

**Техническая механика.**

**Срез, смятие, расчетные формулы.**

## **Срез и смятие.**

Детали, служащие для соединения отдельных элементов машин и строительных конструкций – заклепки, штифты, болты, шпонки – воспринимают нагрузки, **перпендикулярные их продольной оси.**

Справедливы следующие **допущения.**

- 1. В поперечном сечении возникает только один внутренний силовой фактор – поперечная сила  $Q$ .**
- 2. Касательные напряжения, возникающие в поперечном сечении, распределены по его площади равномерно.**
- 3. В случае если соединение осуществлено несколькими одинаковыми деталями.**

Условие прочности при срезе (проверочный расчёт):

$$\tau_{ср} = \frac{Q}{F_{ср}} \leq [\tau_{ср}]$$

где  $Q$  – поперечная сила  $Q = \frac{P}{i \cdot k}$

( $P$  – общая нагрузка,  $k$  – число болтов, заклепок,  $i$  – число плоскостей среза крепежной детали)

$F_{ср} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$  – площадь среза одного болта или заклепки,  $D$  – диаметр болта или заклепки.

$[\tau_{ср}]$  – допускаемое напряжение на срез, зависящее от материала соединительных элементов и условий работы конструкции.

Принимают  $[\tau_{ср}] = (0,25 \dots 0,35) \cdot \sigma_m$ , где  $\sigma_m$  – предел текучести.

Также справедливо:

$$[\tau_{с}] = 0,7 \cdot [\sigma] \quad [\sigma] = \frac{\sigma_{с}}{n}$$

где  $n$  – коэффициент запаса прочности (для стали равный 1,5).

**Если толщина соединяемых деталей недостаточна или материал соединяемых деталей более мягкий, чем у болта, штифта и т.д., то стенки отверстий обминаются, и соединение становится ненадежным, происходит смятие. При смятии действуют только нормальные напряжения –  $\sigma$ . Площадь смятия фактическая – это полуцилиндр, расчётная – это проекция полуцилиндра на диаметральную плоскость.  $F_{сМ} = dh_{min}$ , где  $d$  – диаметр болта или заклёпки,  $h_{min}$  – минимальная толщина листа (если соединяемые листы разной толщины).**

## Проверочный расчёт на **срез** соединительных деталей:

$$\tau_{ср} = \frac{4Q}{\pi d^2 \cdot z \cdot i} \leq [\tau]$$

$Q$  – перерезывающая сила, равная по величине внешней

Где  $z$  – количество заклёпок (болтов)

$i$  – количество срезов (равно количеству соединяемых листов минус один)

$[\tau]$  = допускаемое касательное напряжение при срезе. Зависит от марки материала заклёпки и от условий работы конструкции.

Проверочный расчёт на **смятие** соединяемых деталей:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{Q}{d \cdot h_{\text{мин}} \cdot z} \leq [\sigma]_{\text{см}}$$

Где  $d$  – диаметр заклёпки (болта)

$h_{\text{мин}}$  – минимальная толщина листа

$z$  – количество заклёпок (болтов)

$[\sigma]_{\text{см}}$  – допускаемое нормальное напряжение при смятии соединяемых деталей.

Проверочный расчёт при **разрыве** соединяемых деталей:

$$\sigma_{\text{разр}} = \frac{Q}{I_{\text{мин}} \cdot (e - z \cdot d)} \leq [\sigma]_{\text{разр}}$$

Где  $(e - z \cdot d)$  – ширина листа без заклёпок

$I_{\text{мин}}$  – минимальная толщина листа

$[\sigma]_{\text{разр}}$  – допускаемое нормальное напряжение при разрыве соединяемой детали.

Расчет выполняется для участка, где максимальное количество соединительных деталей (заклёпок, штифтов, болтов и т.д.).

Проектный расчёт (определение количества заклёпок).

$$z \geq \frac{4Q}{\pi d^2 \cdot [\tau] \cdot i}$$

$$z \geq \frac{Q}{d \cdot h_{\min} \cdot [\sigma]_{\text{см}}}$$

Выбираем максимальное количество заклёпок.



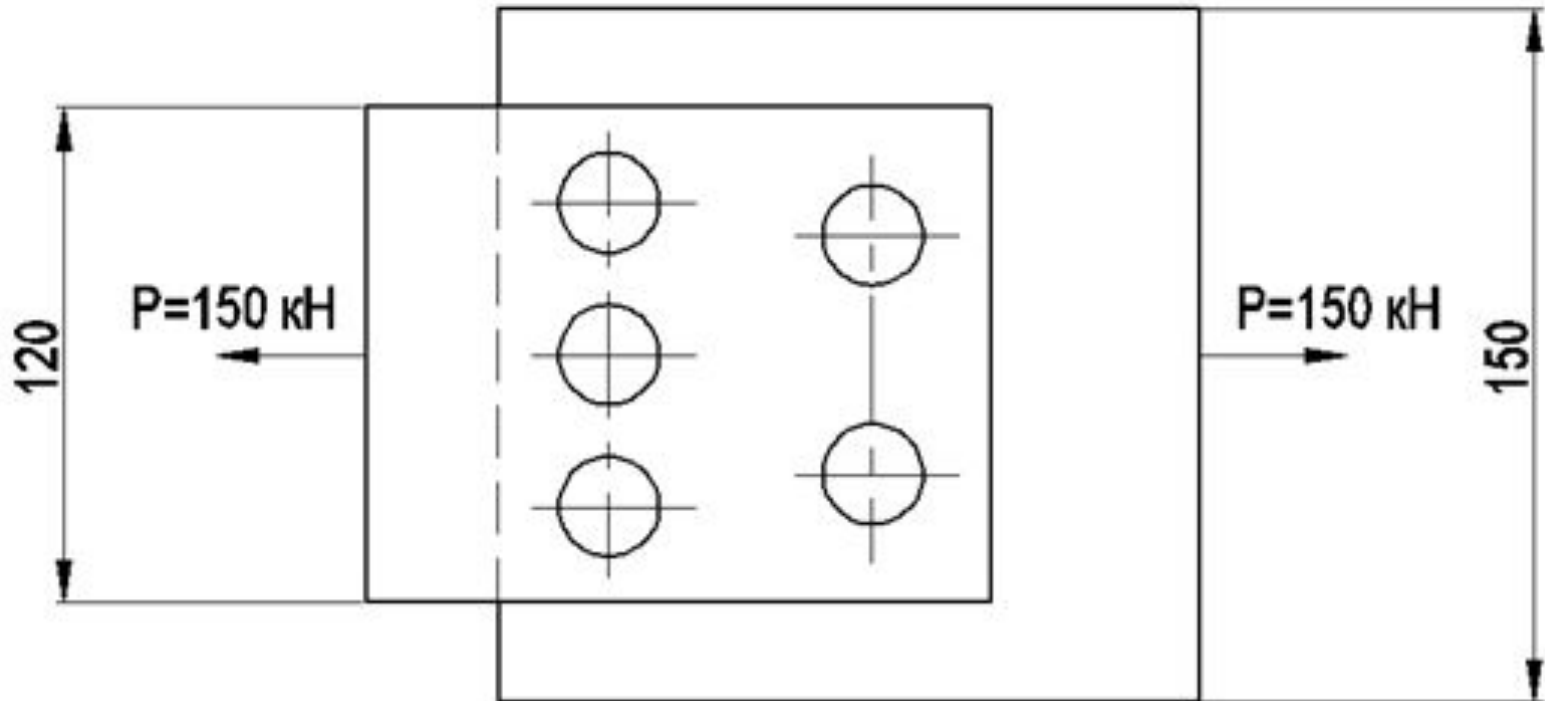
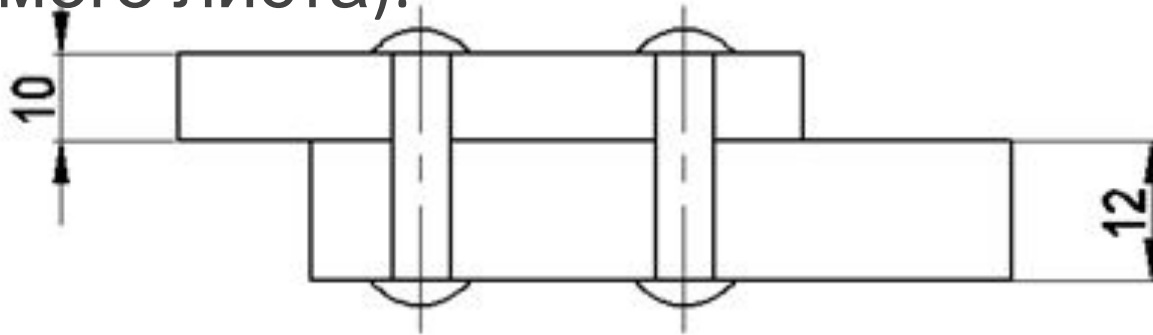
Определение максимально допускаемой нагрузки.

$$P \leq \frac{\pi d^2}{4} [\tau] \cdot z$$

$$P \leq d \cdot k_{\min} [\sigma]_{\text{сж}} \cdot z$$

Из двух значений выбираем наименьшую нагрузку.

**Задача:** рассчитать на прочность заклёпочное соединение (на срез, на смятие, на разрыв соединяемого листа).



Дано:

Растягивающее усилие  $P=150\text{Кн}$ ,

допускаемое напряжение сдвига  $[\sigma]_{\text{сдв}} = 140\text{МПа}(\text{н} / \text{мм}^2)$ ,

допускаемое напряжение при смятии  $[\sigma]_{\text{смя}} = 320\text{МПа}(\text{н} / \text{мм}^2)$ ,

допускаемое напряжение при растяжении  $[\sigma]_{\text{р}} = 260\text{МПа}(\text{н} / \text{мм}^2)$

общее количество заклёпок  $z=5$  шт. (в одном ряду 3, в другом 2),

диаметр заклёпки  $d_{\text{з}} = 17\text{мм}$

соединяемых листа 2, следовательно количество срезов  $i=1$  (см. рис. 19), габаритные размеры указаны в мм.,

минимальная толщина листа 10мм.

Решение:

1. Выполним проверочный расчет заклёпок на срез

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{P \cdot 4}{\pi d^2 \cdot z \cdot i} \leq [\tau]$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{150 \cdot 10^3 \cdot 4}{3,14 \cdot 17^2 \cdot 5 \cdot 1} = 132 \text{ МПа} \leq [\tau] = 140 \text{ МПа}$$

- это значит, что прочность на срез обеспечена.

## 2. Выполним проверочный расчёт на смятие соединяемых листов

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P}{d \cdot h_{\text{min}} \cdot Z} \leq [\sigma]_{\text{см}}$$

Сминаться будет более тонкий лист, расчетная площадь смятия равна проекции полуцилиндра на диаметральную плоскость.

$$F = d \cdot h_{\text{min}}$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{150 \cdot 10^3}{17 \cdot 10 \cdot 5} = 175 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{\text{см}} = 320 \text{ МПа}$$

- прочность на смятие обеспечена.

3. Выполним **проверочный расчёт на растяжение** (разрыв соединяемого листа). Разрыв может произойти в месте, где установлено максимальное количество заклёпок.

$$\sigma_p = \frac{P}{(e - z \cdot d) \cdot n_{\text{min}}} \leq [\sigma]_p$$

$$\sigma_p = \frac{150 \cdot 10^3}{(120 - 3 \cdot 17) \cdot 10} = 217 \text{ МПа} \leq [\sigma]_p = 260 \text{ МПа}$$

прочность обеспечена.