

Лекция 4

Содержание

- Мощность и КПД насоса
- Подача, напор и мощность при изменении частоты вращения
- Коэффициент быстроходности

Мощность и КПД насоса

Полезная мощность лопастного насоса равна

$$N_n = P \cdot Q = H \cdot g \cdot \rho \cdot Q$$

где H - действительный напор;

Q – действительная подача лопастного насоса.

Мощность, потребляемая лопастным насосом:

$$N = \frac{N_n}{\eta} = \frac{H \cdot g \cdot \rho \cdot Q}{\eta}$$

Мощность и КПД насоса

Потери мощности в лопастном насосе складываются из механических потерь, потерь на дисковое трение, объемных и гидравлических потерь.

$$\eta = \eta_M \cdot \eta_D \cdot \eta_O \cdot \eta_G$$

Мощность и КПД насоса

Механические потери мощности происходят в местах трения - в опорах (радиальных и осевых), у ступиц рабочих колес, в уплотнениях насоса и зависят от конкретной конструкции, типоразмера и качества изготовления узла в котором происходит трение.

Механический КПД лопастных насосов изменяется в пределах

$$\eta_M = 0,9..0,98$$

Мощность и КПД насоса

Потери мощности на дисковое трение происходят в результате взаимодействия потока жидкости с внешними поверхностями дисков рабочих колес, а также разгрузочной пяты.

Дисковый КПД лопастных насосов изменяется в пределах

$$\eta_D = 0,85..0,95$$

Мощность и КПД насоса

Объемные потери мощности обусловлены утечками через уплотнения рабочего колеса в уплотнениях вала насоса, в разгрузочной пяте и т.д.

$$\eta_o = 0,92..0,98$$

Гидравлические потери мощности происходят в результате преодоления сопротивлений в подводе, рабочем колесе и отводе при движении жидкости через насос. Гидравлический КПД лопастных насосов изменяется в пределах

$$\eta_{\Gamma} = 0,7..0,95$$

Мощность и КПД насоса

Таким образом, КПД лопастных насосов, с учетом рассмотренных выше механического, дискового, объемного и гидравлического КПД изменяется в пределах

$$\eta = 0,45..0,86$$

Максимальное значение КПД достигает 0,89 у наиболее мощных нефтяных центробежных магистральных насосов.

Подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения

Зачастую приходится испытывать насос при числе оборотов, отличном от нормального. Поэтому необходимо знать, как изменится подача напор и мощность при изменении числа оборотов.

Полученная ранее формула для расчета напора

$$H_d = K \cdot D_2^2 \cdot n^2$$

Подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения

При изменении частоты вращения имеем:

$$\frac{H_{\text{Д}}}{H'_{\text{Д}}} = \frac{K \cdot D_2^2 \cdot n^2}{K \cdot D_2^2 \cdot n_1^2} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^2$$

т.е. напор, создаваемый насосом,
пропорционален квадрату числа оборотов.

Подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения

Формула для расчета расхода

$$Q = 0,164 \cdot \lambda \cdot \psi \cdot \eta_o \cdot D_2^2 \cdot b_2 \cdot n$$

При изменении частоты вращения:

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{0,164 \cdot \lambda \cdot \psi \cdot \eta_o \cdot D_2^2 \cdot b_2 \cdot n}{0,164 \cdot \lambda \cdot \psi \cdot \eta_o \cdot D_2^2 \cdot b_2 \cdot n_1} = \frac{n}{n_1}$$

т.е. подача пропорциональна числу оборотов.

Подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения

Мощность

$$N = \frac{N_n}{\eta} = \frac{H \cdot g \cdot \rho \cdot Q}{\eta}$$

При изменении частоты вращения

$$\frac{N}{N'} = \frac{\frac{H \cdot g \cdot \rho \cdot Q}{\eta}}{\frac{H' \cdot g \cdot \rho \cdot Q'}{\eta}} = \frac{H \cdot Q}{H' \cdot Q'} = \frac{n^2 \cdot n}{n_1^2 \cdot n_1} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^3$$

т.е. при условии $\eta = \text{const}$, гидравлическая мощность пропорциональна кубу числа оборотов.

Подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения

Полученные зависимости называют **законом пропорциональности или подобия** и ими широко пользуются для определения параметров насоса при изменении числа оборотов.

Коэффициент быстроходности

С целью установления аналогии между рабочими колесами отдельных типов и отнесения их к определенной серии существует понятие коэффициента быстроходности колес n_s .

Он является основной характеристикой, определяющей тип насоса, и влияет на выбор числа ступеней центробежного насоса.

Коэффициент быстроходности

Коэффициентом быстроходности колеса насоса называется число оборотов такого эталонного колеса, которое геометрически подобно рассматриваемому, имеет одинаковые с ним гидравлический и объемный КПД, но создает напор $H = 1$ м и имеет подачу $Q = 0,075$ м³/с, т.е. развивает гидравлическую мощность 0,736 кВт (1 л.с.).

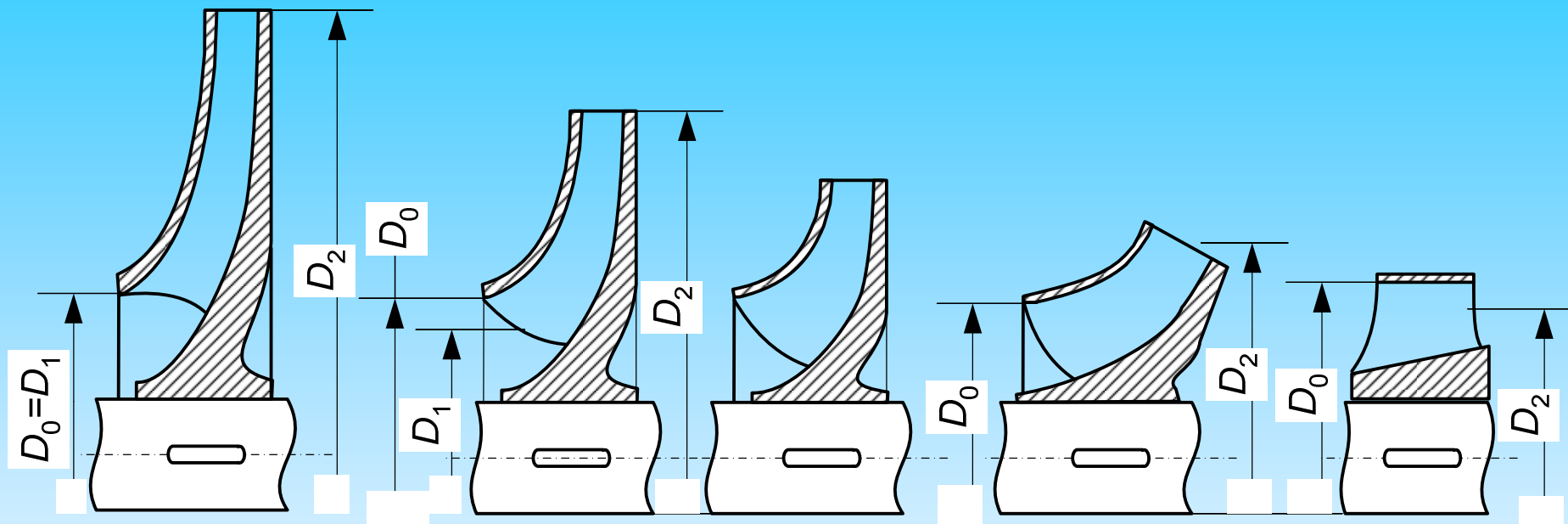
Коэффициент быстроходности

Коэффициент быстроходности определяют из условий геометрического подобия по следующей формуле:

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

где n - скорость вращения колеса в *об/мин*; Q - подача в $\text{м}^3/\text{с}$ при максимальном КПД; H - напор одного рабочего колеса в *м.вод.ст.*

Коэффициент быстроходности



Тихоходные
центробежные
насосы
 $n_s = 40 \dots 80$
 $D_2/D_0 = 2,5$

Нормальные
центробежные
насосы
 $n_s = 80 \dots 150$
 $D_2/D_0 = 2$

Быстроходные
центробежные
насосы
 $n_s = 150 \dots 300$
 $D_2/D_0 = 1,8 \dots 1,4$

Диагональные
насосы
 $n_s = 300 \dots 600$
 $D_2/D_0 = 1,2 \dots 1,1$

Пропеллерные
насосы
 $n_s = 600 \dots 1200$
 $D_2/D_0 = 0,8$

Коэффициент быстроходности

По величине коэффициента быстроходности центробежные насосы делят на:

тихоходные, $n_s = (40...80)$;

нормальные, $n_s = (80...150)$;

быстроходные, $n_s = (150...300)$.

Центробежные насосы при $n_s < 40$ не применяются, так как КПД таких насосов был бы низким из-за больших потерь на трение при протекании жидкости в узких каналах рабочего колеса. Это - область применения поршневых насосов, имеющих высокий КПД.

Коэффициент быстроходности

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

следует, что при заданном числе оборотов n коэффициент быстроходности n_s увеличивается с увеличением подачи и уменьшением напора.

Следовательно, тихоходные колеса служат для создания больших напоров при малой подаче, а быстроходные колеса (диагональные и пропеллерные) дают большую подачу при небольших напорах.

Коэффициент быстроходности

Поэтому тихоходные насосы наиболее часто применяют для водоснабжения и в нефтяной промышленности для подачи нефти из скважин, где требуется создание больших напоров, а пропеллерные насосы используют в установках, предназначенных для подъема больших масс жидкости на сравнительно небольшую высоту, например для подачи воды в оросительные каналы.