

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

Кафедра «Водоснабжение»

Насосы

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Насосные станции» *для студентов бакалавриата очной формы*
обучения направления подготовки
08.03.01. Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение зданий,
сооружений и населенных пунктов

Москва 2016 г.

Составитель:

доцент, канд. техн. наук Л.Г. Дерюшев

Рекомендовано методической комиссией

Оглавление

	стр.
1. Введение	4
2. Лабораторная работа 1	5
3. Лабораторная работа 2	15
4. Лабораторная работа 3	17
5. Лабораторная работа 4	19
6. Литература	22

№п/п 1. Введение. Изучение оборудования и учебных стендов

Насос – машина для создания потока жидкой среды (ГОСТ 17398. Насосы. Термины и определения). Преобразуя подводимую механическую энергию в энергию перекачиваемой среды, насос обеспечивает перемещение воды потребителям в соответствии с их требованиями. Требования к насосу по перемещению воды задаются показателями, которые условно классифицируются по группам: параметрические, эргономические, качественные (надежность, экономичность). Показатели насоса измеряются и контролируются.

Разнообразие конструкций и параметров насосов не позволяют в рамках учебной программы рассмотреть всю их гамму.

Для приобретения практических навыков по курсу «Механическое оборудование инженерных комплексов и систем» студентам предлагается выполнить измерение параметрической группы показателей лопастных насосов. Все показатели этой группы оцениваются и указываются для определенных параметров энергетического питания и частоты вращения (n) рабочего колеса лопастного насоса, вязкости ν и температуре $t^{\circ}\text{C}$ перекачиваемой жидкости, при атмосферном давлении P местности.

Приступая к работе, необходимо прежде всего проверить правильно ли стоят рукоятки всех трехходовых кранов (манометра и вакуумметра) - они должны быть установлены на сообщение приборов с атмосферой (см. рис. 1)

Затем необходимо проверить залит ли насос водой и, если он не залит, произвести заливку из напорной емкости. Если из открытого крана будет изливаться вода, это показывает, что насос залит и готов к пуску.

Определяя мощность установки с помощью счетчиков, пользуются отсчетом оборотов диска счетчика. На каждом счетчике написано, сколько оборотов диска соответствует затрата 1 кВт часа. Если 1 кВт часа соответствует

x оборотам, то одному обороту диска соответствует затрата энергии $1/x$ кВт. часов, а n оборотам n/x кВт. ч. Если это количество кВт. ч затрачено за t сек, то за час это составит $n \cdot 3600/(x \cdot t)$ кВт.

Подача насосов измеряется с помощью ультразвукового водомера "Взлет" по показаниям тарированного прибора.

Напоры насосов измеряются по показаниям манометров (на всасывающей и напорной линиях насосов).

№п/п 2. Лабораторная работа №1

ИСПЫТАНИЯ ЛОПАСТНОГО 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 (кг/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 $H_{\text{вак}}$ - величина, определяемая зависимостью:

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

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:

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

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:

$$H = (Z_n - Z_6) + \left(\frac{P_n - P_6}{\gamma} \right) + \left(\frac{g_n^2 - g_6^2}{2g} \right),$$

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_6 – превышения точек замера над плоскостью сравнения, м;

P_6 – 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:

$$P_6 = -W, \text{ МПа};$$

W – показания вакуумметра, МПа.

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

$$P_6 = M_6 + h_6 \rho g, \text{ МПа};$$

M_6 – показания манометра, установленного на подводящем трубопроводе насоса, с введенной поправкой на систематическую погрешность;

h_6 – поправка на положение манометра, м.

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

$$H = (Z_n - Z_6) + \frac{M_n}{\rho g} + h_n - \frac{M_6}{\rho g} - h_6 + \left(\frac{g_n^2 - g_6^2}{2g} \right),$$

$$\left(\frac{g_n^2 - g_6^2}{2g} \right) = 0,0827 \left(\frac{1}{d_n^4} - \frac{1}{d_6^4} \right) Q^2,$$

Q – подача насоса, м³/с;

d_n, d_e – 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.

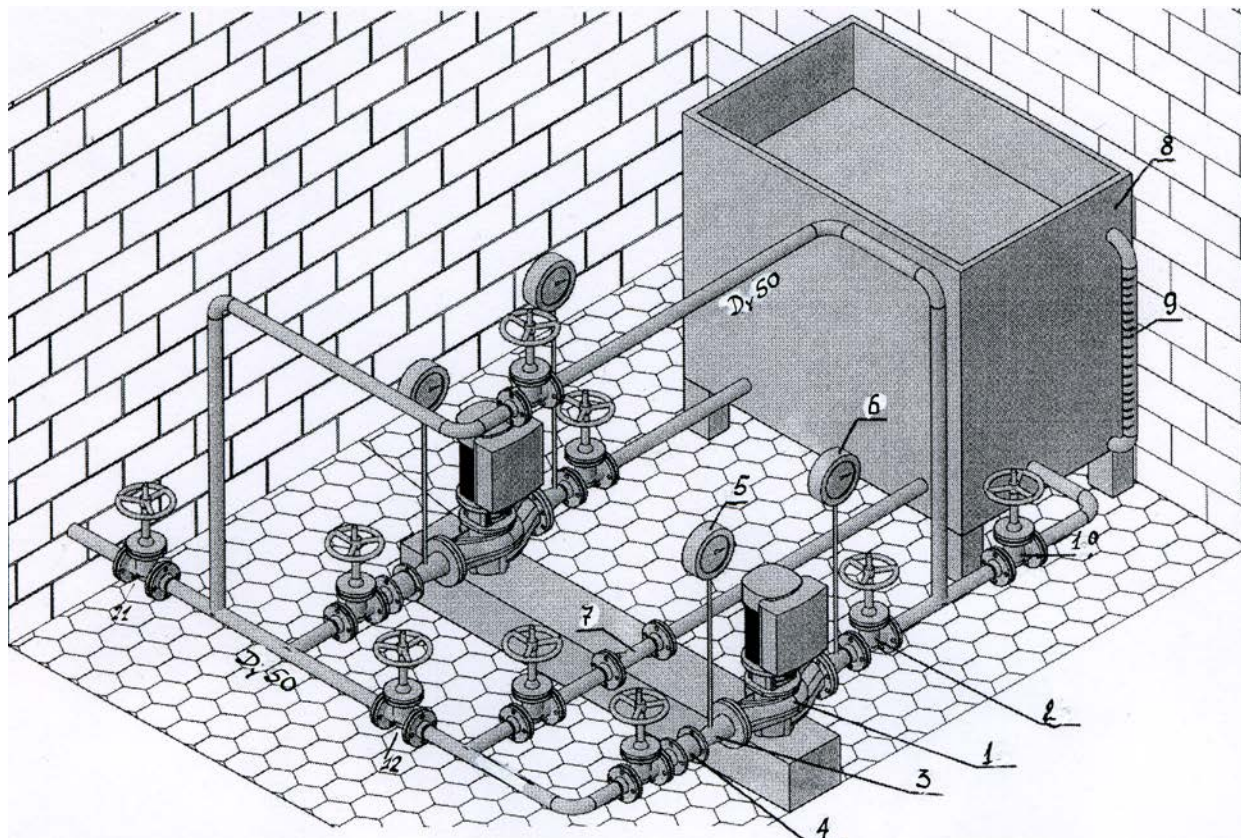


Рис. 1. Насосная установка.

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, $D_y=50$ 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 кгс/см² = 10,33 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 ($H-Q$, $N-Q$, $\eta-Q$).

№п/п 3. Лабораторная работа №2

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАСОСОВ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ВКЛЮЧЕНИИ

Последовательное включение центробежных насосов применяют в тех случаях, когда необходимо при постоянном (или почти постоянном) расходе увеличить напор H , который не может быть создан одним насосом.

Проводится испытание двух однотипных насосов с одинаковыми рабочими характеристиками (см. рис. 1).

Цель испытаний – получить экспериментальные зависимости напора H от изменения подачи каждого из однотипных насосов Q при постоянной частоте вращения n их рабочих колес.

Испытания проводят в аналогичной последовательности, как это было представлено выше (см. лабораторную работу 1), поскольку водомер один для двух насосов. Закрываются задвижки «10, 11, 12», а все остальные задвижки открываются. Задвижка «2» открывается полностью, как только частота вращения ротора, предшествующего по схеме насоса, достигнет паспортного значения n . Регулирование подачи $Q_{\text{нас. уст.}}$ насосной установки осуществляется задвижкой на напорной линии последующего насоса. Все измерения заносят в ведомость 2.

Ведомость №2
к снятию характеристик Н-Q
совместно работающих центробежных насосов.
Последовательное включение насосов

_____ 20 ____ г.

Тип водомера _____

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 $Q_{\text{нас.}}$ $\text{уст. м}^3/\text{с}$	Отсчеты по манометру 1			Отсчеты по манометру 2			Напор $H_{\text{нас.}}$ уст. 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									$M_{11} = M_1 + h_1;$ $M_{22} = M_2 + h_2;$ $H_{\text{манн}} = M_{11} + M_{22};$ $H = H_{\text{ман}} +$ $\frac{g_2^2 - g_1^2}{2g} =$ $= H_{\text{ман}} + 0,0827 Q^2,$ при равенстве напорного и всасывающего патрубков $d_1 = d_2 = 50 \text{ мм}$
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Примечание. При выполнении испытаний необходимо проанализировать, как меняются напоры у предшествующего насоса по схеме включения при изменении подачи $Q_{\text{нас. уст.}}$ (см. рис.1).

После снятия замеров строится графическая характеристика ***H-Q*** насосной установки при последовательном включении однотипных насосов.

№п/п 4. Лабораторная работа №3

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАСОСОВ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ВКЛЮЧЕНИИ

Параллельное включение центробежных насосов применяют в тех случаях, когда необходимо при постоянном (или почти постоянном) напоре увеличить подачу Q , которая не может быть создана одним насосом.

Проводится испытание двух однотипных насосов с одинаковыми рабочими характеристиками (см. рис. 1).

Цель испытаний – получить экспериментальные зависимости напора H от изменения подачи каждого из однотипных насосов Q при постоянной частоте вращения n их рабочих колес.

Испытания проводят в аналогичной последовательности, как это было представлено выше (см. лабораторные работы 1 и 2), поскольку водомер один для двух насосов.

Работа выполняется в три этапа. Сначала производится испытание одного из насосов и по результатам испытания строится характеристика $H-Q$ этого насоса. Затем такая же работа выполняется для другого насоса и строится его характеристика. Если оба насоса совершенно одинаковые, то обе характеристики совпадут. Чаще, однако, бывает, что насосы не являются точной копией один другого, и потому характеристики $H-Q$ обоих насосов не совпадают.

После этого последовательно один за другим включают оба насоса на параллельную работу и строят характеристику $H-Q$ обоих насосов. Сравнение характеристики $H-Q$ двух насосов с характеристики каждого насоса покажет, что суммарная характеристика получилась путем сложения абсцисс обоих насосов. Если затем записать результаты наблюдения работы двух насосов при определенном прикрытии задвижек на напорных линиях одного и другого насосов, то обнаружим, что

$$Q_{1+2} < Q_1 + Q_2.$$

Если остается время , следует произвести подобное исследование для характеристик $N-Q$.

Все измерения заносят в ведомость 2.

Ведомость №2
к снятию характеристик $H-Q$
совместно работающих центробежных насосов.
Параллельное включение насосов

_____ 20 ____ г.

Тип водомера _____

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 $Q_{\text{нас. уст.}} \text{ м}^3/\text{с}$	Отсчеты по манометру 1			Отсчеты по манометру 2			Напор $H_{\text{нас. уст.}} \text{ м}$	Примечания
		кгс/см^2	$M_1, \text{м}$	$M_{11}, \text{м}$	кгс/см^2	$M_2, \text{м}$	$M_{22}, \text{м}$		
1									$M_{11} = M_1 + h_1;$ $M_{22} = M_2 + h_2;$ $H_{\text{манн}} = M_{11} + M_{22};$ $H = H_{\text{ман}} +$ $\frac{g_2^2 - g_1^2}{2g} =$ $= H_{\text{ман}} + 0,0827 Q^2,$ при равенстве напорного и всасывающего патрубков $d_1 = d_2 = 50 \text{ мм}$
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Примечание. При выполнении испытаний необходимо проанализировать, как меняются подачи у каждого насоса по схеме включения при изменении напора $H_{\text{нас. уст.}}$ (см. рис.1).

После снятия замеров строится графическая характеристика $H-Q$ насосной установки при параллельном включении однотипных насосов.

№п/п 5. Лабораторная работа №4

ИСПЫТАНИЯ ВОЗДУШНОГО ВОДОПОДЪЕМНИКА

Для подачи воды из глубоких скважин, кроме погружных и вертикальных центробежных артезианских насосов (в отдельных случаях штанговых насосов), применяют воздушные водоподъемники (эрлифты).

Кроме того, эрлифты применяют:

- на водопроводных очистных сооружениях, для подачи химических реагентов;
- на канализационных очистных сооружениях для перекачки ила;
- на производственных предприятиях для перекачки сточных вод.

Цель испытаний – получить экспериментальные зависимости подачи Q воды от количества воздуха W при изотермическом процессе.

Испытания проводятся на установке, представленной на рис. 2.

Количество воздуха W , требуемого для подъема воды Q м³/ч, определяется по формуле:

$$W = \frac{W_o \cdot Q}{60}, ,$$

$$W_o = \frac{h}{23 \cdot \eta_s \lg \frac{h(k-1)+10}{10}},$$

где W_o - удельный расход воздуха, м³ на 1 м³ воды;

h – геометрическая высота подъема воды, м;

$k = \frac{H}{h}$ - коэффициент погружения форсунки (см. табл.1);

H – глубина погружения форсунки, м;

$\eta_s = \frac{\gamma \cdot Q \cdot h}{102 \cdot N_{\partial s}}$ - КПД эрлифта ($\sim 0,5$);

$N_{\partial s}$ – мощность, кВт.

Таблица 1

Высота подъема, h , м	До 15	15-30	30-60	60-90	90-120
k	3-2,5	2,5-2,2	2,2 - 2	2,-1,75	1,7-1,65
η_3	0,59-0,57	0,57-0,54	0,54-0,5	0,5-0,41	0,41-0,4

Регулирование подачи W воздуха осуществляется задвижкой на всасывающей линии компрессора. Расход воды измеряется водомером. Все измерения заносят в ведомость 3.

Ведомость №3
к снятию характеристики $Q - W$
воздушного водоподъемника

_____ 20 ____ г.

Тип водомера _____

Мощность двигателя компрессора _____ кВт

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

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

№	Подача $Q_{\text{нас. уст.}}, \text{ м}^3/\text{с}$	Отсчеты по манометру компрессора	
		кгс/см^2	$M_1, \text{ м}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

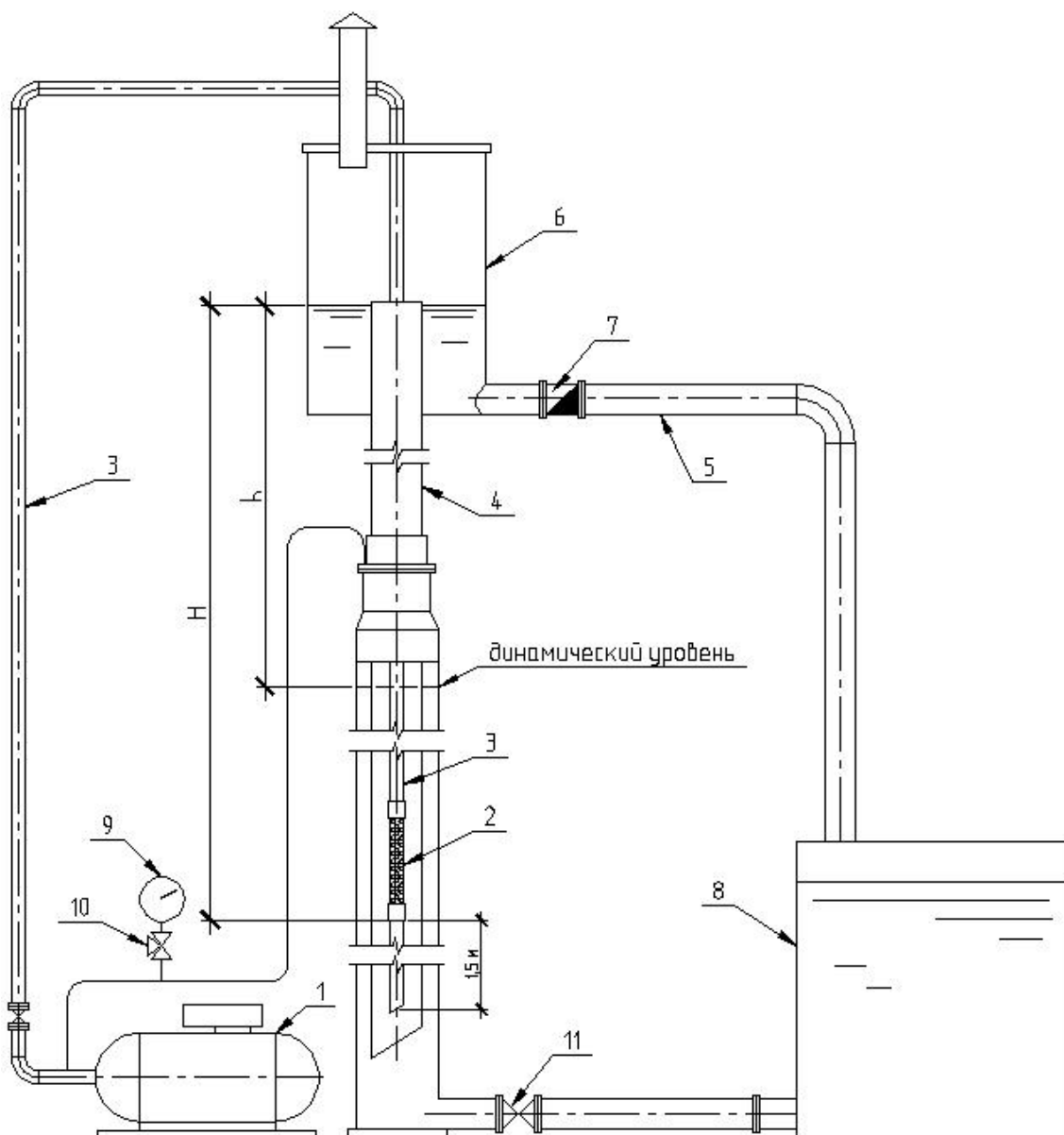


Рис. 2. Воздушный водоподъемник (эрлифт)

1- компрессор, 2 –форсунка, 3 – трубопровод от компрессора, 4 – водоподъемная труба, 5 – трубопровод для отвода воды, 6 – приемный бачек, 7-ультразвуковой водомер, 8- расходная емкость, 9 - манометр, 10- трехходовой кран, 11- запорная арматура.

После снятия замеров строится графическая характеристика $Q- W$ воздушного водоподъемника.

Литература

1. В.Я. Карелин, А.В. Минаев. Насосы и насосные станции . // «Бастет» М., 2010. –С 6-446.
2. Дячек П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебное пособие.- М.: Издательство АСВ, 2012.-432 с. М.М. Флоринский, В.В. Рычагов Насосы и насосные станции
3. Дерюшев Л.Г. Воздуходувные станции и установки. Учебное пособие. М.: Издательство "Вестник МГСУ", 2015 г., электронная версия.
4. ГОСТ 17398. Насосы. Термины и определения.
5. С П 31.13330-12. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М., 2013
6. С П 32.13330-12 . Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 2013