

Расчет НКТ и штанг на упругое удлинение

Задача 1.

Расчитать упругое удлинение одноразмерной колонны насосно-компрессорных труб группы прочности Д, диаметром 60 мм:

- в воздухе;
- в жидкости с плотностью 830 кг/м³;
- в составе СШНУ.

Решение:

а) в воздухе:

1) Удлинение труб НКТ в воздухе определяется по формуле:

$$\Delta l_{\text{нкт возд}} = \frac{Q_{\text{нкт}} \cdot l}{E \cdot A_{\text{нкт}}};$$

2) Определим площадь поперечного сечения НКТ:

$$A_{\text{нкт}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_n^2 - D_e^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (60,3^2 - 50,3^2) \cdot 10^{-6} = 0,00086821 \text{ м}^2;$$

где D_n – наружный диаметр НКТ, мм;

D_e – внутренний диаметр НКТ, мм;

Значения D_e и D_n принимаем по ГОСТ 633-80:

$$D_e = 60,3 \text{ мм};$$

$$D_n = 50,3 \text{ мм};$$

3) Определим нагрузку, вызванную весом НКТ:

$$Q_{\text{нкт}} = q \cdot l \cdot g = 6,8 \cdot 1250 \cdot 9,81 = 83385 \text{ Н};$$

где q – масса 1 м трубы, кг/м;

4) Подставим полученные значения в формулу:

$$\Delta l_{\text{нкт возд}} = \frac{83385 \cdot 1250}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,00086821} = 0,60 \text{ м};$$

5) Определим относительное удлинение НКТ:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_{\text{нкт возд}}}{l} \cdot 100\% = \frac{0,60}{1250} \cdot 100\% = 0,048\%;$$

6) Определим жесткость НКТ:

$$k = \frac{Q_{\text{нкт}}}{\Delta l_{\text{нкт возд}}} = \frac{83385}{0,6} = 138975 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

б) в жидкости:

7) Удлинение труб НКТ в жидкости определяется по формуле:

$$\Delta l_{\text{нкт жид}} = \frac{(Q_{\text{нкт}} + Q_{\text{жид}}) \cdot l}{E \cdot A_{\text{нкт}}};$$

где $Q_{\text{жид}}$ – нагрузка, вызванная весом жидкости, Н;

8) Определим нагрузку, вызванную весом жидкости:

$$Q_{\text{жид}} = p_{\text{жид}} \cdot S_{\text{жид}} = \rho_{\text{жид}} \cdot g \cdot l \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{в}}^2 - D_{\text{шт}}^2) = 26166 \text{ Н};$$

где $p_{\text{жид}}$ – давление столба жидкости, Па;

$\rho_{\text{жид}}$ – плотность жидкости, кг/м³;

$D_{\text{шт}}$ – диаметр штанг, мм; $D_{\text{шт}} = 19 \text{ мм}$;

9) Подставим полученные значения в формулу:

$$\Delta l_{\text{нкт жид}} = \frac{(83385 + 26166) \cdot 1250}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,00086821} = 0,79 \text{ м};$$

10) Определим относительное удлинение НКТ:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_{\text{нкт жид}}}{l} \cdot 100\% = \frac{0,79}{1250} \cdot 100\% = 0,063\%;$$

11) Определим жесткость НКТ:

$$k = \frac{Q_{\text{нкт}} + Q_{\text{жид}}}{\Delta l_{\text{нкт жид}}} = \frac{83385 + 26166}{0,79} = 138672 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

в) в составе СШНУ:

12) Удлинение труб НКТ в жидкости определяется по формуле:

$$\Delta l_{\text{нкт сшну}} = \frac{(Q_{\text{нкт}} + Q_{\text{жид}} + Q_{\text{шт}}) \cdot l}{E \cdot A_{\text{нкт}}};$$

где $Q_{\text{шт}}$ – нагрузка, вызванная весом штанг, Н;

13) Определим нагрузку, вызванную весом жидкости:

$$Q_{\text{шт}} = \rho_{\text{шт}} \cdot l \cdot A_{\text{шт}} \cdot g = \rho_{\text{шт}} \cdot l \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{шт}}^2) \cdot g = 7850 \cdot 1250 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (19 \cdot 19) \cdot 0,000001 \cdot 9,81 = 27293 \text{ Н};$$

где $\rho_{\text{шт}}$ – плотность материала штанг, кг/м³; $\rho_{\text{шт}} = 7850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

$A_{\text{шт}}$ – площадь поперечного сечения штанг, м²;

14) Подставим полученные значения в формулу:

$$\Delta l_{\text{нкт сшну}} = \frac{(83385 + 26166 + 27293) \cdot 1250}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,00086821} = 0,98 \text{ м};$$

15) Определим относительное удлинение НКТ:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_{\text{нкт жид}}}{l} \cdot 100\% = \frac{0,98}{1250} \cdot 100\% = 0,78\%;$$

16) Определим жесткость НКТ:

$$k = \frac{Q_{\text{нкт}} + Q_{\text{жид}} + Q_{\text{шт}}}{\Delta l_{\text{нкт жид}}} = \frac{83385 + 26166 + 27293}{0,98} = 139637 \frac{H}{m};$$

Задача 2.

Рассчитать упругое удлинение насосных штанг группы прочности Д, диаметром 19 мм:

- в воздухе;
- в жидкости с плотностью 830 кг/м³;
- в составе СШНУ.

Решение:

а) в воздухе:

1) Удлинение штанг в воздухе определяется по формуле:

$$\Delta l_{\text{шт в возд}} = \frac{Q_{\text{нкт}} \cdot l}{E \cdot A_{\text{нкт}}};$$

где $Q_{\text{шт}}$ – нагрузка, вызванная весом штанг, Н;

l – глубина спуска насоса, м;

E – модуль упругости, МПа (для стали $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа);

$A_{\text{шт}}$ – площадь поперечного сечения штанг, м²;

2) Определим площадь поперечного сечения штанг:

$$A_{\text{шт}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{шт}})^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (19)^2 \cdot 10^{-6} = 0,00028 \text{ м}^2;$$

3) Определим нагрузку, вызванную весом штанг:

$$Q_{\text{шт}} = \rho_{\text{шт}} \cdot l \cdot A_{\text{шт}} \cdot g = \rho_{\text{шт}} \cdot l \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{шт}})^2 \cdot g = 7850 \cdot 1250 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (19 \cdot 19) \cdot 0,000001 \cdot 9,81 = 27293 \text{ Н};$$

4) Подставим полученные значения в формулу:

$$\Delta l_{\text{шт в возд}} = \frac{27293 \cdot 1250}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,00028} = 0,60 \text{ м};$$

5) Определим относительное удлинение штанг:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_{шт\ в\ возд}}{l} \cdot 100\% = \frac{0,60}{1250} \cdot 100\% = 0,048\%;$$

6) Определим жесткость штанг:

$$k = \frac{Q_{шт}}{\Delta l_{шт\ в\ возд}} = \frac{27293}{0,6} = 45365 \frac{H}{м};$$

б) в жидкости:

7) Удлинение штанг в жидкости определяется по формуле:

$$\Delta l_{шт\ жид} = \frac{(Q_{шт} + Q_{жид}) \cdot l}{E \cdot A_{шт}};$$

где $Q_{жид}$ – нагрузка, вызванная весом жидкости, Н;

8) Определим нагрузку, вызванную весом жидкости:

$$Q_{жид} = p_{жид} \cdot S_{жид} = \rho_{жид} \cdot g \cdot l \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_g^2 - D_{шт}^2) = 59864 \text{ Н};$$

где $p_{жид}$ – давление столба жидкости, Па;

$\rho_{жид}$ – плотность жидкости, кг/м³;

$D_{шт}$ – диаметр штанг, мм; $D_{шт} = 19 \text{ мм}$;

9) Подставим полученные значения в формулу:

$$\Delta l_{шт\ жид} = \frac{(27293 + 59864) \cdot 1250}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,00028} = 1,92 \text{ м};$$

10) Определим относительное удлинение штанг:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_{шт\ жид}}{l} \cdot 100\% = \frac{1,92}{1250} \cdot 100\% = 0,154\%;$$

11) Определим жесткость штанг:

$$k = \frac{Q_{шт} + Q_{жид}}{\Delta l_{шт\ жид}} = \frac{27293 + 59864}{1,92} = 45365 \frac{H}{м};$$

в) в составе СШНУ:

12) Удлинение штанг в СШНУ определяется по формуле:

$$\Delta l_{шт\ сшну} = \frac{(Q_{шт} + Q_{жид} + Q_{шт}) \cdot l}{E \cdot A_{шт}};$$

где $Q_{шт}$ – нагрузка, вызванная весом штанг, Н;

13) Определим нагрузку, вызванную весом НКТ:

$$Q_{нкт} = q \cdot l \cdot g = 15,2 \cdot 1250 \cdot 9,81 = 186390 \text{ Н};$$

где q – масса 1 м трубы, кг/м;

14) Подставим полученные значения в формулу:

$$\Delta l_{\text{шт стану}} = \frac{(186390 + 59864 + 27293) \cdot 1250}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,00028} = 6,03 \text{ м};$$

15) Определим относительное удлинение штанг:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_{\text{шт стану}}}{l} \cdot 100\% = \frac{6,03}{1250} \cdot 100\% = 0,482\%;$$

16) Определим жесткость штанг:

$$k = \frac{Q_{\text{нкт}} + Q_{\text{жид}} + Q_{\text{шт}}}{\Delta l_{\text{шт стану}}} = \frac{186390 + 59864 + 27293}{6,03} = 45365 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

Вывод: в данной практической работе был произведен расчет на упругое удлинение колонны НКТ, а также насосных штанг.