

**ИДЗ 4. Расчёт и подбор оборудования для шланговой скважинной насосной установки**



### Методические указания к решению задачи:

При решении задачи необходимо учитывать соответствие единиц измерения и наличие префиксов. Например, 1 МПа = 10<sup>6</sup> Па

1. Определяем **плотность нефтяной эмульсии** скважин:

$$\rho_{см} = \frac{\rho_n + \Gamma\rho_z + \rho_g \left(\frac{n_g}{1-n_g}\right)}{v_n + \left(\frac{n_g}{1-n_g}\right)}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (1)$$

2. Определяем **расстояние от забоя до динамического уровня в скважине** при заданном  $P_{заб}$ :

$$H'_{дин} = \frac{P_{заб}}{g\rho_{см}}, \text{м} \quad (2)$$

где  $P_{заб}$  - забойное давление, Па;

$\rho_{см}$  - плотность смеси,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  - ускорение свободного падения.

3. Определяем **расстояние от устья до уровня жидкости в скважине**:

$$H_{дин} = H_{скв} - H'_{дин}, \text{м} \quad (3)$$

где  $H_{скв}$  - глубина скважины, м

$H'_{дин}$  - расстояние от забоя до динамического уровня в скважине, м.

4. Определяем **депрессию на пласт**:

$$\Delta P = P_{пл} - P_{заб}, \text{МПа} \quad (4)$$

где  $P_{пл}$  - пластовое давление, МПа;

$P_{заб}$  - забойное давление, МПа.

5. Определяем **фактический весовой дебит** скважины:

$$Q_{ф.в.} = K \cdot \Delta P, \frac{\text{т}}{\text{сут}} \quad (5)$$

где  $K$  - коэффициент продуктивности  $\frac{\text{т}}{\text{сут} \cdot \text{МПа}}$

$\Delta P$  - депрессия на пласт, МПа.

6. Определяем фактический объёмный дебит скважины:

$$Q_{ф.о.} = \frac{Q_{ф.в.}}{\rho_{см}}, \frac{м^3}{сут} \quad (6)$$

где  $Q_{ф.в.}$  - фактический весовой дебит скважины,  $\frac{т}{сут}$ ;

$\rho_{см}$  - плотность смеси,  $\frac{кг}{м^3}$ .

7. Определяем **теоретический объёмный дебит** скважины:

$$Q_{т.о.} = \frac{Q_{ф.о.}}{\alpha_n}, \frac{м^3}{сут} \quad (7)$$

где  $Q_{ф.о.}$  - фактический объёмный дебит скважины,  $\frac{м^3}{сут}$ ;

$\alpha_n$  - коэффициент подачи, доли единиц.

8. Для снижения влияния свободного газа на работу насоса задаёмся из опыта эксплуатации величиной погружения под динамический уровень из условия:

если  $n_b > 0,5$  долей единиц, то влияние газа на работу насоса меняется и

$h_{дин} = 400$  м;

если  $n_b < 0,5$ , то влияние газа велико и  $h_{дин} = 600$  м;

если  $n_b = 0,75 > 0,5$ , тогда  $h_{дин} = 400$  м.

9. Определяем **глубину спуска насоса в скважину**:

$$L = H_{дин} + h_{дин}, \text{ м} \quad (8)$$

где  $H_{дин}$  - расстояние от устья до уровня жидкости в скважине,  $м$ ;

$h_{дин}$  - глубина погружения насоса под динамический уровень,  $м$ .

10. Выбираем по **диаграмме Адонина**, в зависимости от величины спуска насоса и объёмного теоретического дебита скважины, **тип станка-качалки (СК) и диаметр насоса**. (И.Т.Мищенко. Расчеты в добыче нефти стр.150).

11. Выписываем стандартные длины хода полированного штока, выбранного СК, и число качаний насоса и минуту-Si,  $n_i$ .

(Н.Г.Серета, «Спутник нефтяника и газовика»). (Паспорт для СК).

12. Выбираем тип насоса в зависимости от его глубины спуска и его диаметра.

(Н.Г.Серета, «Спутник нефтяника и газовика», стр.209-210); (И.Т.Мищенко. Расчеты в добыче нефти стр.152, 161)

13. Выбираем диаметр НКТ в зависимости от типа и диаметра насоса.

(Н.Г.Серета, «Спутник нефтяника и газовика», стр.222-223); (И.Т.Мищенко. Расчеты в добыче нефти стр.152)

14. Выбираем диаметр насосных штанг и число ступеней штанговой колонны в зависимости от диаметра насоса и глубина его спуска.

(Н.Г.Серета, «Спутник нефтяника и газовика», стр.215-221); (И.Т.Мищенко. Расчеты в добыче нефти стр.169-174).

15. Определяем **параметры режимов работы насоса** при стандартных длинах хода:

$$n_i = \frac{Q_{m.o.}}{1440 \cdot F_{пл} \cdot S_i}, \text{ мин}^{-1} \quad (9)$$

где 1440 - количество минут в сутках,  $\frac{\text{мин}}{\text{сут}}$ ;

$F_{пл}$  - площадь поперечного сечения плунжера,  $\text{м}^2$ .

$$F_{пл} = \frac{\pi \cdot D_{пл}^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (10)$$

$$D_{пл} = D_{нас}, \text{ м}$$

$S_i$  - стандартные длины хода плунжера, м.

Выбираем наиболее благоприятные режимы.

16. Определяем площадь сечения плунжера:

$$F_{пл} = \frac{Q_{m.o.}}{1440 \cdot S_i \cdot n_i}, \text{ м}^2 \quad (11)$$

17. По данным сечения плунжера определяем его диаметр соответствующего режима:

$$D_{пл} = \sqrt{\frac{F_{пл}}{0,785}}, \text{ м} \quad (12)$$

18. Для выбора наиболее выгодного режима определяем для  $n_i$  и  $n_{i+1}$  режимов **максимальные значения нагрузок** в точке подвеса штанг:

$$P_{max} = F_{пл} \cdot p_{см} \cdot L \cdot g \cdot q_{cp} \cdot L \left( b + \frac{S_i n_i^2}{1440} \right), \text{ Н} \quad (13)$$

где  $b$  - коэффициент потери веса штанг в жидкости;

$$q_{cp} = 16,3 \frac{\text{Н}}{\text{м}} - \text{средний вес 1 м штанг}, \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Самым выгодным будет режим, при котором  $P_{max}$  будет минимальным по значению:  $P_{max5} < P_{max4} < P_{max3}$ , то режим будет оптимальным.

19. Определяем **максимальное напряжение в штангах** при оптимальном режиме:

$$G_{max} = \frac{P_{max5}}{f_{ум1}}, \text{ МПа} \quad (14)$$

где  $P_{max5} = 24098,1 \text{ Н}$  - максимальная нагрузка при оптимальном режиме, Н;

$F_{ин1}$  - площадь поперечного сечения штанг 1 ступени при оптимальном режиме,  $\text{мм}^2$ .

$$f_{ум1} = \frac{\pi \cdot d_{ум1}^2}{4}, \text{ мм}^2 \quad (15)$$

где  $d_{ум1} = 19 \text{ мм}$  - диаметр штанг 1 ступени.

Если  $G_{max} < [G_{пр}] = 120 \text{ МПа}$ , колонна штанг выдержит нагрузку.

20. Проверяем режим  $n_i$  и  $n_{i+1}$  на выносливость штанг, характеризуемую частностью обрыва штанг. Расчёт ведём для 1 ступени штанг, так как чаще всего больше 50% обрывов происходит в верхней части колонны штанг - 1 ступени.

$$K_i = n_i \cdot \left( \frac{D_{nли}}{d_{1шт}} \right)^3 \quad (16)$$

21. Рассчитываем необходимое число качаний оптимального режима:

$$n = n_{i(i+1)} \cdot \left( \frac{D_{nли(i+1)}}{D_{нл.гост}} \right) \text{ мин}^{-1} \quad (17)$$

где  $n_{i(i+1)}$  - число качаний рассматриваемого режима,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$D_{нл i(i+1)}$  - расчётный диаметр плунжера, м;

$D_{нл.гост}$  - стандартный диаметр плунжера, м;

22. Рассчитываем полезную мощность электродвигателя по формуле Ефремова:

$$N = 401 \cdot 10^{-6} \cdot \pi \cdot D_{нл.гост} \cdot S \cdot n \cdot p_{см} \cdot L \cdot \left( \frac{1 - \eta_n \cdot \eta_{ск}}{\eta_n \cdot \eta_{ск}} + L_n \right) \cdot K, \text{ кВт} \quad (18)$$

$\eta_n = 0,9$  - коэффициент полезного действия (КПД) насоса;

$\eta_{ск} = 0,8$  - КПД станка-качалки;

$\alpha_n = 0,75$  - коэффициент подачи насоса, доли единиц;

$K$  - коэффициент, учитывающий степень уравновешенности СК.

Сравниваем полученный результат с паспортными данными, выбираем тип двигателя с запасом мощности.

23. По типу СК определяем тип редуктора (Бухаленко, стр.55).

24. Записываем компоновку УШГН и все выбранные режимные параметры.