

Задача 7

Условие задачи:

Подобрать НКТ, рассчитать необходимый напор ЭЦН, выбрать насос и электродвигатель для заданных условий скважины, выбрать кабель.

Дано:

Для подбора УЭЦН даны следующие показатели:

наружный диаметр эксплуатационной колонны $D=146$ мм;

глубина скважины $H = 1730$ м;

дебит жидкости $Q = 124$ м³/сут;

статический уровень $h_{ст} = 814$ м;

коэффициент продуктивности скважины $K = 55$ м³/(сут · МПа);

средняя скорость потока в трубах $V_{cp} = 1,6$ м/с;

глубина погружения под динамический уровень $h = 35$ м;

кинематическая вязкость жидкости $\mu = 1,76 \cdot 10^{-6}$ м²/с;

превышение уровня жидкости в сепараторе над устьем скважины $h_r = 13,2$ м;

избыточное давление в сепараторе $P_c = 0,45$ МПа;

расстояние от устья до сепаратора $l = 46$ м;

плотность добываемой жидкости $\rho_n = 882$ кг/м³.

Решение:

Определяем площадь внутреннего канала НКТ по формуле

$$F_{вн} = \frac{Q}{86400 * V_{cp}},$$
$$F_{вн} = \frac{30 * 10^6}{86400 * 130} = 2,67 \text{ см}^2$$
$$F_{вн} = \frac{124 * 10^6}{86400 * 160} = 8 \text{ см}^2$$

где

$F_{вн}$ -площадь внутреннего канала, см²;

Q -дебит скважины, м³/сут;

V_{cp} -выбранная величина средней скорости, см/с.

При $V_{cp} = 160$ см/с:

Внутренний диаметр по формуле

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{F_{вн} * 10^4}{0,785}}$$
$$d_{вн} = \sqrt{\frac{2,67}{0,785}} = 1,84 \text{ см} = 18,4 \text{ мм}$$
$$d_{вн} = \sqrt{\frac{8}{0,785}} = 3,19 \text{ см} = 31,9 \text{ мм}$$

где

$d_{вн}$ -внутренний диаметр, мм;

Ближайший больший $d_{вн}$ имеют НКТ диаметром 42 мм ($d_{вн} = 31,9$ мм).

Скорректируем выбранное значение $V_{cp} = 160$ см/с:

$$V_{cp} = \frac{Q}{86400 * F_{вн}}$$
$$V_{cp} = \frac{30 * 10^6}{86400 * 0,785 * 2,67^2} = 62 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$
$$V_{cp} = \frac{124 * 10^6}{86400 * 0,785 * 8^2} = 29 \text{ см/с}$$

При выборе НКТ и при дебите 124 м³/сут и КПД = 0,94 также получим НКТ диаметром 42 мм.

Депрессия по формуле будет равна

$$\Delta h = \frac{Q * 10^6}{K * \rho_{жс} * g}$$
$$\Delta h = \frac{30 * 10^6}{60 * 723 * 9,81} = 70,5 \text{ м}$$
$$\Delta h = \frac{124 * 10^6}{55 * 882 * 9,81} = 260,6 \text{ м}$$

где

Δh -депрессия, м;

K -коэффициент продуктивности скважины, м³/сут*Мпа;

$\rho_{\text{ж}}$ -плотность жидкости, кг/м³;

g -ускорение свободного падения, м/с², $g=9,81$ м/с².

Число Рейнольдса по формуле

$$R_e = \frac{V_{\text{сп}} * d_{\text{от}}}{\mu},$$
$$R_e = \frac{0,62 * 0,0403}{1,5 * 10^{-6}} = 16657$$
$$R_e = \frac{0,29 * 0,0352}{1,76 * 10^{-6}} = 58$$

где

R_e -число Рейнольдса;

μ -кинематическая вязкость жидкости, м²/с

Относительная гладкость труб по формуле

$$K_s = \frac{d_{\text{от}}}{2 * \Delta},$$
$$K_s = \frac{0,0403}{2 * 0,1 * 10^{-3}} = 201,5$$
$$K_s = \frac{0,0352}{2 * 0,1 * 10^{-3}} = 176$$

где

K_s -относительная гладкость труб;

Δ -шероховатость стенок труб, принимаемая для незагрязненных отложениями солей и парафина труб равной 0,1 мм.

Определим λ по формуле для сравнений.

$$\lambda = \frac{0,3164}{R_e^{0,25}},$$
$$\lambda = \frac{0,3164}{16657^{0,25}} = 0,028$$
$$\lambda = \frac{0,3164}{58^{0,25}} = 0,11$$

где

-коэффициент гидравлического сопротивления.

Глубина спуска насоса по формуле

$$L = h_{cm} + \Delta h + h,$$

$$L = 900 + 70,5 + 50 = 1020,5 \text{ м}$$

$$L = 814 + 260,6 + 35 = 1109,6 \text{ м}$$

где

L -глубина спуска насоса, м;

$h_{ст}$ -статический уровень жидкости, м;

h -глубина погружения насоса под динамический уровень, м.

Потери на трение в трубах по формуле

$$h_{тр} = \lambda \frac{(L+l) v^2}{d_{ин} 2g},$$

$$h_{тр} = 0,028 \frac{(1020,560) 0,62^2}{0,0403 * 2 * 9,81} = 14,7 \text{ м}$$

$$h_{тр} = 0,11 \frac{(1109,6 + 46) * 0,29^2}{0,0352 * 2 * 9,81} = 15,5 \text{ м}$$

где

$h_{тр}$ -потери напора на трение в трубах, м;

l -расстояние от устья до сепаратора, м.

Потери напора в сепараторе по формуле

$$h_c = \frac{P_c}{\rho_{ж} * g},$$

$$h_c = \frac{0,2 * 10^6}{723 * 9,81} = 28,2 \text{ м}$$

$$h_c = \frac{0,45 * 10^6}{882 * 9,81} = 52 \text{ м}$$

где

h_c -потери напора на преодоление давления в сепараторе, м;

P_c -избыточное давление в сепараторе, МПа.

Величина необходимого напора формула

$$H_c = h_{cm} + \Delta h + h_{тр} + h_z + h_c,$$

$$H_c = 900 + 70,5 + 14,7 + 15 + 28,2 = 1028,4 \text{ м}$$

$$H_c = 814 + 260,6 + 15,5 + 13,2 + 52 = 1155,3 \text{ м}$$

где

H_c -необходимый напор, м;

h_z -превышение уровня жидкости в сепараторе над устьем скважины, м.

Для получения дебита $Q = 124 \text{ м}^3/\text{сут}$ и напора $H_c = 1155,3 \text{ м}$, выбираем

ЭЦН5-130-1200 с числом ступеней 282, учитывая, что эксплуатационная колонна у нас диаметром 146 мм.

Рабочая область характеристики данного насоса: $Q=85-160 \text{ м}^3/\text{сут}$,
 $H=860-1320 \text{ м}$.

Из полученной рабочей области характеристики найдем, что при дебите $124 \text{ м}^3/\text{сут}$ напор ЭЦН на воде составит 1320 м.

Для совмещения характеристик насоса и скважины определим по формуле число ступеней, которое нужно снять с насоса:

$$\Delta z = \left[1 - \frac{H_c}{H} \right] z,$$
$$\Delta z = \left[1 - \frac{1028,4}{1400} \right] * 264 = 70$$

$$\Delta z = 70$$

где

Δz -число ступеней, которое нужно снять с насоса;

H -напор насоса по его характеристике, м;

z -число ступеней насоса.

Следовательно, насос должен иметь 247 ступеней, вместо снятых устанавливаются проставки.

Полезная мощность электродвигателя формула

$$N_n = \frac{Q * \rho_{\text{ж}} * H_c}{86400 * 102 * \eta_n},$$
$$N_n = \frac{30 * 723 * 1028,4}{86400 * 102 * 0,43} = 5,9 \text{ кВт}$$

$$N_n = \frac{124 * 882 * 1155,3}{86400 * 102 * 0,40} = 35,8 \text{ кВт}$$

где

N_n -полезная мощность электродвигателя, кВт;

η_n -КПД насоса.

где 0,40 - КПД насоса . Необходимая мощность двигателя

$$N_n = \frac{N_n}{0,92},$$
$$N_n = \frac{5,9}{0,92} = 6,4 \text{ кВт}$$

$$N_n = \frac{35,8}{0,92} = 38,9 \text{ кВт}$$

где

N_n -необходимая мощность двигателя, кВт.

Это ПЭД 40-103 с КПД 0,72, напряжение 1000 В, сила тока 40 А, $\cos\alpha = 0,80$, температура окружающей среды до 55°C.

Согласно расчетов берем кабель КРБК 3*10 мм² с рабочим напряжением 1000 В и размером 27,5 мм.

По исходным данным подходит данное оборудование:

-НКТ диаметром 42 мм;

-ЭЦН 5-130-1200 с числом ступеней 247;

-ПЭД14-103;

-КРБК 3*10 с рабочим напряжением 1000 В и размером 27,5 мм.

