

Как и всякую машину, насосный агрегат характеризует потребляемая мощность, определяющая комплектующий двигатель. Величина мощности насоса находится в прямой зависимости от величины напора и подачи и обратно пропорциональна его коэффициенту полезного действия (к.п.д.)

Разброс к.п.д. насосных агрегатов велик (от 20 до 98%). Столь существенный разброс определяется разным характером взаимодействия рабочего органа с жидкостью. Общая закономерность: динамические насосы значительно уступают по этому параметру насосам объемного типа. Значимость этого параметра для больших насосов велика.

Одним из характерных приемов повышения к.п.д. для центробежных насосов является обточка рабочего колеса. Конкретный подбор рабочего колеса под нужные режимы (подача и напор) **позволяет, особенно на крупных насосах, получать значительную экономию энергии.**

1.4. НАПОРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСОВ

Характеристики насоса включают (рис. 4, табл. 9):

- напорную характеристику (зависимость напора H от подачи Q);
- характеристику мощности насоса (зависимость мощности на валу насоса N от подачи Q);
- ⊕ - КПД насоса (зависимость η от подачи Q).

Таблица 9
Характеристика насоса
2000В-16/63
(частота вращения 250 об/мин)

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0	8	12	16	20
$H, \text{ м}$	71	66	61	52	38
$\eta, \%$	-	73	84	86	65

На характеристиках указывается:

- частота вращения;
- характеристики насоса при разной обточке рабочего колеса, обозначенной как «а», «б», «в»;
- номинальный режим работы с максимальным КПД $\eta_{\text{макс}}$;
- поле рабочих параметров (рабочая часть), которая для насосов составляет $\eta \geq \eta_{\text{макс}} - 7\%$;
- допустимая высота всасывания, обеспечивающая отсутствие кавитации в насосе.

При выборе насосов принимают запас 10 % по напору.

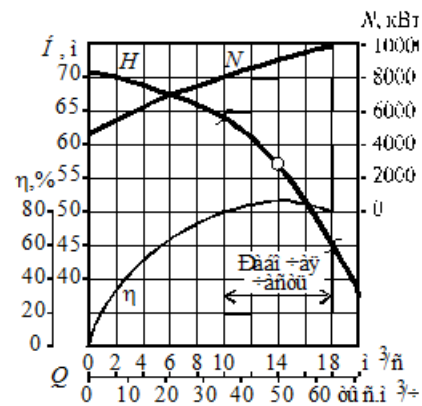


Рис. 4. Характеристика насоса 2000В-16/63 (частота вращения 250 об/мин)

1.5. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАСОСА И СЕТИ. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОДАЧИ

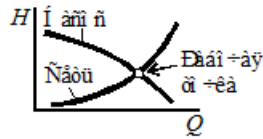


Рис. 5. Работа насоса в сети

Рабочей точкой называется режим работы насоса в сети. Она находится на пересечении напорных характеристик сети и насоса (рис. 5) и обычно определяется графическим построением.

Регулирование – обеспечение в сети требуемого расхода. Основные способы регулирования (рис. 6):

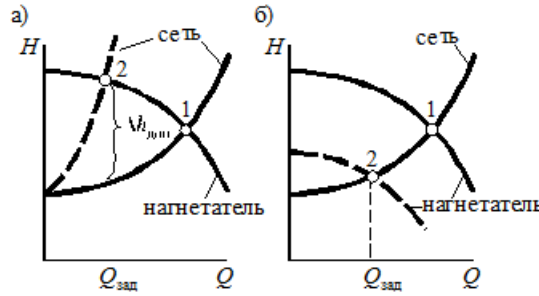


Рис. 6. Регулирование подачи: $Q_{зад}$ – заданная подача; 1 – рабочая точка без регулирования; 2 – рабочая точка при регулировании; сплошные линии – номинальные характеристики; пунктирные – характеристики при регулировании

а) изменение характеристики сети; производится обычно дросселированием, то есть вводом в сеть дополнительного сопротивления, рабочая точка в этом случае лежит на напорной характеристике насоса;

б) регулирование характеристики насоса; осуществляется, например, изменением частоты вращения, рабочая точка при этом лежит на напорной характеристике сети.

1.6. ПЕРЕСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ

Уравнения подобия

Уравнение подобия подачи:

$$\frac{Q_b}{Q_a} = \frac{D_{2b}^3}{D_{2a}^3} \cdot \frac{n_b}{n_a} \cdot \frac{\eta_{об}}{\eta_{оа}} \quad (16)$$

Уравнение подобия напоров:

$$\frac{H_b}{H_a} = \frac{D_{2b}^2}{D_{2a}^2} \cdot \frac{n_b^2}{n_a^2} \cdot \frac{\eta_{гб}}{\eta_{га}} \quad (17)$$

Уравнение подобия развиваемых насосами давлений:

$$\frac{p_b}{p_a} = \frac{D_{2b}^2}{D_{2a}^2} \cdot \frac{n_b^2}{n_a^2} \cdot \frac{\rho_b}{\rho_a} \cdot \frac{\eta_{гб}}{\eta_{га}} \quad (18)$$

Уравнение подобия мощности на валу центробежного насоса:

$$\frac{N_b}{N_a} = \frac{D_{2b}^5}{D_{2a}^5} \cdot \frac{n_b^3}{n_a^3} \cdot \frac{\rho_b}{\rho_a} \cdot \frac{\eta_{мб}}{\eta_{ма}} \quad (19)$$

Безразмерные характеристики

Безразмерная подача:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D_2^2 u_2} \quad (20)$$

Безразмерный напор (безразмерное развиваемое давление):

$$\bar{H} = \bar{p} = \frac{g H}{u_2^2} = \frac{p}{\rho u_2^2} \quad (21)$$

Безразмерная мощность:

$$\bar{N} = \frac{N}{\frac{\pi}{4} D_2^2 \rho u_2^3} \quad (22)$$

Окружная скорость потока на выходе из рабочего колеса:

$$u_2 = \pi D_2 n \quad (23)$$

Коэффициент быстроходности насосов:

$$n_s = 3,65 n H^{4/3} \sqrt{\bar{Q}} \quad (24)$$

Пересчет характеристик лопастных насосов приведен в табл. 10.

Таблица 10

Пересчет характеристик центробежных машин

Изменение частоты вращения машины	Обточка рабочего колеса	Изменение плотности среды (при незначительном изменении вязкости)
$Q_b = Q_a \frac{n_b}{n_a}$	$Q_b = Q_a \left(\frac{D_{2b}}{D_{2a}}\right)^3$	$Q_b = Q_a$
$H_b = H_a \left(\frac{n_b}{n_a}\right)^2$	$H_b = H_a \left(\frac{D_{2b}}{D_{2a}}\right)^2$	$H_b = H_a$
$p_b = p_a \left(\frac{n_b}{n_a}\right)^2$	$p_b = p_a \left(\frac{D_{2b}}{D_{2a}}\right)^2$	$p_b = p_a \cdot \frac{\rho_b}{\rho_a}$
$N_b = N_a \left(\frac{n_b}{n_a}\right)^3$	$N_b = N_a \left(\frac{D_{2b}}{D_{2a}}\right)^5$	$N_b = N_a \cdot \frac{\rho_b}{\rho_a}$
$\eta_b = \eta_a$	$\eta_b = \eta_a$	$\eta_b = \eta_a$

Линия подобия (пропорциональности) – кривые, соединяющие точки с одинаковым КПД на напорных характеристиках, полученных для разных частот вращения (рис. 7).

Поле рабочих параметров (рабочая часть) при изменении частоты вращения – область, заключенная между линиями подобия, соответствующим граничным значениям допустимых КПД (для насоса они на 7 % ниже максимального КПД).

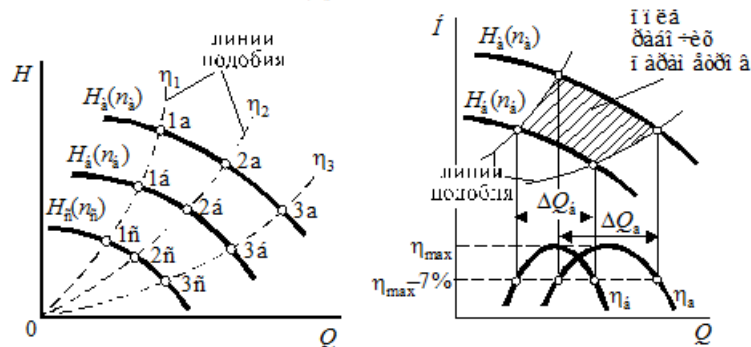


Рис. 7. Линии подобия и поле рабочих параметров при изменении частоты вращения

Обточка рабочего колеса – уменьшение внешнего диаметра D_2 . На характеристиках насосов обточка обозначена буквами «а», «б» и т. д. Рабочее колесо без обточки индекса не имеет.

Пересчет при изменении вязкости жидкости. Характеристики насосов приводятся по данным испытаний на чистой холодной воде. При изменении вязкости необходимо учитывать изменение гидравлического η_r , объемного η_o и механического η_m КПД насосов (рис. 8). Для этого определяется критерий Рейнольдса для чистой воды и рас-

считываемой среды: $Re = \frac{\rho Q}{d_s \mu}$, $d_s = 2\sqrt{D_2 b_2 k_{b2}}$, где $k_{b2} = 0,9 \dots 0,95$, по нему находят КПД и отношения КПД используют в формулах пересчета (16) – (19).

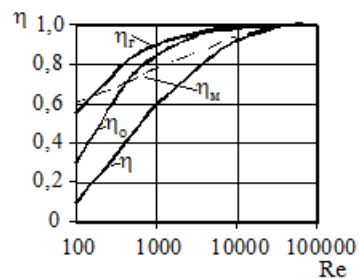


Рис. 8. Изменение КПД в зависимости от режима течения жидкости

Вывод:

Уменьшение диаметра рабочего колеса насоса – это стандартная процедура, предписанная во всех специализированных справочниках и руководствах, для повышения КПД насосного агрегата в конкретных эксплуатационных условиях.

При этом, если заранее точно известны все необходимые условия эксплуатации насоса, по которым можно вычислить требуемый диаметр рабочего колеса, то может быть поставлен насос с уменьшенным (обточенным) на заводе диаметром рабочего колеса. Если любой из параметров, влияющих на кпд насоса (смотри формулы выше) заранее неизвестен, то поставляется насос с максимально возможным для данной модели насоса диаметром рабочего колеса. Тогда изменение (уменьшение) диаметра рабочего колеса производится на месте, после получения всех необходимых данных для расчета.

В нашем случае имеет место второй вариант. Мы готовы за свой счет снять рабочее колесо, вернуть его в Представительство СНР в России, а взамен получить рабочее колесо уменьшенного диаметра. Это будет фактическим ухудшением характеристик данного насоса, поэтому для выполнения нами этого действия требуется письменное согласие на это Заказчика.