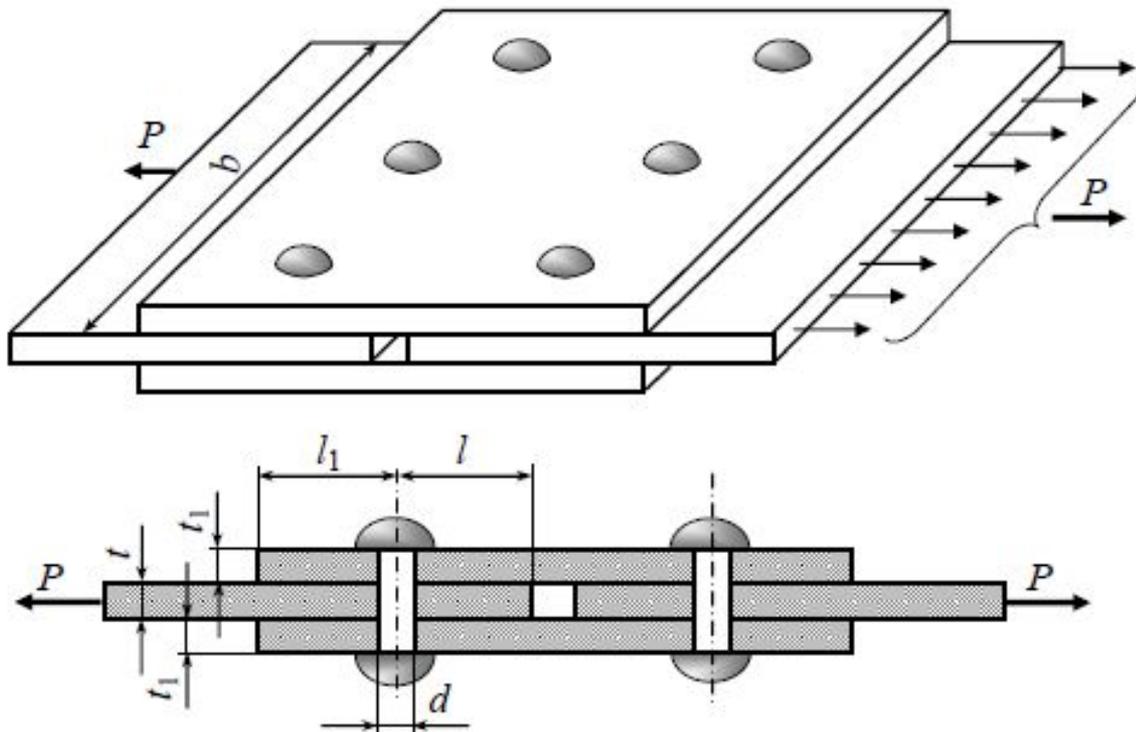


Условные расчеты на прочность

Основные расчетные
зависимости

- Конструкции современных машин содержат различные соединительные элементы, в частности винты, штифты, заклепки и т.п.
- Данные виды конструкций не относятся к стержневым и, поэтому, не могут быть рассчитаны методами сопротивления материалов (с использованием гипотезы плоских сечений).
- Расчет на прочность данного вида конструкций основан на формулах, полученных в результате эмпирических исследований: испытания до разрушения на срез, смятие и разрыв. Результаты таких испытаний показывают хорошую воспроизводимость результатов

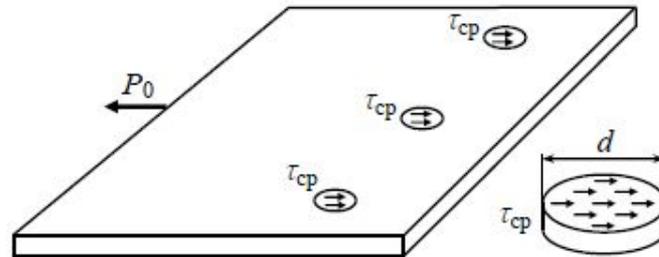
Определить размеры заклепочного соединения



Рассмотрим основные виды разрушения

Разрушение путём среза:

а) заклёпок



$$P_0 = \tau_T \cdot S_{cp} \cdot i \cdot m;$$

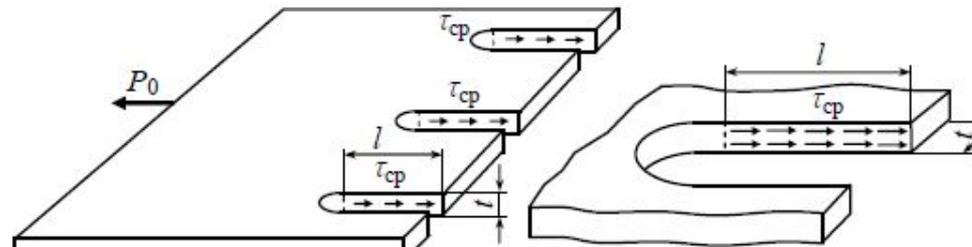
$$P_{max} = \frac{P_0}{[k]_{cp}} = \frac{\tau_T}{[k]_{cp}} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot i \cdot m;$$

$$P_{max} = [\tau]_{cp} \cdot S_{cp} \cdot i \cdot m;$$

i – число заклёпок;

m – число плоскостей среза одной заклёпки;

б) листа

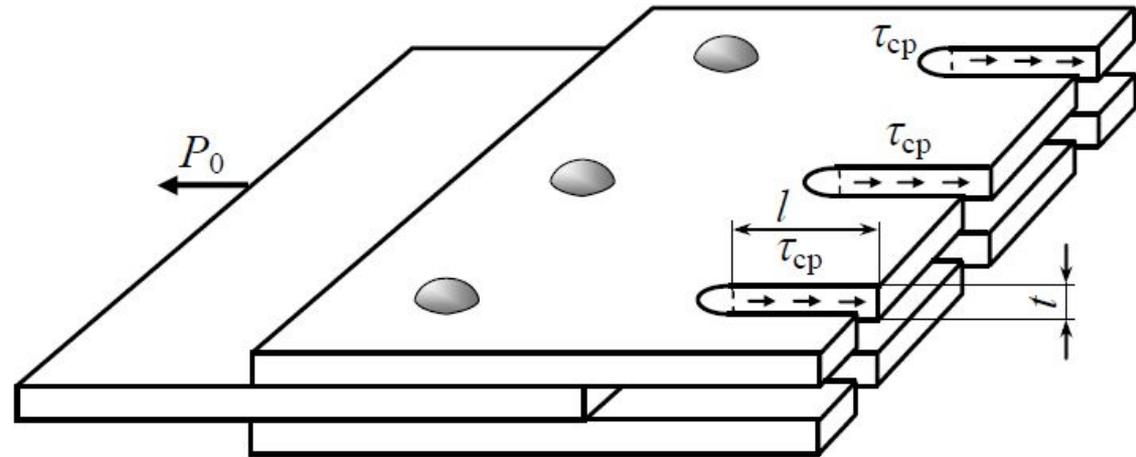


$$P_0 = \tau_T \cdot S_{\text{ср}} \cdot i \cdot m; \quad S_{\text{ср}} = t \cdot l;$$

i – число заклёпок;

m – число поверхностей среза одной заклёпкой.

в) накладок



$$P_0 = \tau_T \cdot S_{\text{ср}} \cdot i \cdot m \cdot z; \quad S_{\text{ср}} = t_1 \cdot l_1;$$

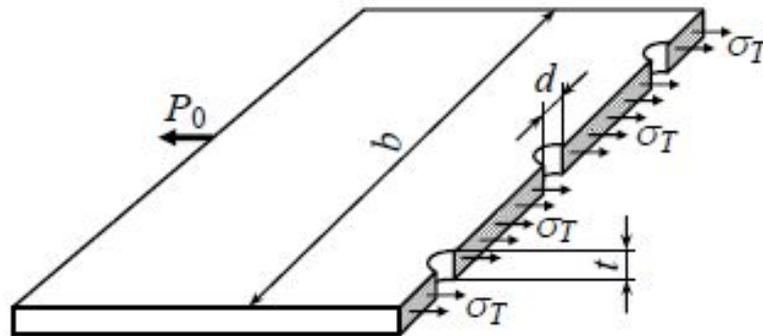
i – число заклёпок;

m – число поверхностей среза одной заклёпкой;

z – число накладок.

Разрушение путём отрыва:

а) листа



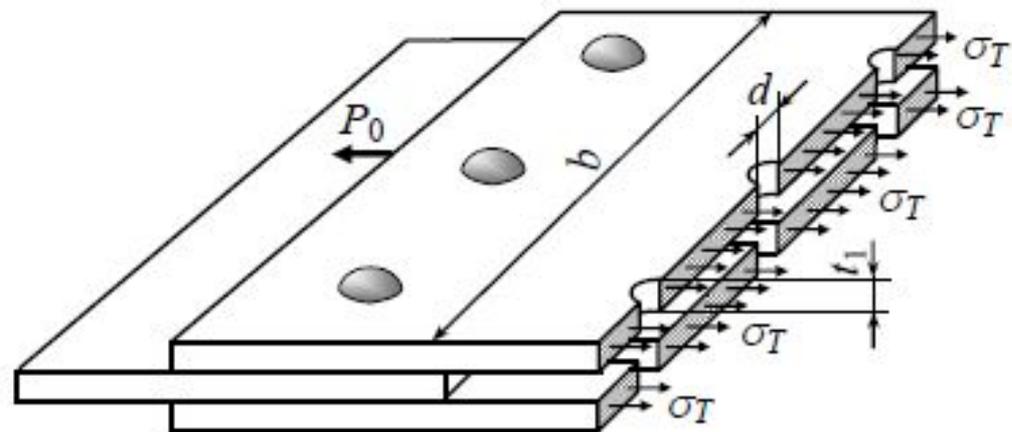
$$P_0 = \sigma_T \cdot S_{\text{отр}};$$

$$P_0 = \sigma_T (b - i \cdot d) \cdot t;$$

$$P_{\text{max}} = \frac{P_0}{[n]} = \frac{\sigma_T}{[n]} (b - id) \cdot t = [\sigma]_p (b - id) \cdot t$$

i – число заклёпок в ряду.

б) накладок



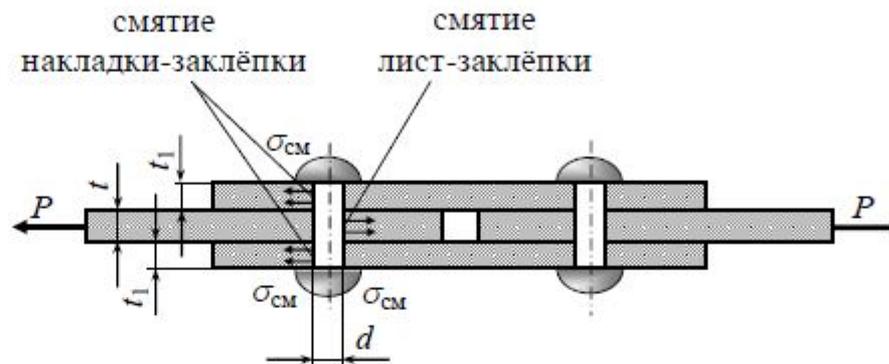
$$P_0 = \sigma_T \cdot S_{\text{отр}};$$

$$P_0 = \sigma_T (b - id) \cdot t \cdot z;$$

i – число заклёпок в ряду;

Разрушение путём смятия:

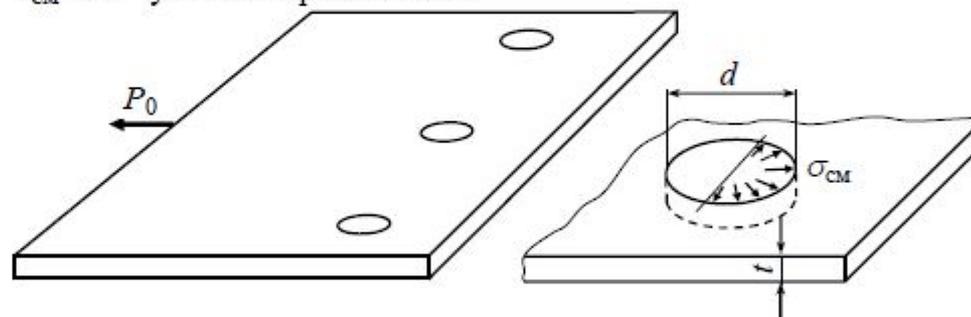
а) лист – заклёпки



$$P_0 = \sigma_{\text{см}} \cdot S_{\text{см}} \cdot i;$$

i – число заклёпок в каждом листе;

$S_{\text{см}} = d \cdot t$ – условно принимается.



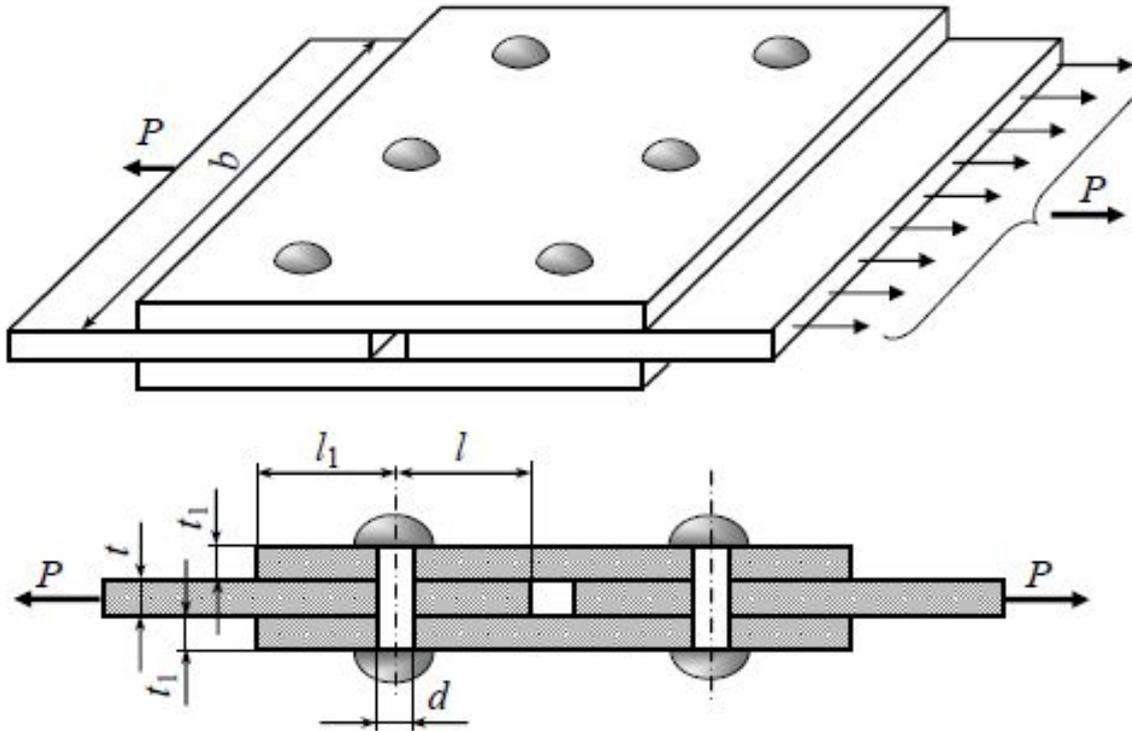
$$P_{\text{max}} = \frac{P_0}{[n]_{\text{см}}} = \frac{\sigma_{\text{см}}}{[n]_{\text{см}}} \cdot S_{\text{см}} \cdot i = [\sigma]_{\text{см}} \cdot S_{\text{см}} \cdot i;$$

$[\sigma]_{\text{см}}$ – допускаемое напряжение на смятие, соответственно корректируется по $S_{\text{см}} = d \cdot t$.

б) накладки – заклёпки

$$P_0 = \sigma_{\text{см}} \cdot S_{\text{см}} \cdot i \cdot z; \quad S_{\text{см}} = d \cdot t_1.$$

Пример расчета заклепочного соединения.



Дано:

$$P = 50$$

$$[\sigma] = 100$$

$$[\sigma_{cp}] = 80$$

$$[\sigma_{dr}] = 200$$

Определить размеры соединения

Определим диаметр заклепок из условия прочности на срез

$$\tau_{cp} = \frac{P}{S_{cp}} \leq [\tau]_{cp} \quad S_{cp} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot 2 \cdot 4 = 2\pi d^2$$

$$d_{\text{н}} \sqrt{\frac{P}{2\pi \cdot [\tau]_{cp}}} \geq \sqrt{\frac{50 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 80}} \geq 9,97$$

Принимаем $d_{\text{н}} = 10$

Определим толщину соединяемых листов
из расчета на прочность на смятие

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{S_{\text{сж}}} \leq [\sigma]_{\text{сж}} \quad S_{\text{сж}} = d \cdot t \cdot 3 = 3dt$$

$$t_{\text{н}} \frac{P}{3d[\sigma]_{\text{сж}}} \geq \frac{50 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 0,01 \cdot 200} \geq 8,33$$

Принимаем $t_{\text{н}} = 9$

Определим толщину накладок из условия прочности на смятие

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{S_{\text{сж}}} \leq [\sigma]_{\text{сж}} \quad S_{\text{сж}} = d \cdot t_1 \cdot 3 \cdot 2 = 6dt$$

$$t_{\text{мм}} \frac{P}{6d[\sigma]_{\text{сж}}} \geq \frac{50 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 0,01 \cdot 200} \geq 8,17$$

Принимаем $t_{\text{мм}} 8,5$

Определим длину l соединяемой пластины
из условия прочности на срез

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{P}{S_{\text{ср}}} \leq [\tau]_{\text{ср}} \quad S_{\text{ср}} = 2 \cdot d \cdot l \cdot 3 = 6dl$$

$$l_{\text{мм}} \frac{P}{6 \cdot d \cdot [\tau]_{\text{ср}}} \geq \frac{50 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 0,01 \cdot 80} \geq 10,4$$

Принимаем $l_{\text{мм}} 11$

Определим длину l_1 накладки

$$\tau_{cp} = \frac{P}{S_{cp}} \leq [\tau]_{cp} \quad S_{cp} = 4 \cdot d \cdot l_1 \cdot 3 = 12dl$$

$$l_{\text{нн}} \frac{P}{12 \cdot d \cdot [\tau]_p} \geq \frac{50 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot 0,01 \cdot 80} \geq 5,2$$

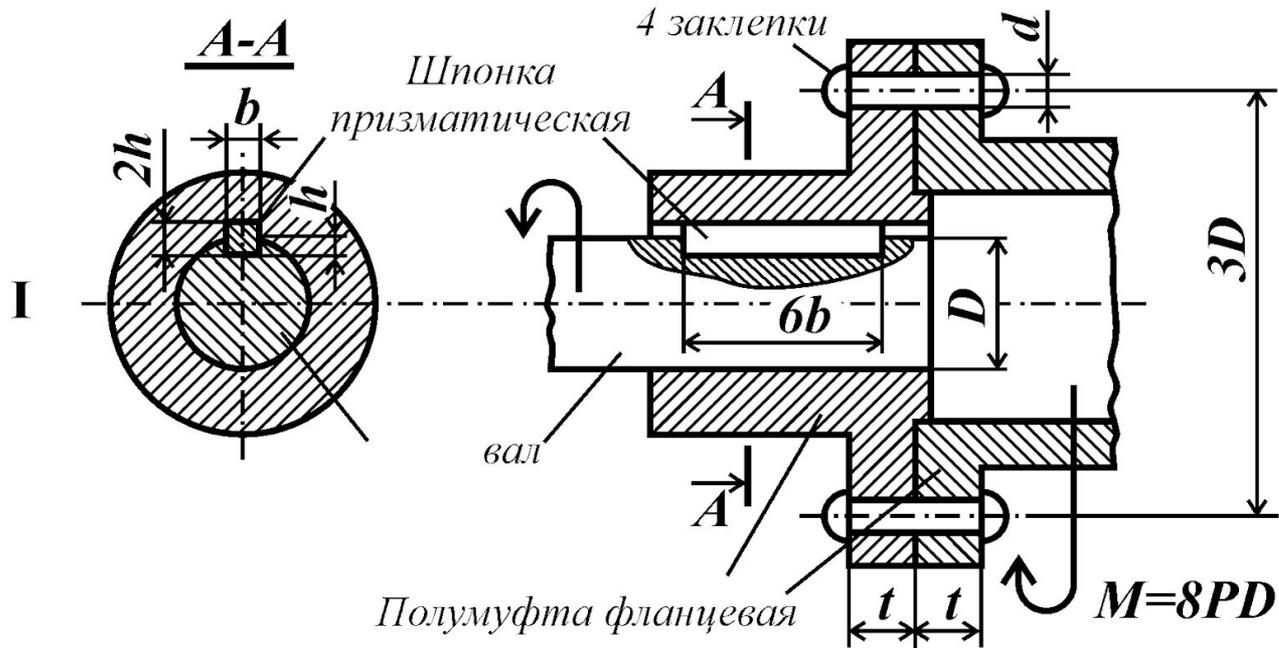
Принимаем $l_{\text{нн}} = 6$

Определим размер b из условия прочности при разрыве

$$\sigma = \frac{P}{S} \leq [\sigma] \quad S = (b - d) \cdot l \cdot 3 = 3(b - d)l$$

$$\sigma = \frac{P}{(b - 3d)l} \leq [\sigma] \quad b \geq \frac{P}{[\sigma]l} + 3d$$

Пример расчета шпоночного соединения



Дано:

$$P = 50$$

$$[\sigma]_{\text{ш}} = 50$$

$$[\sigma]_{\text{ср}} = 80$$

$$[\sigma]_{\text{дт}} = 200$$

$$[D] = ?, [b] = ?, [h] = ?$$

Определим диаметр вала из условия прочности на кручение

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_p} = \frac{8PD}{0,2D^3} \leq [\tau]$$

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{8P}{0,2[\tau]}} \quad [D] = \sqrt[3]{\frac{8P}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot [50]}} = 20$$

Определим усилие, действующее на шпонку

$$P_{un} = \frac{2 \cdot M}{D} = \frac{2 \cdot 8PD}{D} = 16P$$

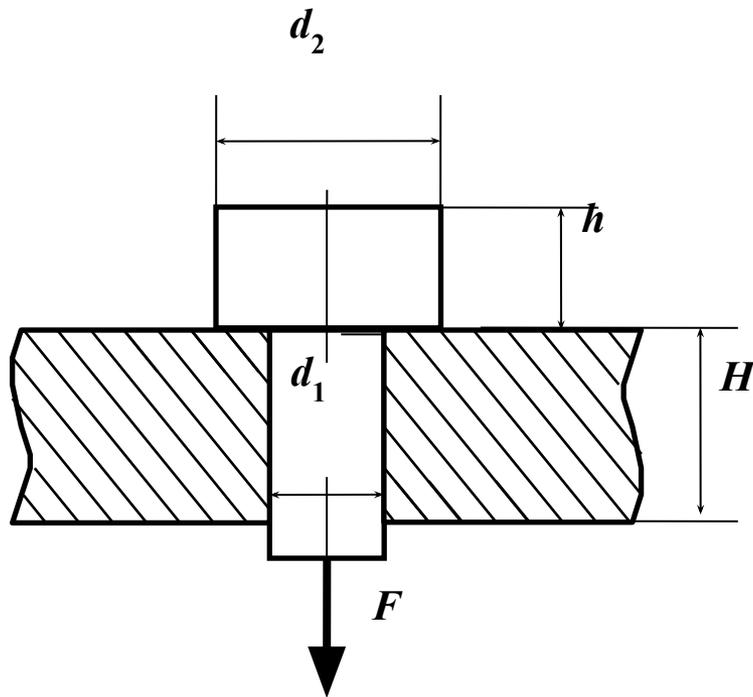
Определим длину шпонки из условия прочности на срез

$$\tau_{cp} = \frac{P_{un}}{S_{cp}} = \frac{16P}{6b \cdot b} \leq [\tau]_{cp} \quad [l]_{cp} = \sqrt{\frac{8P}{3[\tau]_{cp}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 80}} = 4,08$$

Определим высоту шпонки из условия прочности на смятие

$$\sigma_{cm} = \frac{P_{un}}{S_{cm}} = \frac{16P \cdot 2}{6b \cdot h} \leq [\sigma]_{cm} \quad [h]_{cm} = \frac{16 \cdot P}{3 \cdot b \cdot [\sigma]_{cm}} = \frac{16 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 5 \cdot 200} = 2,7$$

Расчет штифта



Дано:

$$P = 50$$

$$[\sigma]_{cp} = 80$$

$$[\sigma]_{st} = 200$$

$$[\sigma]_{ca} = 100$$

$$[d_1] = ?, [d_2] = ?, [h] = ?, [H] = ?$$

Определим диаметр d_1 из условия прочности на растяжение.

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{4P}{\pi d_1^2} \leq [\sigma] \quad \text{откуда} \quad d_1 \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\sigma]}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 100}} \geq 2,52 \cdot 10^{-2}$$

$$d_1 = 3 \cdot 10^{-2}$$

Определим диаметр d_2 из условия прочности на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{P}{S_{см}} = \frac{P \cdot 4}{\pi(d_2^2 - d_1^2)} \leq [\sigma]_{см} \quad \text{откуда}$$

$$d_2^2 \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\sigma]_{см}} + d_1^2} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 200} + (3 \cdot 10^{-2})^2} \geq 3,1 \cdot 10^{-2} \quad d_2 = 4 \cdot 10^{-2}$$

Определим размеры h и H из условия прочности на срез

$$\tau_{ср} = \frac{P}{S_{ср}} = \frac{P}{\pi d_2 \cdot h} \leq [\tau]_{ср} \quad \text{откуда} \quad h \geq \frac{P}{\pi d_2 \cdot [\tau]_{ср}} \geq \frac{50 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot 50} \geq 8$$

$$\tau_{ср} = \frac{P}{S_{ср}} = \frac{P}{\pi d_2 \cdot H} \leq [\tau]_{ср} \quad \text{откуда} \quad H \geq \frac{P}{\pi d_2 \cdot [\tau]_{ср}} \geq \frac{50 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 50} \geq 8,5$$