

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Водоснабжение»

Лабораторная работа №1
ИСПЫТАНИЯ ЛОПАСНОГО НАСОСА

Задачами лабораторных работ являются:

- а) ознакомление с конструкциями лопастных насосов;
- б) освоение правил эксплуатации лопастного насоса;
- в) получение опытным путем характеристики лопастного насоса;
- г) экспериментальная проверка формул пересчета.

Ниже приведены методические указания по проведению нормальных испытаний лопастных насосов.

Насосы, изготавливаемые отечественными заводами, подвергаются испытаниям в соответствии с ГОСТ 6134 «Насосы динамические. Методы испытаний». При испытаниях любого центробежного насоса измеряются подача Q , напор H , мощность N , коэффициент полезного действия η , кавитационный запас Δh .

ПОДАЧА, НАПОР И МОЩНОСТЬ НАСОСА

Работа насоса характеризуется его подачей Q , напором H , потребляемой мощностью N , коэффициентом полезного действия η и частотой вращения n .

Объемная подача насоса Q – объем жидкой среды подаваемой в единицу времени t ($\text{м}^3/\text{с}$).

Массовая подача насоса Q_m – масса жидкой среды подаваемой в единицу времени t ($\text{кг}/\text{с}$).

Соотношения между ними следующие:

$$Q = \frac{Q_m}{\rho},$$

где ρ - плотность жидкой среды, кг/м³.

Напор насоса H - величина, определяемая зависимостью:

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g}, \text{ м}$$

где P – давление насоса, Па;

$$P = P_k - P_n + \rho \frac{g_k^2 - g_n^2}{2} + \rho g(Z_k - Z_n),$$

P_k и P_n - давление на выходе и на входе в насос, Па;

g_k и g_n - скорость жидкой среды на выходе и на входе в насос, м/с;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

Z_k и Z_n – высота центра тяжести сечения выхода и входа в насос, м.

Из теории центробежного лопастного насоса известно:

напор насоса H равен полному приращению энергии одного килограмма перекачиваемой жидкой среды;

мощность, потребляемая насосом $N = N_n / \eta$, кВт,

где N_n - полезная мощность насоса. Мощность, сообщаемая насосом подаваемой жидкой среде и определяемая зависимостью

$$N_n = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{102}, \text{ кВт},$$

γ - удельный вес жидкой среды, кг/м³;

$\eta = \frac{N_n}{N}$ - коэффициент полезного действия;

полезная мощность насоса N_n равна полному приращению энергии всего потока перекачиваемой жидкой среды;

кавитационный запас Δh – величина, определяемая зависимостью:

$$\Delta h = \frac{P_n - P_n}{\rho \cdot g} + \frac{g_n^2}{2g}, \text{ м}$$

где P_n – давление на входе в насос, Па;

P_n - давление паров жидкой среды, Па;

$\rho g = \gamma$, кг/м³;

допустимый кавитационный запас – кавитационный запас, обеспечивающий работу насоса без изменения основных технических показателей;

вакуумметрическая высота всасывания $H_{\text{вас}}$ – величина, определяемая зависимостью:

$$H_{\text{вас}} = \frac{P_o - P_n}{\rho \cdot g} + \frac{g_n^2}{2g}, \text{ м},$$

где P_o – атмосферное (окружающей среды) давление, Па.

ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ

К лопастным насосам относятся: центробежные, диагональные и осевые. В системах водоснабжения и водоотведения наибольшее применение имеют центробежные насосы.

Центробежные насосы – не герметичные машины. Поэтому при пуске центробежный насос и подводящий трубопровод должны быть заполнены жидкостью. Если насос забирает воду из открытой емкости, и давление на входе в насос P_n достаточно велико, то жидкость самотеком заполняет подводящий трубопровод и насос. Чтобы вытеснить скопившейся в насосе воздух, необходимо открыть воздушный кран, который устанавливается в верхней точке насоса. После вытеснения воздуха (из крана начинает поступать вода), воздушный кран закрывается.

Если давление на входе в насос P_n мало и при атмосферном давлении в насосе жидкость не поднимается по подводящему трубопроводу до верхнего уровня насоса, то в этом случае при пуске насос будет перекачивать воздух. Напор лопастного насоса, работающего на воздухе, оценивается приблизительно так же, как и при работе на жидкости. Пусть при работе на воздухе, напор

насоса равен $H=20$ м, а его ось расположена выше уровня воды в источнике на 0,5 м. Количество энергии, которое сообщается 1 кг перекачиваемого воздуха можно оценить по формуле:

$$H_{\text{возд}} \approx \frac{P_{\kappa} - P_{\text{н}}}{\rho_{\text{возд}} \cdot g} \approx 20 \text{ м} ,$$

где $\rho_{\text{возд}} = 1,25 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха, $g=9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Если эквивалентную работу насоса учесть при перекачивании воды, то:

$$H_{\text{воды}} \approx 20 \frac{1,25}{1000} \approx 0,025 < 0,5 ,$$

где $\rho_{\text{воды}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды при $t^{\circ}=4^{\circ}\text{C}$.

Следовательно, в рассматриваемом случае насос не сможет подавать воду в любую точку на высоту $H \geq 0,025$ м.

Перед пуском насос и подводящий трубопровод заполняют жидкостью из водопроводной сети или напорной емкости. Чтобы жидкость не могла вытечь из насоса через подводящий трубопровод, к нижнему концу трубопровода присоединяется приемный обратный клапан. Недостатком данного способа заполнения насоса жидкостью является то, что приемный обратный клапан создает дополнительные гидравлические потери. Поэтому его применяют только для небольших насосов, работающих на условно чистой воде.

Более совершенным является заполнение насоса жидкостью отсасыванием воздуха из насоса при помощи вакуум-насоса или струйного насоса.

Наиболее надежным способом заполнения насоса жидкостью является способ установки насоса «под залив», т.е. когда насос устанавливается на отметке, при которой самая верхняя точка насоса расположена ниже на 0,5 м самого низкого расчетного уровня в источнике.

Центробежные насосы можно запускать как при открытой, так и при закрытой задвижке на напорном трубопроводе.

У осевых насосов мощность при нулевой подаче значительно (в 2 раза и

более) превышает мощность при оптимальной подаче. Поэтому пуск любого осевого насоса следует производить при открытой задвижке на напорном трубопроводе, чтобы не вызвать перегрузку электрического двигателя.

Порядок пуска лопастного насоса следующий:

- 1) проверить уровни масла в подшипниках (для подшипников качения);
- 2) открыть задвижку на подводящем трубопроводе;
- 3) выключить вакуумметр W и манометр M при помощи трехходовых проливочных кранов, чтобы не испортить приборы при заливке насоса;
- 4) при пуске осевого насоса открыть задвижку на напорном трубопроводе;
- 5) заполнить насос и подводящий трубопровод жидкостью;
- 6) включить вакуумметр W и манометр M ;
- 7) включить двигатель;
- 8) как только насос создаст требуемый напор, открыть задвижку на напорном трубопроводе, если она перед пуском была закрыта.

Во избежание нагрева жидкости работа насоса при закрытой задвижке не должна превышать 5 минут.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПЫТНЫХ ВЕЛИЧИН

Характеристика насоса – графическое выражение зависимости параметров H, N, η от подачи Q при заданных n, t°, ν .

Подача насоса Q измеряется расходомером, установленном на напорном трубопроводе. Наиболее часто применяются мерные диафрагмы, мерные сопла и трубы Вентури, электромагнитные, ультразвуковые, тепловые расходомеры. Иногда подачу насоса измеряют при помощи водослива.

Напор насоса H равен разности значений полного напора жидкости за насосом и перед ним:

$$H = (Z_n - Z_e) + \left(\frac{P_n - P_e}{\gamma} \right) + \left(\frac{g_n^2 - g_e^2}{2g} \right),$$

где $\gamma = \rho g$ - удельный вес жидкости, кг/м³;

P_n – давление, измеряемое манометром, МПа;

$$P_n = M + h_n \rho g;$$

M – показания манометра, класса точности 0,6;

h_n – превышение манометра над точкой замера, м;

Z_n и $Z_в$ – превышения точек замера над плоскостью сравнения, м;

$P_в$ – давление перед насосом, измеряемое вакуумметром, при наличии на стороне всасывания вакуума, МПа. Поправка на положение вакуумметра не вводится, так как соединительная трубка при продувке заполняется воздухом. Учитывая, что вакуум является отрицательным избыточным давлением:

$$P_в = -W, \text{ МПа};$$

W – показания вакуумметра, МПа.

Если в подводящем трубопроводе не вакуум, а избыточное давление, то:

$$P_в = M_в + h_в \rho g, \text{ МПа};$$

$M_в$ – показания манометра, установленного на подводящем трубопроводе насоса, с введенной поправкой на систематическую погрешность;

$h_в$ – поправка на положение манометра, м.

Для насосной установки, представленной на рис. 1, у входа в насос избыточное давление, поэтому:

$$H = (Z_n - Z_в) + \frac{M_n}{\rho g} + h_n - \frac{M_в}{\rho g} - h_в + \left(\frac{g_n^2 - g_в^2}{2g} \right),$$

$$\left(\frac{g_n^2 - g_в^2}{2g} \right) = 0,0827 \left(\frac{1}{d_n^4} - \frac{1}{d_в^4} \right) Q^2,$$

Q – подача насоса, м³/с;

$d_n, d_в$ – диаметры напорного и всасывающего трубопроводов, м.

Отбор давления для определения напора насоса должен производиться на расстоянии $1,5 \div 2 d$ от входного и выходного патрубков насоса.

Мощность насоса N . Для определения мощности, потребляемой насосом, применяют балансирные электродвигатели. В отличие от обычного электродвигателя статор балансирующего электродвигателя подвешен на двух неподвижных стойках и может поворачиваться вокруг оси двигателя. Если вал двигателя и насоса общий, то для измерения мощности, потребляемой насосом, пользуются электроизмерительными приборами, по которым определяют мощность электрического тока, питающего двигатель. Умножив эту мощность на КПД двигателя $\eta_{дв}$, получают мощность на муфте двигателя.

$$N_n = N_{дв} \cdot \eta_{дв},$$

где $\eta_{дв}=0,95$ -КПД двигателя (принимается по паспорту двигателя);

$$\eta_{дв} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{N_{дв}}.$$

Частота вращения вала насоса n – может измеряться тахометром, либо с помощью электронных приборов (как это предлагается для лабораторной установки).

Кавитационный запас Δh – избыток удельной энергии жидкости над удельной энергией (упругостью) ее насыщенных паров, который оценивается по формуле:

$$\Delta h = \frac{p - p_n}{\rho \cdot g} + \frac{g^2}{2g}, \text{ м.}$$

Параметрические испытания центробежного насоса

Цель испытаний – получить экспериментальные зависимости напора H , мощности N и коэффициента полезного действия η от изменения подачи насоса Q при постоянной частоте вращения n . Испытания проводят в соответствии с

ГОСТ 6134. При этом требуется определять параметры насоса не менее чем при 16 значениях подачи, включая точки при нулевой и максимальной подачах. Поскольку время проведения учебных лабораторных работ ограничено, то число подач Q , при которых проводятся испытания, снижается до 6 – 8. На рис. 1 представлена схема насосной установки, на которой проводится испытание насоса. Приводом для насоса служит асинхронный двигатель. Подача насоса Q регулируется задвижкой, установлено на напорном трубопроводе, и измеряется с помощью ультразвукового водомера. При каждой установленной подаче насоса Q измеряют все параметры, которые необходимы для определения напора H , мощности N и КПД η . Все измерения заносят в ведомость 1.

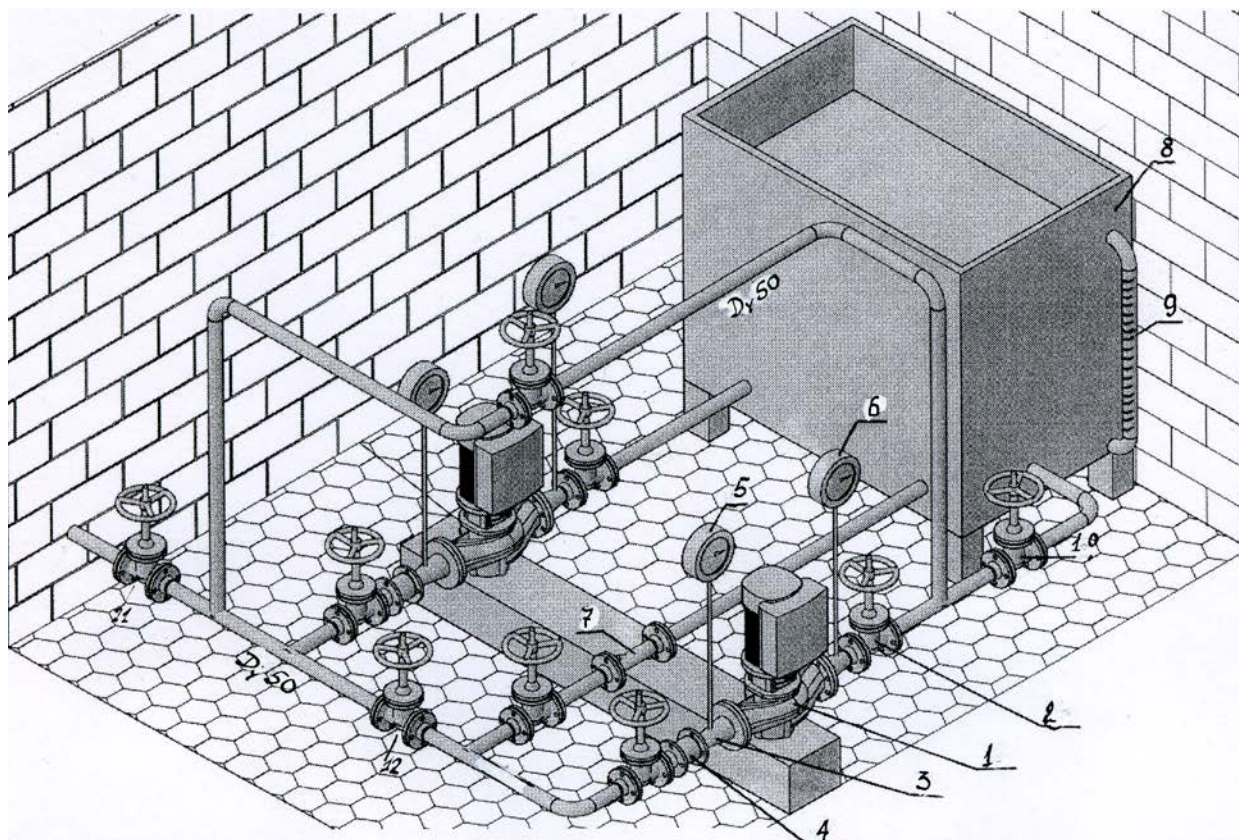


Рис. 1. Насосная установка.

- 1 – насос, 2 – запорная арматура, 3 – монтажная вставка, 4- обратный клапан,
 5- манометр, 6 – мано-вакуумметр, 7 –ультразвуковой водомер, 8 – расходная емкость,
 9- уровнемерная трубка, 10 – запорная арматура на всасывающем трубопроводе,
 11, 12 – запорная арматура, трубопроводы – сталь, $D_n=50$ мм.

Ведомость №1
к снятию характеристик $H-Q$, $N-Q$, $\eta-Q$
центробежного насоса

_____ 20 ____ г.

Высота расположения "1" манометра $h_1 =$ _____ м

Высота расположения «2» манометра $h_2 =$ _____ м

Число оборотов вала насоса $n =$ _____ об/мин.

$1 \text{ кгс/см}^2 = 10,33 \text{ м.в.ст.},$

$1 \text{ мм рт. ст.} = \frac{10,33}{735,56} = 0,0136 \text{ м.в.ст}$

№	Подача $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Отсчеты по манометру 1			Отсчеты по манометру 2			Напор $H, \text{ м}$	Примечания
		кгс/см^2	$M_1, \text{ м}$	$M_{11}, \text{ м}$	кгс/см^2	$M_2, \text{ м}$	$M_{22}, \text{ м}$		
1									$M_{11} = M_1 + h_1;$ $M_{22} = M_2 + h_2;$ $H_{\text{манн}} = M_{11} + M_{22};$ $H = H_{\text{ман}} +$ $+ \frac{g_2^2 - g_1^2}{2g} =$ $= H_{\text{ман}} + 0,0827Q^2,$ при равенстве напорного и всасывающего патрубков $d_1 = d_2 = 50 \text{ мм}$
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									

Значения мощности N и КПД η насоса рассчитываются по указанным выше формулам.

После выполнения испытания насоса строится его рабочая характеристика $(H-Q, N-Q, \eta-Q)$.