении

При проектном расчете имеем:

$$\tau_{\max} = \frac{16 M_{KP}}{\pi d^3} \leq [\tau_{кр}] \quad \Rightarrow \quad d = \sqrt[3]{\frac{16 M_{KP}}{\pi [\tau_{кр}]}}$$

Расчеты на прочность при изгибе

Тела, работающие на изгиб, называют **балками**



Расчеты на прочность при изгибе

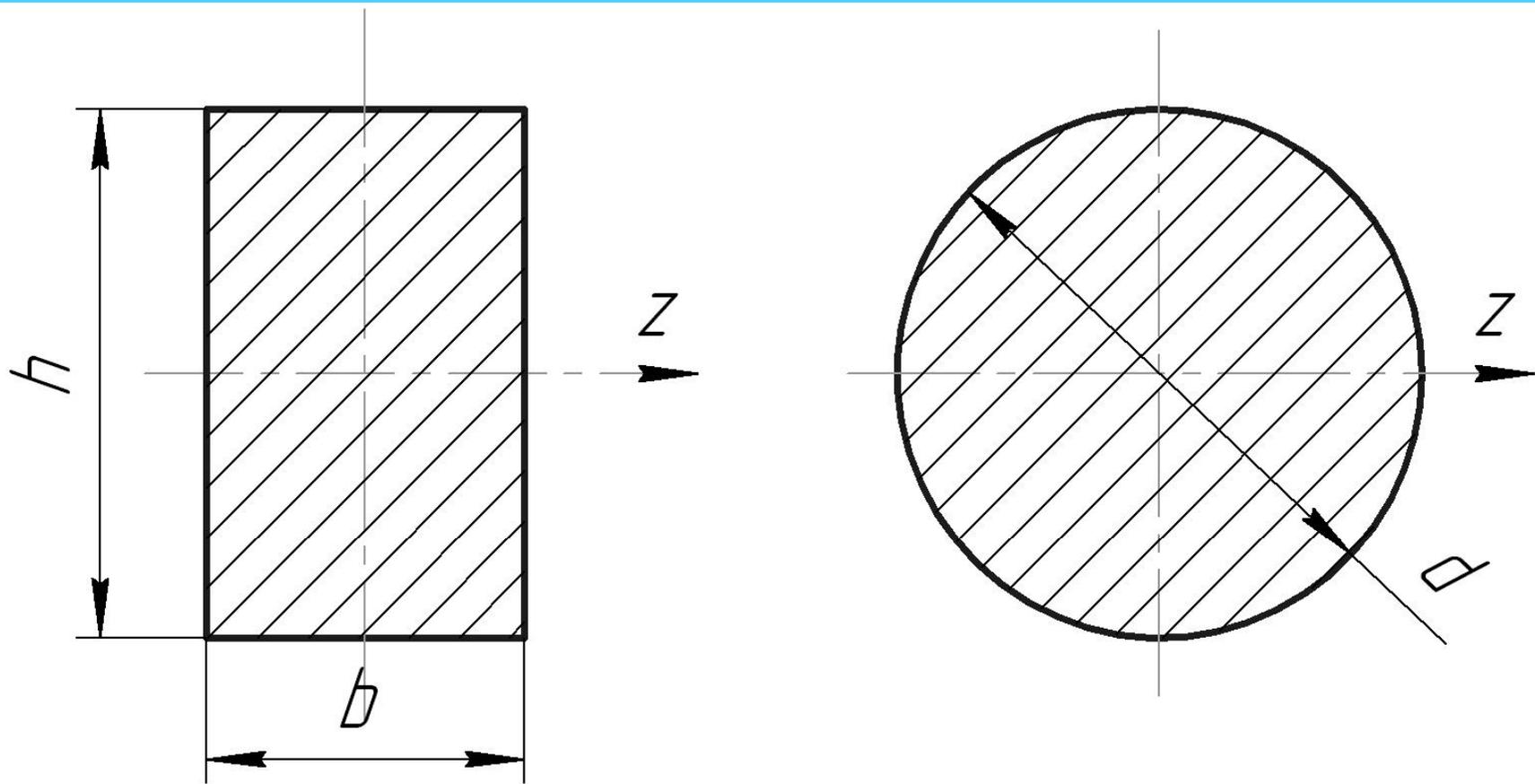
Условие прочности:
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma_P]$$

$[\sigma_P]$ - допускаемое напряжение при растяжении,

M_{\max} - максимальный изгибающий момент,

W_z - момент сопротивления сечения балки при изгибе.

Расчеты на прочность при изгибе

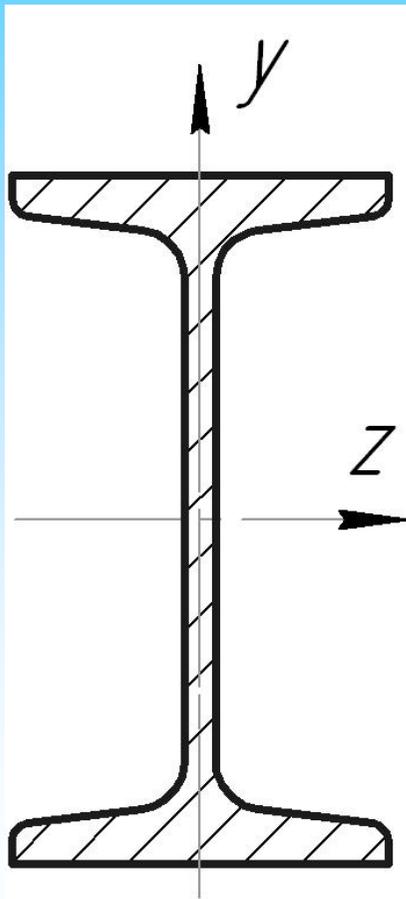


$$W_z = \frac{b h^2}{6}$$

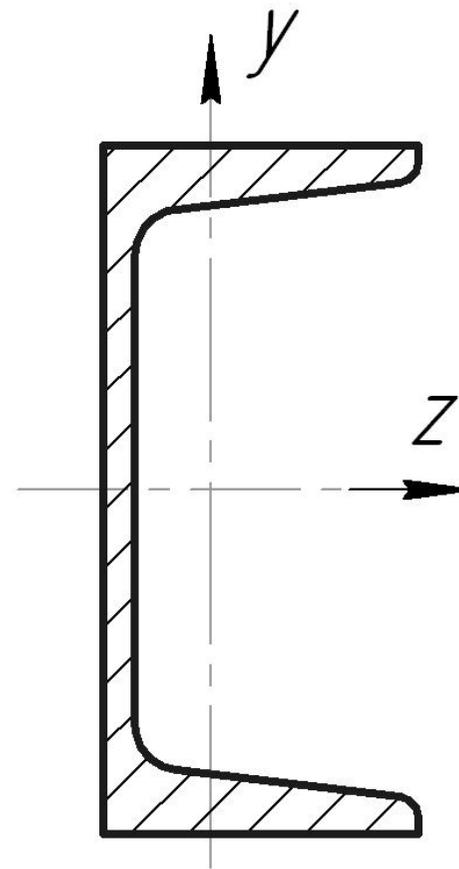
$$W_z = \frac{\pi d^3}{32}$$

Расчеты на прочность при изгибе

Рациональные сечения балок при изгибе:

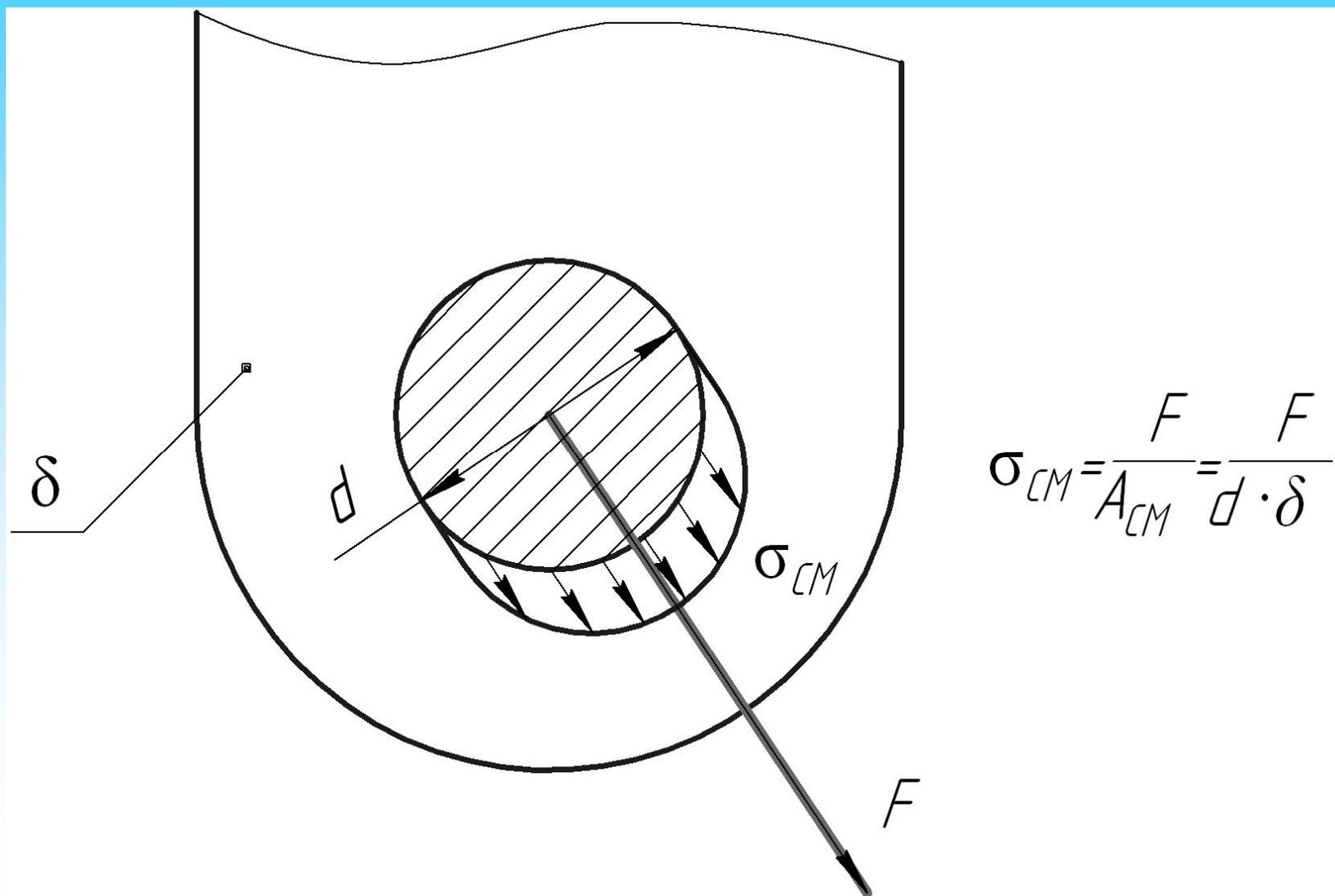


Двутавр



Швеллер

Расчеты на прочность при смятии



Расчеты на прочность при смятии

Условие прочности:
$$\sigma_{CM} = \frac{F}{A_{CM}} \leq [\sigma_{CM}]$$

$[\sigma_{CM}]$ - допускаемое напряжение на смятие,

A_{CM} - площадь смятия