

Лекция 7

Содержание

- Влияние плотности и вязкости перекачиваемой жидкости на работу насоса
- Пересчет технических показателей насоса

Влияние плотности и вязкости

Центробежные насосы на нефтяных промыслах применяются для подачи весьма разнообразных по своим физическим показателям жидкостей: сильно минерализованной воды (плотность более 1000 кг/м^3), сырой нефти и некоторых нефтепродуктов (плотность менее 1000 кг/м^3), но при этом с большой вязкостью.

Влияние плотности и вязкости

Основные технические показатели любого насоса определяются при работе его на воде с плотностью 1000 кг/м^3 и вязкостью $0,01 \text{ см}^2/\text{с}$ при $t_{cm} = 20^0 \text{ С}$ и вносятся в техническую документацию на насос. Поэтому при выборе и эксплуатации центробежного насоса необходимо учитывать влияние плотности и вязкости подаваемой жидкости на характеристику насоса.

Влияние плотности и вязкости

Влияние плотности:

С уменьшением плотности жидкости уменьшается полезная мощность, вследствие чего уменьшается и КПД насоса.

С увеличением плотности - увеличиваются полезная мощность и КПД насоса.

Подача Q и напор H насоса не зависят от плотности подаваемой жидкости, и характеристика $Q-H$ насоса остается неизменной. Давление насоса изменяется прямо пропорционально плотности жидкости.

Влияние плотности и вязкости

Влияние вязкости:

Вязкость оказывает значительно большее по сравнению с плотностью жидкости влияние на потери мощности. При подаче вязкой сырой нефти и нефтепродуктов потери мощности насоса резко увеличиваются, и КПД насоса уменьшается. При увеличении вязкости подаваемой жидкости уменьшаются напор и подача насоса, и характеристика $Q-H$ снижается.

Влияние плотности и вязкости

При пересчете технических показателей насоса при подаче им воды на подачу более вязкой жидкости используются экспериментальные данные.

В большинстве методов используются пересчетные коэффициенты для подачи (K_{qv}), напора (K_{Hv}) и КПД ($K_{\eta v}$) насоса. Зная технические показатели насоса при подаче им воды (с индексом «В»), можно определить новые технические показатели при подаче вязкой жидкости по формулам:

$$Q_v = K_{qv} \cdot Q_B$$

$$H_v = K_{Hv} \cdot H_B$$

$$\eta_v = K_{\eta v} \cdot \eta_B$$

Пересчет технических показателей насоса

Пересчет технических показателей насоса

Допущение. При постоянной частоте вращения вала насоса и увеличении вязкости нефтепродукта кривая $H = F(Q)$ снижается так, что коэффициент быстроходности насоса на режиме максимального к.п.д. остается постоянным:

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} = const$$

$$Q_B^{0,5} / H_B^{0,75} = Q_v^{0,5} / H_v^{0,75}$$

Пересчет технических показателей насоса

Следовательно, для вычислений относящихся к режиму максимального к.п.д. при перекачке вязкого нефтепродукта необходим только один опытный поправочный коэффициент пересчёта для напора K_H или подачи K_Q . Второй коэффициент (например, K_Q при известном K_H) может быть вычислен по уравнению

$$Q_v / Q_B = \left(H_v / H_B \right)^{1,5}$$

$$K_Q = K_H^{1,5}$$

Пересчет технических показателей насоса

Пересчёт характеристик необходим, если кинематическая вязкость транспортируемой жидкости ν_t при заданной температуре перекачки $t = t_{п.н}$ попадает на интервал:

$$\nu_{п} < \nu_t \leq \nu_{доп}$$

где $\nu_{п}$ – критическое значение вязкости (в $\text{м}^2/\text{с}$) перекачиваемой жидкости, при превышении которой необходим пересчёт напора и подачи насоса;

Пересчет технических показателей насоса

$\nu_{\text{доп}}$ - максимально-допустимая вязкость жидкости, при которой центробежный насос ещё способен вести перекачку без предварительной подготовки жидкости (например, без предварительного её подогрева: для центробежных нефтяных насосов серии НМ $\nu_{\text{доп}} = 3\text{Ст} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$).

Кинематическая вязкость ν_t находится по формуле

$$\nu_t = \mu_t / \rho_t$$

Пересчет технических показателей насоса

где ρ_t и μ_t – соответственно плотность (в $кг/м^3$) и динамическая вязкость (в $Па \cdot с$) перекачиваемой жидкости при $t = t_{п.н.}$, которая находится по известной формуле Рейнольдса-Филонова:

$$\mu_t = \mu_{СТ} \cdot e^{-\beta(t_{п.н.} - t_{СТ})}$$

$$\text{при } -5^{\circ}\text{C} \leq t_{п.н.} \leq 80^{\circ}\text{C}$$

где β - коэффициент крутизны вискозограммы ($\beta = 0,02 - 0,03$, где нижний предел соответствует высоким температурам, а верхний – низким).

Пересчет технических показателей насоса

Критическое значение вязкости

$$\nu_{\Pi} > nD_K^2 / Re_{\Pi}$$

Чтобы определить необходимость пересчета характеристик насоса, необходимо найти число Re_H , называемое числом Рейнольдса в насосе, и сравнить его с переходным числом Рейнольдса Re_{Π} .

Если $Re_H \geq Re_{\Pi}$ ($\nu_t \leq \nu_{\Pi}$), то в пересчёте ($Q - H$) - характеристики с воды на вязкую жидкость нет необходимости.

Если $Re_H < Re_{\Pi}$ ($\nu_t > \nu_{\Pi}$), то пересчёт необходим.

Пересчет технических показателей насоса

$$\text{Re}_H = V_{\text{сх.ж}} \cdot D_K / \nu_t = (n \cdot D_K) D_K / \nu_t = n \cdot D_K^2 / \nu_t$$

$V_{\text{сх.ж}} = n \cdot D_K$ и ν_t – соответственно характерная скорость схода жидкости с лопаток рабочего колеса насоса (в м/с) и кинематическая вязкость перекачиваемой жидкости (в м²/с); D_K и n – соответственно диаметр (в м) и число оборотов (в с⁻¹) рабочего колеса насоса.

$$\text{Re}_\Pi = 3,16 \cdot 10^5 \cdot n_S^{-0,305}$$

где n_S - коэффициент быстроходности насоса на режиме максимального к.п.д., являющийся индивидуальной характеристикой насоса

Пересчет технических показателей насоса

В случае $Re_H < Re_{\Pi}$

для вычисления коэффициентов пересчёта напора K_H , подачи K_Q и к.п.д. K_{η} насоса с воды на вязкую нефть используются следующие формулы:

$$\left. \begin{aligned} K_H &= 1 - 0,1281 \lg(Re_{\Pi} / Re_H); \\ K_Q &= K_H^{1,5}; \\ K_{\eta} &= 1 - a_{\eta} \lg(Re_{гр} / Re_H) \end{aligned} \right\}$$

где $Re_{гр}$ – граничное число Рейнольдса, a_{η} – поправочный коэффициент.

Пересчет технических показателей насоса

$$Re_{gp} \approx 0,224 \cdot 10^5 n_s^{0,384}$$

$$a_\eta \approx 1,33 \cdot n_s^{-0,326}$$