

3 НАСОСЫ

3.1 Принцип действия и классификация насосов

Насосами называются машины для создания напорного потока жидкой среды. Этот поток создается в результате силового воздействия на жидкость в рабочей камере насоса.

По характеру силового воздействия, а следовательно, и по виду рабочей камеры различают насосы динамические и объемные. В динамическом насосе силовое воздействие на жидкость осуществляется в проточной камере, постоянно сообщаемой со входом и выходом насоса. В объемном насосе силовое воздействие на жидкость происходит в рабочей камере, периодически изменяющей свой объем и попеременно сообщаемой со входом и выходом насоса.

К динамическим насосам относятся:

- 1) лопастные: а) центробежные; б) осевые;
- 2) электромагнитные;
- 3) насосы трения: а) вихревые; б) шнековые; в) дисковые; г) струйные и др.

К объемным насосам относятся:

- 1) возвратно-поступательные: а) поршневые и плунжерные; б) диафрагменные;
- 2) крыльчатые;
- 3) роторные: а) роторно-вращательные; б) роторно-поступательные.

По некоторым общим конструктивным признакам динамические и объемные насосы делят на следующие виды:

- 1) по направлению оси расположения, вращения или движения рабочих органов: а) горизонтальный; б) вертикальный;

2) по расположению рабочих органов и конструкций опор: а) консольный; б) моноблочный; в) с выносными опорами; г) с внутренними опорами;

3) по расположению входа в насос: а) с боковым входом; б) с осевым входом; в) двустороннего входа;

4) по числу ступеней и потоков: а) одноступенчатый; б) двухступенчатый; в) многоступенчатый; г) однопоточный; д) двухпоточный; е) многопоточный;

5) по требованиям эксплуатации: а) обратимый; б) реверсивный; в) регулируемый; г) дозировочный.

Агрегат, состоящий из насоса (или нескольких насосов) и приводящего двигателя, соединенных друг с другом, называется насосным агрегатом.

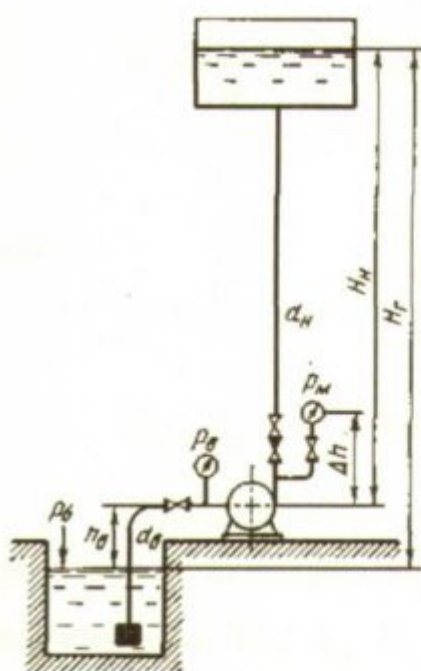


Рисунок 3.1

Схема насоса

В зависимости от рода двигателя различают следующие насосные агрегаты: 1) электронасосный; 2) турбонасосный; 3) дизель-насосный; 4) мотонасосный; 5) гидроприводной; 6) паровой; 7) пневматический.

Насосный агрегат с трубопроводом и комплектующим оборудованием, смонтированным по определенной схеме, обеспечивающей работу насоса, называется насосной установкой.

3.2 Основные определения

Напором насоса H называется количество энергии, сообщаемое насосом 1 кг перекачиваемой жидкости (рис. 3.1):

$$H = \frac{P_n}{\rho g} - \frac{P_{вс}}{\rho g} + \Delta h + \frac{v_n^2 - v_{вс}^2}{2g}, \quad (3.1)$$

где P_n и $P_{вс}$ – абсолютное давление соответственно в напорном и всасывающем патрубках трубопроводов насоса, Па; Δh – расстояние по вертикали от точки присоединения вакуумметра до оси стрелки манометра, м; v_n и $v_{вс}$ – скорости в нагнетательном и всасывающем патрубках, м/с.

Так как $P_n = P_{ат} + P_m$; $P_{вс} = P_{ат} - P_{в}$ то

$$H = \frac{P_m}{\rho g} + \frac{P_v}{\rho g} + \Delta h + \frac{v_n^2 - v_{вс}^2}{2g} \quad (3.2)$$

или

$$H = h_m + h_v + \Delta h + \frac{v_n^2 - v_{вс}^2}{2g}, \quad (3.3)$$

где $P_{ат}$ – атмосферное давление, Па; P_m , P_v – показания манометра и вакуумметра, Па; h_m , h_v – показания манометра и вакуумметра, м вод. ст. напора между точками установки приборов называется манометрическим напором H_m

$$H_m = h_m + h_v + \Delta h. \quad (3.4)$$

В том случае, когда диаметры всасывающего и нагнетательного патрубков равны, полный напор насоса равен манометрическому $H = H_m$.

Высота всасывания насоса определяется по формуле

$$h_{вс} = \frac{p_0 - p_{вх}}{\rho g} - h_{пот} - \frac{v_{вс}^2}{2g}, \quad (3.5)$$

где p_0 – давление на свободной поверхности всасываемой жидкости, Па;

$p_{вх}$ – давление во входном сечении насоса, Па; $\frac{p_0 - p_{вх}}{\rho g} = H_{вак}$ – вакуум, м

столба перекачиваемой жидкости; $h_{пот} = \frac{\Delta p_{пот}}{\rho g}$ – суммарные потери энергии

всасывающего тракта, м столба перекачиваемой жидкости; $\Delta p_{пот}$ – потери

энергии всасывающего тракта, Па; $v_{вс}$ – средняя скорость движения

жидкости во всасывающем трубопроводе, м/с; $\frac{v_{вс}^2}{2g}$ – скоростной напор, м

вод. ст.

Полезная мощность, Вт,

$$N_{пол} = \rho g V H, \quad (3.6)$$

где V – подача насоса, м³/с; ρ – плотность жидкости, кг/м³; H – полный напор насоса, м.

Мощность, потребляемая насосом

$$N_{нас} = \frac{N_{пол}}{\eta_n}. \quad (3.7)$$

Полный коэффициент полезного действия (к. п. д.) η_n для поршневых насосов равен 0,6 – 0,9, для центробежных 0,77 – 0,88.

Для центробежных насосов зависимость между V , H , N при любой частоте вращения ротора n записывается в следующем виде:

$$\begin{aligned}\frac{V_1}{V_2} &= \frac{n_1}{n_2}; \\ \frac{H_1}{H_2} &= \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \\ \frac{N_1}{N_2} &= \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3.\end{aligned}\tag{3.8}$$

Действительная подача поршневого насоса простого действия, $\text{м}^3/\text{с}$, определяется по формуле

$$V = \eta_0 \frac{FSn}{60},\tag{3.9}$$

двойного действия

$$V = \eta_0 \frac{(2F - f)Sni}{60},\tag{3.10}$$

где F – площадь поршня, м^2 ; f – площадь сечения штока, м^2 ; S – ход поршня, м ; n – частота вращения, об/мин ; $n = \omega/2\pi$; ω – угловая скорость, рад/с ; η_0 – объемный к. п. д. (обычно 0,85 – 0,99); i – число цилиндров.

3.3 Задачи

3.1. Насос качает холодную воду из колодца. Подача насоса $V = 200$ м³/ч, диаметр всасывающего патрубка $d_{вс} = 300$ мм. Определить максимальную высоту расположения оси насоса над уровнем воды в колодце, если допустимое давление на входе в насос $p_{вх} = 0,03$ МПа. Суммарные потери энергии во всасывающем тракте $\Delta p_{пот} = 10$ КПа. Плотность воды принять $\rho = 1000$ кг/м³.

3.2. Определить подачу и потребляемую мощность поршневого одноцилиндрового насоса двойного действия, если известно, что диаметр цилиндра $D = 0,25$ м, диаметр штока $d = 0,05$ м, ход поршня $S = 0,3$ м, частота вращения вала насоса $n = 100$ об/мин, объемный к. п. д. $\eta_0 = 0,98$. Насос обеспечивает напор $H = 80$ м вод. ст. Полный к. п. д. насоса $\eta_n = 0,9$.

3.3. Подача центробежного насоса $V_1 = 350$ м³/ч при напоре $H = 64$ м. вод. ст., частота вращения $n_1 = 950$ об/мин, к. п. д. насосной установки с учетом всех потерь $\eta_\Sigma = 0,6$. Определить, какой мощности и с какой частотой вращения необходимо установить электрический двигатель для того, чтобы повысить подачу насоса до $V_2 = 500$ м³/ч. Определить также, как при этом изменится напор насоса.

3.4. Рассчитать допустимую геометрическую высоту $H_{z, доп}$ расположения насоса над уровнем всасываемой воды и мощность N на валу по следующим исходным данным: подача насоса $V = 0,074$ м³/с, давление за насосом $p_k = 7,2 \cdot 10^5$ Па, температура подаваемой воды $t = 30$ °С, высота сопротивления всасывающего трубопровода $\sum h_{вс} = 0,4$ м.

Установка оборудована центробежным насосом двухстороннего входа типа Д, имеющим внутренний диаметр рабочего колеса $d_1 = 0,12$ м, частоту вращения вала $n = 1470$ мин⁻¹, КПД $\eta = 0,76$. Давление над уровнем всасываемой воды $p_0 = 0,1$ МПа.

3.5. Определить мощность, потребляемую насосом, подающим $V = 25$ м³/ч воды на высоту $H = 100$ м. Полный к. п. д. насоса $\eta_n = 0,9$.

3.6. Подача центробежного питательного насоса $V_1 = 180$ м³/ч, частота вращения $n_1 = 1350$ об/мин, потребляемая мощность $N_1 = 120$ кВт, напор $H_1 = 125$ м вод. ст. Определить подачу насоса, развиваемый напор и потребляемую мощность, если частота вращения снижена до $n_2 = 940$ об/мин.

3.7. Определить подачу и потребляемую мощность поршневого одноцилиндрового насоса двойного действия, если известно, что диаметр цилиндра $D = 0,25$ м, диаметр штока $d = 0,05$ м, ход поршня $S = 0,3$ м, частота вращения вала насоса $n = 100$ об/мин, объемный к. п. д. $\eta_0 = 0,94$. Насос обеспечивает напор $H = 72$ м вод. ст. Полный к. п. д. насоса $\eta_n = 0,9$.

3.8. Насос с подачей 7 л/с нагнетает воду по трубе диаметром 100 мм. Диаметр всасывающего патрубка 125 мм. Определить полный напор насоса, если показание манометра, установленного на напорной трубе, равно 3,4 кгс/см², а показание вакуумметра на всасывающей трубе равно 290 мм рт. ст. Расстояние между точками установки манометра и вакуумметра 1 м.

3.9. Определить напор насоса с подачей 0,03 л/с, если диаметры всасывающего и нагнетательного патрубков имеют размеры $d_{вс} = 200$ мм, $d_{н} = 150$ мм. Показания манометра $p_m = 8$ кгс/см², вакуумметра $p_v = 0,3$ кгс/см², расстояние от точки присоединения вакуумметра до оси стрелки манометра $\Delta h = 970$ мм.

3.10. Определить подачу поршневого насоса простого действия, у которого диаметр цилиндра $D = 100$ мм, ход поршня $S = 100$ мм, частота вращения вала $n = 30$ об/мин. Объемный к. п. д. принять $\eta_0 = 0,95$.