

Запишем данные

Концентратор = "1"

Сталь = "30X" тип = "Легированная"

$$l_1 = 260 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$l_2 = 200 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$l_3 = 180 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$P_1 = 6 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$\beta = 25 \text{ градусов}$$

$$P_2 = 14 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$\gamma = 35 \text{ градусов}$$

$$M_{k.max} = 340 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{k.min} = 220 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Поверхность = "2"

Найти: 1. Размеры поперечных сечений на участках вала.

2. Коэффициент запаса циклической прочности.

Коэффициент запаса  
статической прочности

$$n_T = 5$$

Модуль сдвига

$$G = 0.8 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

Коэффициент Пуассона

$$\mu = 0.3$$

Перечеркнутый участок вала имеет  
квадратное сечение

1. Представляем кривой изгиб вала как сочетание двух плоских изгибов в главных центральных плоскостях инерции. Проецируем внешние нагрузки на главные центральные плоскости инерции  $yOz$  и  $xOz$

$$P_{1y} = P_1 \cdot \cos(\beta) \quad P_{1y} = 5.438 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$P_{1x} = P_1 \cdot \sin(\beta) \quad P_{1x} = 2.536 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$P_{2y} = P_2 \cdot \cos(\gamma) \quad P_{2y} = 1.147 \times 10^4 \text{ H}$$

$$P_{2x} = P_2 \cdot \sin(\gamma) \quad P_{2x} = 8.03 \times 10^3 \text{ H}$$

2. Определяем опорные реакции

$$R_C = \frac{P_{1y} \cdot (l_2 + l_3) - P_{2y} \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3} \quad R_C = 3.31 \text{ H}$$

$$R_D = \frac{P_{2y} \cdot (l_1 + l_2) - P_{1y} \cdot l_1}{l_1 + l_2 + l_3} \quad R_D = 6.034 \times 10^3 \text{ H}$$

$$H_C = \frac{P_{1x} \cdot (l_2 + l_3) - P_{2x} \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3} \quad H_C = -752.88 \text{ H}$$

$$H_D = \frac{P_{2x} \cdot (l_1 + l_2) - P_{1x} \cdot l_1}{l_1 + l_2 + l_3} \quad H_D = 4.741 \times 10^3 \text{ H}$$

3. Используя метод сечений, строим эпюры перерезывающих сил и изгибающих моментов в главных центральных плоскостях инерции  $yOz$  и  $xOz$

Строим эпюру перерезывающих сил, крутящих моментов, изгибающих моментов по вертикальной и горизонтальной плоскости.

Перерезывающие силы для вертикальной плоскости:

1. Участок  $0 \leq z \leq l_1$

$$Q_y(z) = -R_C$$

Тогда  $Q_y(l_1) = -3.31 \text{ H}$

2. Участок  $l_1 \leq z \leq l_1 + l_2$

$$Q_y(z) = -R_C + P_{1y}$$

Тогда  $Q_y(l_1 + l_2) = 5.435 \times 10^3 \text{ H}$

3. Участок  $l_1 + l_2 \leq z \leq l_1 + l_2 + l_3$

$$Q_y(z) = -R_C + P_{1y} - P_{2y}$$

Тогда  $Q_y(l_1 + l_2 + l_3) = -6.034 \times 10^3 \text{ H}$

Перерезывающие силы для горизонтальной плоскости:

1. Участок  $0 \leq z \leq l_1$

$$Q_x(z) = -H_C$$

Тогда  $Q_x(l_1) = 752.88 \text{ H}$

2. Участок  $l_1 \leq z \leq l_1 + l_2$

$$Q_x(z) = -H_C + P_{1x}$$

Тогда  $Q_x(l_1 + l_2) = 3.289 \times 10^3 \text{ H}$

3. Участок  $l_1 + l_2 \leq z \leq l_1 + l_2 + l_3$

$$Q_x(z) = -H_C + P_{1x} - P_{2x}$$

Тогда  $Q_x(l_1 + l_2 + l_3) = -4.741 \times 10^3 \text{ H}$

*Изгибающие моменты для горизонтальной плоскости*

1. Участок  $0 \leq z \leq l_1$

$$M_x(z) = -R_C \cdot z$$

Тогда при  $z = 0$                       при  $z = l_1$

$$M_x(0) = 0 \text{ мН} \quad M_x(l_1) = -0.861 \text{ H} \cdot \text{м}$$

2. Участок  $l_1 \leq z \leq l_1 + l_2$

$$M_x(z) = -R_C \cdot z + P_{1y} \cdot (z - l_1)$$

Тогда при  $z = l_1$                       при  $z = l_1 + l_2$

$$M_x(l_1) = -0.861 \text{ H} \cdot \text{м} \quad M_x(l_1 + l_2) = 1.086 \times 10^3 \text{ H} \cdot \text{м}$$

3. Участок  $l_1 + l_2 \leq z \leq l_1 + l_2 + l_3$

$$M_x(z) = -R_C \cdot z + P_{1y} \cdot (z - l_1) - P_{2y} \cdot (z - l_1 - l_2)$$

Тогда при  $z = l_1 + l_2$                       при  $z = l_1 + l_2 + l_3$

$$M_x(l_1 + l_2) = 1.086 \times 10^3 \text{ H} \cdot \text{м} \quad M_x(l_1 + l_2 + l_3) = 0 \text{ H} \cdot \text{м}$$

*Изгибающие моменты для вертикальной плоскости*

1. Участок  $0 \leq z \leq l_1$

$$M_y(z) = -H_C \cdot z$$

Тогда при  $z = 0$                       при  $z = l_1$

$$M_y(0.001l_1) = 0.196 \text{ мН} \quad M_y(l_1) = 195.749 \text{ H} \cdot \text{м}$$

2. Участок  $l_1 \leq z \leq l_1 + l_2$

$$M_y(z) = -H_C \cdot z + P_{1x} \cdot (z - l_1)$$

Тогда при  $z = l_1$                       при  $z = l_1 + l_2$

$$M_y(l_1) = 195.749 \text{ H} \cdot \text{м} \quad M_y(l_1 + l_2) = 853.467 \text{ H} \cdot \text{м}$$

3. Участок  $l_1 + l_2 \leq z \leq l_1 + l_2 + l_3$

$$M_y(z) = -H_C \cdot z + P_{1x} \cdot (z - l_1) - P_{2x} \cdot (z - l_1 - l_2)$$

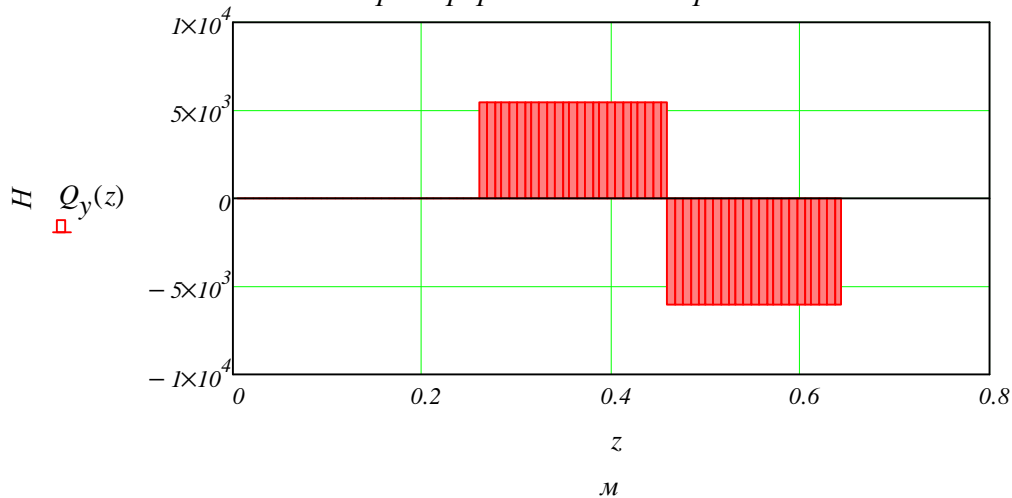
Тогда при  $z = l_1 + l_2$

при  $z = l_1 + l_2 + l_3$

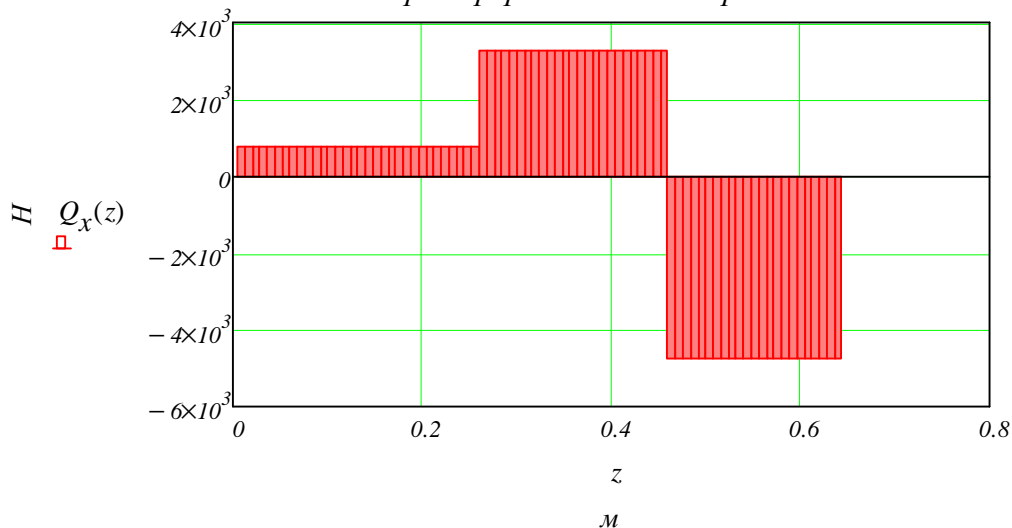
$$M_y(l_1 + l_2) = 853.467 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$M_y(l_1 + l_2 + l_3) = 0 \text{ H} \cdot \text{м}$$

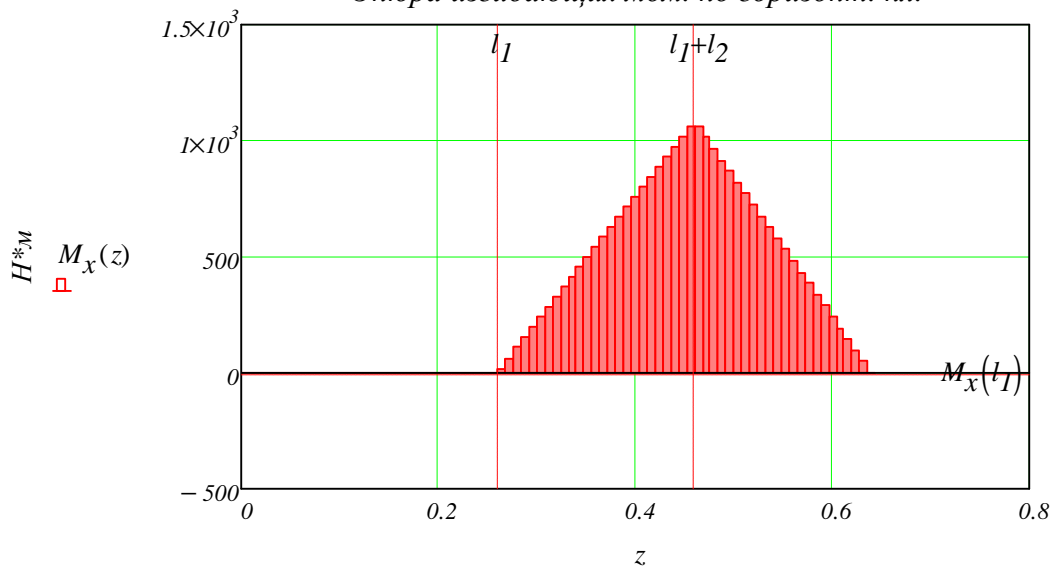
Эпюра перерезыв. сил по вертикальной пл.



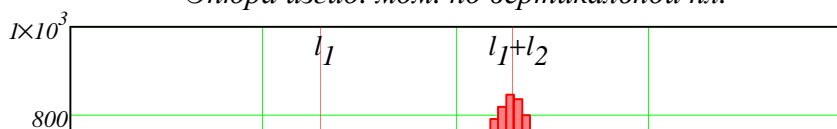
Эпюра перерезыв. сил по горизонт. пл.

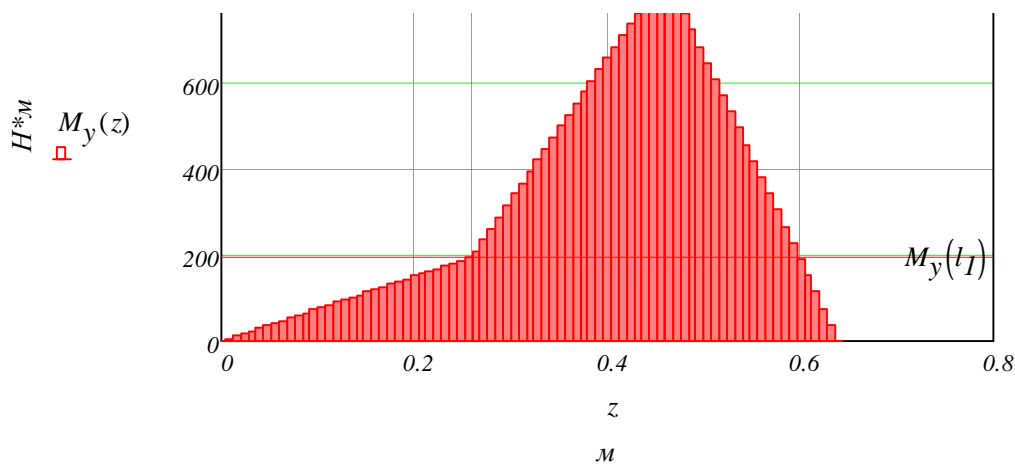


Эпюра изгибающих мом. по горизонт. пл.



Эпюра изгиб. мом. по вертикальной пл.





4. В характерных сечениях вала (на границах участков) вычисляем значения результирующего изгибающего момента

$$M_{u.рез}(z) = \sqrt{M_x(z)^2 + M_y(z)^2}$$

1. Участок  $0 \leq z \leq l_1$

$$M_{u.рез}(z) = \sqrt{M_x(z)^2 + M_y(z)^2}$$

Тогда при  $z = 0$       при  $z = l_1$

$$M_{u.рез}(0.0001l_1) = 0.02 \text{ мН} \quad M_{u.рез}(l_1) = 195.751 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

2. Участок  $l_1 \leq z \leq l_1 + l_2$

$$M_{u.рез}(z) = \sqrt{M_x(z)^2 + M_y(z)^2}$$

Тогда при  $z = l_1$       при  $z = l_1 + l_2$

$$M_{u.рез}(l_1) = 195.751 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad M_{u.рез}(l_1 + l_2) = 1.381 \times 10^3 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

3. Участок  $l_1 + l_2 \leq z \leq l_1 + l_2 + l_3$

$$M_{u.рез}(z) = \sqrt{M_x(z)^2 + M_y(z)^2}$$

Тогда при  $z = l_1 + l_2$       при  $z = l_1 + l_2 + l_3$

$$M_{u.рез}(l_1 + l_2) = 1.381 \times 10^3 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad M_{u.рез}(l_1 + l_2 + l_3) = 0 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

5. Строим эпюру максимального крутящего момента

1. Участок  $0 \leq z \leq l_1$

$$M_k(z) = 0$$

2. Участок  $l_1 \leq z \leq l_1 + l_2$

$$M_k(z) = -M_{k.max}$$

$$M_k(l_1) = 0 \text{ J}$$

3. Участок  $l_1 + l_2 \leq z \leq l_1 + l_2 + l_3$

$$M_k(z) = 0$$

6. Вычисляем значения эквивалентного момента в характерных сечениях, используя энергетическую (четвертую) гипотезу прочности

1. Участок  $0 \leq z \leq l_1$

$$M_{\text{экв4}}(z) = M_{\text{у.рез}}(z)$$

Тогда при  $z = 0$                       при  $z = l_1$

$$M_{\text{экв4}}(0) = 0 \qquad M_{\text{экв4}}(l_1) = 195.751 \text{ H}\cdot\text{м}$$

2. Участок  $l_1 \leq z \leq l_1 + l_2$

$$M_{\text{экв4}}(z) = \sqrt{M_x(z)^2 + M_y(z)^2}$$

Тогда при  $z = l_1$                       при  $z = l_1 + l_2$

$$M_{\text{экв4}}(l_1) = 195.751 \text{ H}\cdot\text{м} \quad M_{\text{экв4}}(l_1 + l_2) = 1.412 \times 10^3 \text{ H}\cdot\text{м}$$

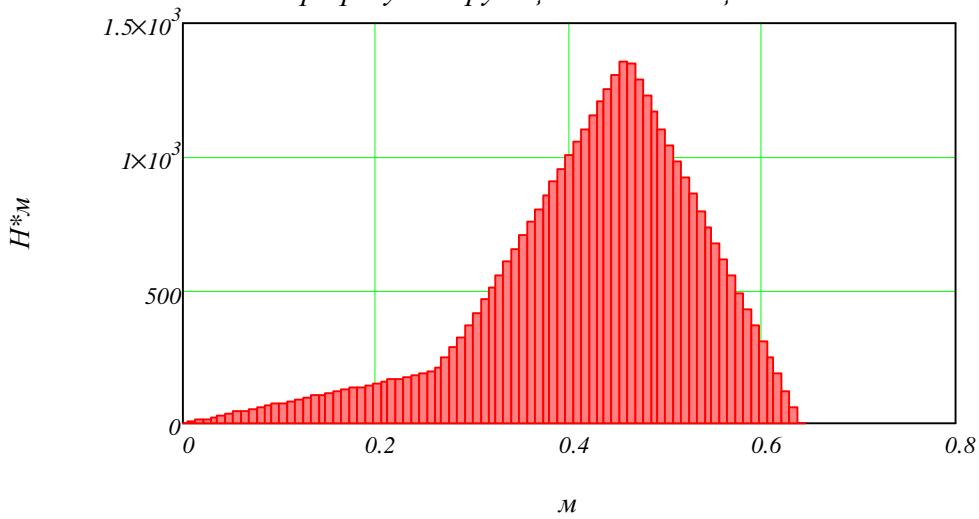
3. Участок  $l_1 + l_2 \leq z \leq l_1 + l_2 + l_3$

$$M_{\text{экв4}}(z) = \sqrt{M_x(z)^2 + M_y(z)^2}$$

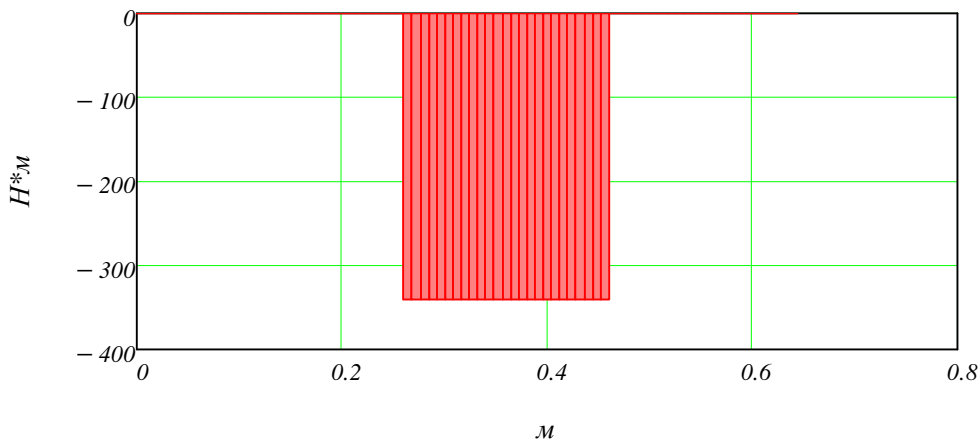
Тогда при  $z = l_1 + l_2$                       при  $z = l_1 + l_2 + l_3$

$$M_{\text{экв4}}(l_1 + 0.9999l_2) = 1.412 \times 10^3 \text{ H} \cdot M_{\text{экв4}}(l_1 + l_2 + l_3) = 0$$

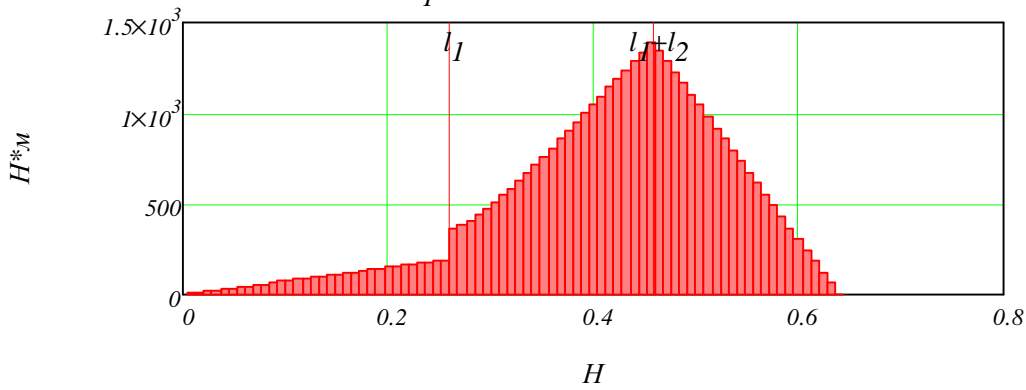
Эюра результирующего изгибающего момент



Эюра крутящего момента



Эюра эквивалентного момента



$$M_{\text{экв4}}(l_1 + l_2) = 1.412 \times 10^3 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{экв4}}(l_1) = 195.751 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$\max M_{\text{экв4}} = 1.412 \times 10^3 \text{ H} \cdot \text{м}$$

Находим допускаемое нормальное напряжение для вала изготавливаемого из стали

Сталь = "30Х"

Определим по таблице 6.3

$$\sigma_T = 7 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\sigma_B = 9 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$I\sigma I = \frac{\sigma_T}{n_T}$$

$$I\sigma I = 1.4 \times 10^8 \text{ Pa}$$

8. Определяем диаметры участков вала круглого поперечного сечения, используя условие прочности по эквивалентным напряжениям

$$\max \sigma_{\text{экв}i} = \frac{\max M_{\text{экв}i}}{W_{II}} \leq I\sigma I$$

$$W_{II} = \frac{\pi \cdot d_i^3}{32}$$

Следовательно диаметр  $i$ -го участка вала равен

$$d_i = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \max M_{\text{экв}i}}{\pi \cdot I\sigma I}}$$

Вычисляем диаметры участков вала

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \max M_{\text{экв}41}}{\pi \cdot I\sigma I}} \quad \max M_{\text{экв}41} = 0.196 \text{ тН} \quad I\sigma I = 1.4 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$d_1 = 2.424 \times 10^{-3} \text{ м}$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \max M_{\text{экв}42}}{\pi \cdot I\sigma I}} \quad \max M_{\text{экв}42} = 180.693 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_2 = 0.024 \text{ м}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \max M_{\text{экв}43}}{\pi \cdot I\sigma I}} \quad \max M_{\text{экв}43} = 195.751 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_3 = 0.024 \text{ м}$$

$$d_4 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \max M_{\text{экв}44}}{\pi \cdot I\sigma I}} \quad \max M_{\text{экв}44} = 1.412 \times 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_4 = 0.047 \text{ м}$$

$$d_5 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \max M_{\text{экв}45}}{\pi \cdot I\sigma I}} \quad \max M_{\text{экв}45} = 1.228 \times 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$



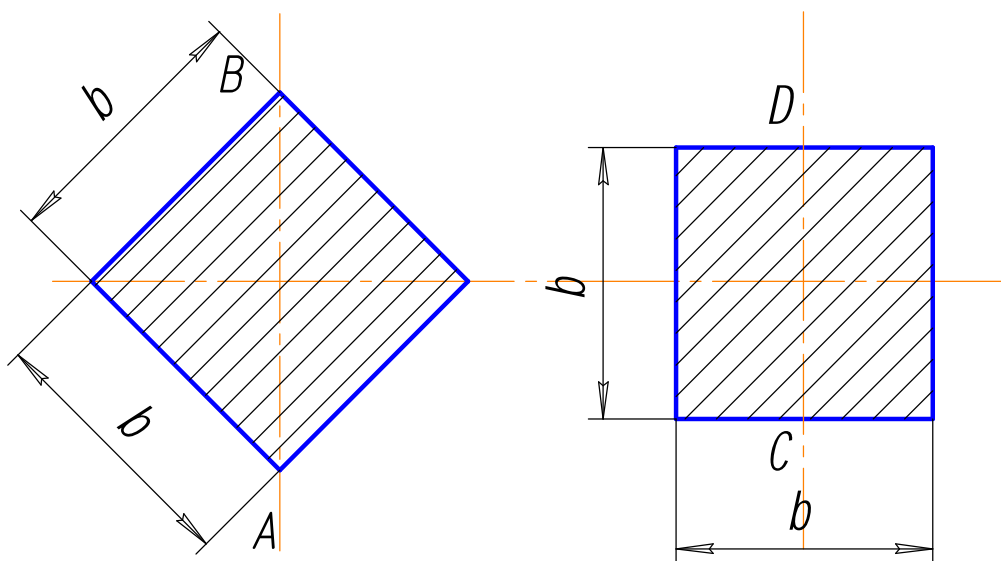
$$d_5 = 0.045 \text{ м}$$

$$d_6 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \max M_{\text{экв46}}}{\pi \cdot I \sigma I}} \quad \max M_{\text{экв46}} = 153.474 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_6 = 0.022 \text{ м}$$

Определяем размеры квадратного сечения участка вала

а) Для положения, когда плоскость действия результирующего изгибающего момента совпадает с одной из диагоналей квадрата (рис 6.26 стр 106)



$$\sigma_{\max} = \frac{\max M_{u.\text{рез}}}{W_{x1}} = \frac{\max M_{u.\text{рез}}}{\frac{b^3}{6\sqrt{2}}}$$

$$\tau_{\max} = \frac{M_{k.\text{max}}}{W_k} = \frac{M_{k.\text{max}}}{\alpha \cdot b^3} = \frac{M_{k.\text{max}}}{0.208 \cdot b^3}$$

Опасными в этом случае будут точки А и В. Из условия прочности по нормальным напряжениям изгиба

$$\sigma_{\max} = \frac{\max M_{u.\text{рез}}}{W_{x1}} \quad \max M_{u.\text{рез}} = 1.255 \times 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

определяем размер квадратного сечения участка вала

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot \sqrt{2} \cdot \max M_{u.\text{рез}}}{I \sigma I}}$$

$$b = 0.042 \text{ м}$$

б) Для второго характерного положения (рис. 6.2б стр. 106) опасными будут точки С и D. Напряжения в этих точках равны

$$\sigma_{\max} = \frac{\max M_{u.\text{рез}}}{W_{x2}} = \frac{\max M_{u.\text{рез}}}{\frac{b^3}{6}}$$

$$\tau_{\max} = \frac{M_{k.\max}}{W_k} = \frac{M_{k.\max}}{\alpha \cdot b^3} = \frac{M_{k.\max}}{0.208 \cdot b^3}$$

где  $\max M_{u.\text{рез}} = 1.255 \times 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$

$$M_{k.\max} = 340 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

из условия прочности

$$\max \sigma_{\text{экв4}} = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2} \leq I \sigma I$$

Вычисляем размер квадратного сечения участка вала

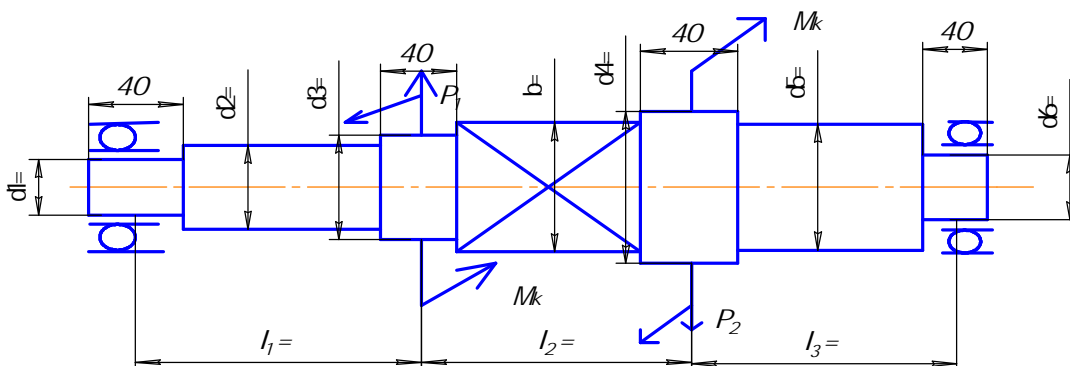
$$b' = \sqrt[3]{\frac{\left(6 \cdot \max M_{u.\text{рез}}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{M_{k.\max}}{0.208}\right)^2}{I \sigma I}}$$

$$b' = 0.039 \text{ м}$$

окончательно принимаем больший размер

$$b = 0.042 \text{ м}$$

Выполняем эскиз вала: (данные по диаметрам и длинам подставить самостоятельно)



### РАСЧЕТ ВАЛА НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ПРИ ИЗГИБЕ С КУЧЕНИЕМ

Нормальные напряжения изменяются по симметричному, а касательные по асимметричному циклу. Принимаем, что участок с максимальным

значением эквивалентного момента содержит заданный концентратор напряжений

$$d_{max} = 0.047 \text{ м}$$

1. Определяем максимальное, минимальное, среднее и амплитудное номинальные (без учета концентратора) напряжения изгиба.

$$\sigma_{max} = \frac{max M_{u.рез} \cdot 32}{\pi \cdot d_{max}^3}$$

$$\sigma_{max} = 1.244 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{min} = -\sigma_{max}$$

$$\sigma_{min} = -1.244 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\sigma_m = 0 \text{ Pa}$$

$$\sigma_a = \sigma_{max} \quad \sigma_a = 1.244 \times 10^8 \text{ Pa}$$

2. Вычислим максимальное, минимальное, среднее и амплитудное (без учета концентратора) касательные напряжения кручения:

$$\tau_{max} = \frac{M_{k.max} \cdot 16}{\pi \cdot d_{max}^3}$$

$$\tau_{max} = 1.685 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$\tau_{min} = \frac{M_{k.min} \cdot 16}{\pi \cdot d_{max}^3}$$

$$\tau_{min} = 1.091 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$\tau_m = \frac{\tau_{max} + \tau_{min}}{2} \quad \tau_m = 1.388 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$\tau_a = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2} \quad \tau_a = 2.974 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Коэффициент асимметрии цикла касательных напряжений  $R_\tau = 0.4$

Определяем поверхностный фактор (рис П1) для заданной чистоты поверхности вала

$$\epsilon_{\Pi} = 1.55 \quad \text{Поверхность} = "2"$$

4. Находим масштабный фактор (Рис П2) для полученного размера участка вала с концентратором

$$d_{max} = 0.047 \text{ м} \quad \text{тип} = "Легированная"$$

$$\epsilon_M = 0.773$$

5. Для заданного концентратора определяем эффективные коэффициенты

## концентрации

Концентратор типа 1 - галтельный переход диаметров (Табл 5.6)  
Находим значения эффективных коэффициентов концентрации

$$\text{Нормальных напряжений} \quad k_{\sigma} = q_{\sigma}(a_{\sigma} - 1)$$

$$\text{Касательных напряжений} \quad k_{\tau} = q_{\tau}(a_{\tau} - 1)$$

$a_{\sigma}$  и  $a_{\tau}$  теоретические коэффициенты концентрации нормальных и касательных напряжений, которые определяются по рисунку (П.5 и П.6)

$q_{\sigma}$  и  $q_{\tau}$  коэффициенты чувствительности материала к концентрации нормальных и касательных напряжений определяемые с учетом рис. П.7 по формулам

$$q_{\sigma} = \frac{(q_{\sigma B} + q_{\sigma T I \sigma B})}{2} \quad q_{\tau} = q_{\sigma T I \sigma B}$$

Вспомогательные данные

$$d_{max} = 0.047 \text{ м} \quad \text{диаметр } D$$

$$d_{max2} = 0.045 \text{ м} \quad \text{диаметр } d$$

$$\rho = 0.5 \cdot (D - d) \quad \rho = 1.067 \times 10^{-3} \text{ м}$$

$$\frac{\rho}{d_{max2}} = 0.024$$

Находим:

$$q_{\sigma B} = 0.413 \quad a_{\sigma} = 2.092$$

$$q_{\sigma T I \sigma B} = 0.413 \quad a_{\tau} = 1.438$$

$$q_{\sigma} = \frac{(q_{\sigma B} + q_{\sigma T I \sigma B})}{2} \quad q_{\tau} = q_{\sigma T I \sigma B}$$

$$q_{\sigma} = 0.413 \quad q_{\tau} = 0.413$$

$$k_{\sigma} = q_{\sigma}(a_{\sigma} - 1) \quad k_{\sigma} = 0.451$$

$$k_{\tau} = q_{\tau}(a_{\tau} - 1) \quad k_{\tau} = 0.181$$

6. Вычисляем обобщенные коэффициенты  $\gamma_{\sigma}$  и  $\gamma_{\tau}$  учитывающие

совместное влияние на пределы выносливости поверхностного, масштабного факторов и концентрации напряжений

$$\gamma_{\sigma} = \frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{II} \cdot \varepsilon_{M}} \quad \gamma_{\tau} = \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{II} \cdot \varepsilon_{M}}$$

$$\gamma_{\sigma} = 0.376 \quad \gamma_{\tau} = 0.151$$

7. Определяем характеристики усталостной прочности металла вала по справочным таблицам. При отсутствии последних характеристики усталостной и статической прочности материала рекомендуется определять по следующим приближенным зависимостям.

Пределы выносливости

$$\sigma_I = 0.47 \cdot \sigma_B \quad \sigma_I = 4.23 \times 10^8$$

При симметричном цикле изгиба

$$\sigma_{Iu} = 0.47 \cdot \sigma_B \quad \sigma_{Iu} = 4.23 \times 10^8$$

При отнулевом цикле изгиба

$$\sigma_{0.u} = 1.5 \cdot \sigma_{Iu} \quad \sigma_{0.u} = 6.345 \times 10^8$$

При симметричном цикле кручения

$$\tau_I = 0.22 \cdot \sigma_B \quad \tau_I = 1.98 \times 10^8$$

При отнулевом цикле кручения

$$\tau_0 = 1.7 \cdot \tau_I \quad \tau_0 = 3.366 \times 10^8$$

Предел текучести материала ала при кручении

$$\tau_T = 0.55 \cdot \sigma_T \quad \tau_T = 3.85 \times 10^8$$

Предел прочности материала вала при кручении

$$\tau_B = 0.55 \cdot \sigma_B \quad \tau_B = 4.95 \times 10^8$$

8. Определяем запас циклической прочности по схематизированной диаграмме Дж. Гудмана, поскольку луч пересекает линию усталостного разрешения, то запас циклической прочности по нормальным напряжениям определяется по формуле

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_I}{\gamma_{\sigma} \cdot \sigma_a + \frac{\sigma_I}{\sigma_B} \cdot \sigma_m}$$

$$\gamma_{\sigma} \cdot \sigma_a = 4.683 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$\sigma_m = 0 Pa$$

$$R_\sigma = -1$$

$$\sigma_{aL} = \sigma_1 \quad \sigma_{aL} = 4.23 \times 10^8$$

$$n_\sigma = \frac{\sigma_1}{\gamma_\sigma \cdot \sigma_a + \frac{\sigma_1}{\sigma_B} \cdot \sigma_m}$$

$$\sigma_1 = 4.23 \times 10^8$$

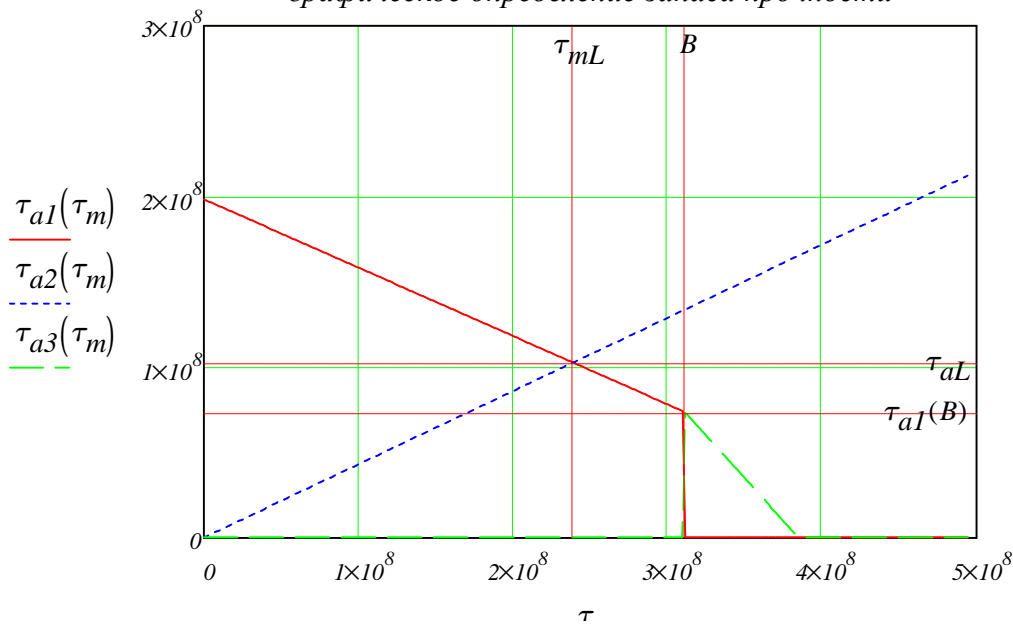
$$\sigma_a = 1.244 \times 10^8 Pa$$

$$\gamma_\sigma = 0.376$$

$$n_\sigma = 9.032 \frac{1}{Pa}$$

Запас прочности по касательным напряжениям определяется аналогичным образом.

графическое определение запаса прочности



если рабочий луч пересекает линию пластичности, то используем формулу

$$n_\tau = \frac{\tau_1}{\gamma_\tau \cdot \tau_a + \tau'_m}$$

если рабочий луч пересекает линию усталостного разрушения, то используем формулу

$$n_\tau = \frac{\tau_1}{\gamma_\tau \cdot \tau_a + \frac{\tau_1}{\tau_B} \cdot \tau'_m}$$

луч = "Пересекает линию усталостного разрушения"

Выбираем соответствующую формулу и находим запас прочности по касательным напряжениям

$$n_{\tau} = 13.819$$

Определяем общий (эквивалентный) запас циклической прочности с учетом совместного действия циклических нормальных и касательных напряжений

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}}$$

$$n = 7.56$$

Таким образом, поскольку общий запас циклической прочности существенно больше единицы, то циклическая прочность обеспечена