

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра водоснабжения, водоотведение и теплоснабжение

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплинам
«Насосные и воздухоулавливающие станции»
и «Насосные станции» для студентов
специальностей **1-70 04 03** «Водоснабжение, водоотведение
и охрана водных ресурсов» и
1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство»

УДК 621.65

Методические указания подготовлены для студентов, изучающих дисциплины «Насосные и воздухоподводящие станции» и «Насосные станции» в соответствии с учебной программой специальностей 70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» и 74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство». Настоящие указания содержат общие сведения и методику выполнения лабораторных работ по изучаемым дисциплинам применительно к насосным установкам, имеющимся в лаборатории гидромашин.

Составитель: Бахур Н.Ф., доцент кафедры ВВиТ

Рецензент: заместитель главного инженера КУП ВКХ «Водоканал» г. Бреста Варвенок В.А.

Введение

Настоящие методические указания подготовлены для студентов специальностей 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» и 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» в соответствии с учебными программами дисциплин «Насосные и воздухоудные станции» и «Насосные станции».

Методические указания включают пять лабораторных работ, четыре из которых проводятся в лаборатории гидромашин, а одна - на действующей водопроводной насосной станции.

Основным назначением данных методических указаний является разъяснение физической сущности изучаемых процессов, ознакомление студентов с методикой проведения работ, а также закрепление теоретического материала по изучаемой дисциплине.

Краткое изложение теории изучаемого явления с подробным описанием методики выполнения работы облегчит самостоятельную подготовку и работу студентов в лаборатории.

Лабораторная работа №1

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Цель работы: изучить устройство, порядок разборки и сборки насосов К 80-65-160 и Д 200-36.

1. Общие сведения

В соответствии с ГОСТ 17398-72 насосом называется гидравлическая машина для создания потока жидкой среды.

Наиболее широкое применение в системах водоснабжения и водоотведения, а также в области мелиорации получили центробежные насосы. Это объясняется простотой конструкции, широким диапазоном подачи и напора, высоким КПД и удобством эксплуатации.

В центробежных насосах передача энергии перекачиваемой жидкой среде осуществляется за счет взаимодействия лопаток рабочего колеса с потоком. Под действием центробежной силы жидкая среда перемещается от центра рабочего колеса к его периферии.

2. Устройство консольного одноступенчатого насоса К 80-65-160

Большую группу консольных одноступенчатых насосов представляют насосы типа К и КМ. Эти насосы предназначены для подачи чистой воды и других чистых жидких сред температурой до 105°C. Подача их составляет 4,5...360 м³/ч при напоре 8,8 ... 90 м.

В соответствии с ГОСТ 22247-90 консольные насосы маркируются следующим образом: К - консольный; КМ - консольный моноблочный; 80 - номинальный диаметр всасывающего патрубка в мм; 65 - номинальный диаметр нагнетательного патрубка в мм; 160 - номинальный диаметр рабочего колеса в мм.

Если после цифры в маркировке насоса указывается на диаметр рабочего колеса находится буква «а» или буква «б», они означают вариант обточки рабочего колеса, обеспечивающего работу насоса в средней или нижней части поля Q - H.

Технические параметры насоса К - 80 - 65 - 160 :

Подача Q = 45 м³/ч (при максимальном КПД);

Напор H = 30 м. вод. ст. (при максимальном КПД);

Максимальный КПД $\eta_{\max} = 71\%$;

Частота вращения рабочего колеса n = 2900 об/мин;

Мощность насоса N = 5,5 кВт.

Допускаемая вакуумметрическая высота всасывания $H_{\text{вас}}^{\text{дан}} = 6$ м.

Базовой деталью консольного насоса является опорный кронштейн, в котором на шаркоподшипниках установлен стальной вал.

К кронштейну шпильками крепится спиральный чугунный корпус, переходящий в нагнетательный патрубок. В нормальном исполнении нагнетательный патрубок направлен вертикально вверх. При необходимости патрубок можно повернуть на угол 90 °С, 180 °С и 270 °С от нормального положения. В корпусе предусмотрены отверстия для выпуска воздуха, слива воды и присоединения манометра.

На консольном конце вала с помощью гайки крепится рабочее колесо (Рис. 1.1).

Со стороны входа в колесо корпус закрывается крышкой с всасывающим патрубком, обеспечивающим организованный осевой подвод жидкой среды к рабочему колесу. Между рабочим колесом и крышкой корпуса установлено уплотнительное кольцо. Концевое уплотнение состоит из сальниковой камеры, сальниковой набивки, нажимной втулки, с помощью которой регулируется степень уплотнения. Утечка через уплотнения отводится через специальное отверстие. Подшипники смазываются жидкой или консистентной смазкой.

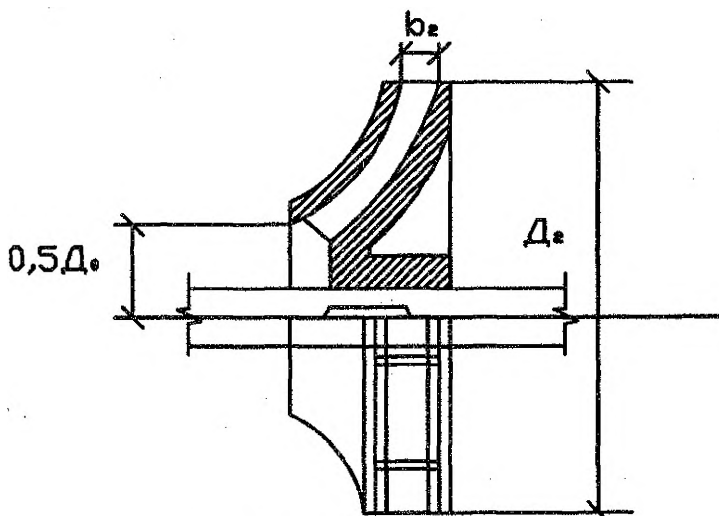


Рисунок 1.1. Рабочее колесо насоса типа К.

3. Порядок разборки и сборки консольного насоса

Разборка консольного насоса производится в следующем порядке:

- отвернуть с помощью гаечного ключа гайки, крепящие торцевую крышку к всасывающему патрубку;
- снять крышку, не повреждая прокладки сопрягаемых фланцев;
- отвернуть гайку крепления рабочего колеса к валу насоса (вращать по часовой стрелке);
- снять рабочее колесо насоса;
- отвернуть гайки нажимной втулки сальника;
- отвернуть гайки крепления корпуса насоса (спиральный отвод с нагнетательным патрубком) к опорному кронштейну;
- снять корпус насоса.

Сборка насоса производится в обратной последовательности.

4. Устройство центробежного насоса Д 200 – 36

Центробежные насосы типа Д по ТУ 26 – 06 – 1176 – 78 – горизонтальные одноступенчатые с полуспиральным подводом жидкой среды к рабочему колесу. Предназначены для перекачивания воды и жидкостей, сходных с водой по вязкости и химической активности, температурой до 358 К (85°С), содержащих не более 0,05 % по массе твердых включений максимальным размером 0,2 мм.

Насосы применяются на насосных станциях первого и второго подъемов городского, промышленного и сельского водоснабжения, в том числе для орошения и осушения полей, а также в других отраслях народного хозяйства.

Насосы типа Д выпускаются с параметрами: подача Q от 160 до 12500 м³/ч, напор H от 15 до 250 м.

В соответствии с ГОСТ маркировка этих насосов следующая: Д Q – H (Д – двусторонний вход; Q – подача, м³/ч; H – напор м. вод. ст. при максимальном КПД).

Для всех насосов типа Д, кроме насоса Д 200 – 36, в маркировке впереди буквы «Д» записывается цифра «1» или «2». Технические параметры насоса Д 200 – 36: $Q=200\text{ м}^3/\text{ч}$; $H = 36\text{ м}$; $\eta_{\text{max}} = 72\%$; $n = 1450\text{ об/мин}$.

Насос типа Д состоит из корпуса, крышки и рабочего колеса. Рабочее колесо насоса двустороннего входа (Рис. 1.2)

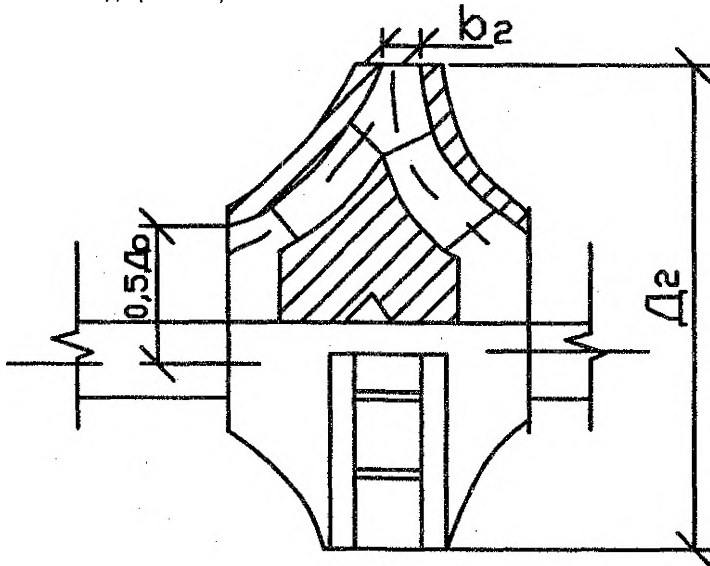


Рисунок 1.2. Рабочее колесо насоса типа Д.

Оно установлено на стальном валу и крепится с помощью шпонки и специальной гайки. Вал вращается в двух подшипниках скольжения с кольцевым смазыванием. Всасывающий и нагнетательный патрубки насоса расположены в нижней части корпуса и направлены горизонтально в противоположные стороны. Плоскость разъема корпуса уплотняется паронитовой прокладкой. Уплотняющие усилие создается шпильками, расположенными по периметру плоскости разъема.

Концевые уплотнения сальникового типа с гидравлическим затвором. Все корпусные детали и рабочее колесо выполнены из чугуна.

5. Порядок разборки и сборки насоса типа Д

Разборка насоса типа Д производится в следующем порядке:

- отвернуть с помощью гаечного ключа гайки, поджимающие нажимные втулки сальников;
- выдвинуть нажимные втулки из корпуса насоса;
- отвернуть гайки, крепящие крышку насоса;
- снять крышку насоса;
- отсоединить корпуса опорных подшипников;
- снять вал насоса с рабочим колесом.

Сборка насоса производится в обратной последовательности.

6. Порядок оформления отчета

- записать марку насоса и его технические параметры;
- дать описание устройства насоса;
- составить эскизный чертеж рабочего колеса с указанием его основных геометрических параметров;
- результаты измерения заносятся в табличку 1.1

Результаты измерения Таблица 1.1

Тип насоса	Геометрические параметры рабочего колеса, мм					Число сторон		Диаметры патрубков, мм	
	D_0	D_2	b_2	S_2		входа	нагнетания	Всасывающего D_b	Нагнетательного D_n

7. Контрольные вопросы

1. Как маркируются центробежные насосы типа К и типа Д ?
2. Какое назначение патрубков насоса ?
3. Какое назначение рабочего колеса насоса ?
4. Как уплотняется вал насоса относительно корпуса ?
5. Почему корпус насоса имеет спиральную форму ?
6. Почему диаметр всасывающего патрубка насоса больше диаметра нагнетательного патрубка ?

Лабораторная работа №2

ИСПЫТАНИЕ ВСАСЫВАЮЩЕГО ТРУБОПРОВОДА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Цель работы: установить и проанализировать графическую зависимость вакуумметрической высоты всасывания, кавитационного запаса и гидравлических потерь во всасывающем трубопроводе центробежного насоса от его подачи.

1. Общие сведения

Высота всасывания насоса является важным параметром при проектировании насосных станций. Она определяет высотное расположение насоса по отношению к расчетной отметке уровня жидкой среды в источнике, из которого она перекачивается.

Различают геометрическую и вакуумметрическую высоту всасывания. Геометрическая высота всасывания равна разности отметок двух горизонтальных плоскостей, одна из которых проходит через точку полости насоса с минимальным давлением, а вторая совпадает со свободной поверхностью перекачиваемой жидкой среды в источнике. Если отметка первой плоскости превышает отметку второй плоскости, геометрическая высота всасывания положительная. Если наоборот – геометрическая высота всасывания отрицательная (насос установлен под заливом).

Чтобы насос смог поднять жидкую среду, находящуюся ниже отметки его установки, на входе в рабочее колесо он должен создать вакуумметрическое давление (давление недостающее до атмосферного давления). Разность между атмосферным и полным давлением на входе в рабочее колесо, выраженная в метрах столба жидкости, представляет собой вакуумметрическую высоту всасывания

$$H_{\text{вак}} = \frac{P_a - P_s}{\rho \cdot g} - \frac{V_s^2}{2g}, \quad (2.1)$$

где P_a – атмосферное давление, Па;

P_s – полное давление на входе в рабочее колесо, Па;

ρ – плотность жидкой среды, кг/м³;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

V_s – скорость движения жидкой среды на входе в рабочее колесо, м/с.

Соотношение между вакуумметрической и геометрической высотой всасывания следующее:

$$H_{\text{вак}} = H_{\text{г.вс}} + h_{\text{г.в}}, \quad (2.2)$$

где $H_{\text{г.вс}}$ – геометрическая высота всасывания, м;

$h_{\text{г.в}}$ – гидравлические потери во всасывающем трубопроводе, м.

Кавитационный запас Δh представляет собой превышение полного давления на входе в рабочее колесо насоса над давлением насыщенных паров жидкой среды, выраженное в метрах столба жидкости.

$$\Delta h = \frac{P_s - P_{\text{нп}}}{\rho \cdot g} + \frac{V_s^2}{2g}, \quad (2.3)$$

где $P_{\text{нп}}$ – давление насыщенных паров жидкости, зависящее от рода жидкости и от ее температуры, Па.

Различают понятия «высота всасывания» и «высота самовсасывания» насоса. Высота всасывания обусловлена способностью насоса создавать вакуумметрическое давление во всасывающей полости в условиях жидкой среды, а высота самовсасывания – в условиях газовой среды. Если высота всасывания центробежных насосов составляет 4...8 м, то высота самовсасывания равна 0,15...0,2 м.

2. Схема и описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд (рис.2.1) включает в себя центробежный насос марки К 100 – 80 – 160 1, всасывающий 2 и нагнетательный 3 трубопроводы, мерный бак 4, вакуумметр 5 и задвижку 6. Насос установлен выше уровня воды в резервуаре 7 (положительная высота всасывания). Насос всасывающим трубопроводом забирает воду и по нагнетательному трубопроводу подает в мерный бак. Величина подачи насоса (расход воды в трубопроводах) регулируется открытием задвижки и измеряется объемным способом.

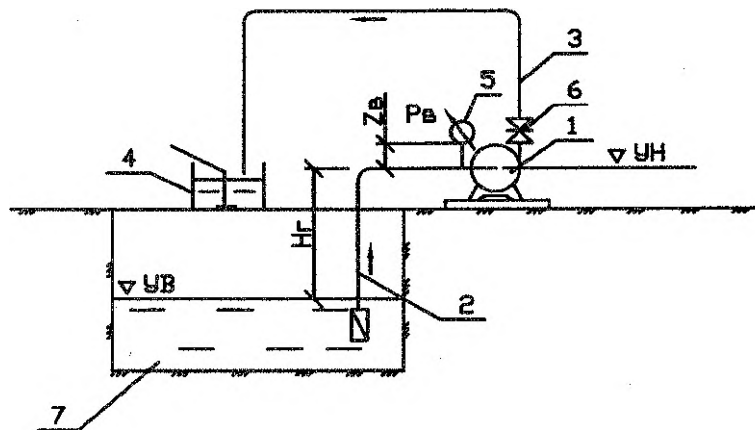


Рисунок 2.1. Схема лабораторного стенда.

3. Порядок выполнения работы

- произвести заливку корпуса насоса и всасывающего трубопровода водой;
- закрыть задвижку 6 на нагнетательном трубопроводе;
- включить в работу насосный агрегат;
- после включения насосного агрегата задвижку 6 немедленно открыть полностью и дать насосу поработать 1...1,5 мин на слив для удаления воздуха из системы;
- выставить с помощью задвижки режим работы насоса и снять необходимые параметры P_v , W , τ , H_r , t , C ;
- прикрыть задвижку и аналогично предыдущему провести испытание на остальных режимах (8-10 режимов);
- закрыть задвижку и отключить насосный агрегат.

4. Расчетные формулы

Объемная подача насоса определяется по формуле

$$Q = \frac{W}{\tau}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.4)$$

где W – объем воды в мерном баке, м^3 ;
 τ – время наполнения объема W , с.

Геометрическая высота всасывания насоса:

$$H_r = \nabla УН - \nabla УВ, \text{ м}, \quad (2.5)$$

где $\nabla УН$ – отметка оси насоса, м;
 $\nabla УВ$ – отметка уровня воды в резервуаре 7, м.

Вакуумметрическая высота всасывания определяется по формуле:

$$H_{\text{вак}} = \frac{P_a}{\rho \cdot g} - Z_a - \frac{V_a}{2 \cdot g}, \text{ м}, \quad (2.6)$$

где P_a – показание вакуумметра (со знаком «+») в Па;

Z_a – высота подключения вакуумметра, $Z_a = 0,35$ м;

V_a – скорость во всасывающем трубопроводе, м/с:

$$V_a = \frac{4 Q}{\pi \cdot d_a^2}, \text{ м/с}, \quad (2.7)$$

где Q в м³/с

d_a – диаметр всасывающего трубопровода, $d_a = 0,1$ м.

Кавитационный запас определяется по формуле:

$$\Delta h = \frac{P_a - P_{\text{пл}}}{\rho \cdot g} - H_{\text{вак}}, \text{ м}, \quad (2.8)$$

где $P_a = 98100$ Па;

$P_{\text{пл}}$ из приложения 1 методических указаний;

ρ – плотность воды, $\rho = 1000$ кг/м³

Гидравлические потери во всасывающем трубопроводе подсчитываются по формуле:

$$h_{\text{пв}} = H_{\text{вак}} - H_{\Gamma}, \text{ м} \quad (2.9)$$

5. Протокол испытаний и расчетов

Таблица 2.1

№ опыта	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \text{ м}^3$	$\tau, \text{ с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$H_{\Gamma}, \text{ м}$	$P_a, \text{ Па}$	$V_a, \text{ м/с}$	$H_{\text{вак}}, \text{ м}$	$\Delta h, \text{ м}$	$h_{\text{пв}}, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

По результатам протокола строятся графики зависимости

$$H_{\text{вак}} = f_1(Q) \quad \Delta h = f_2(Q) \quad \text{и} \quad h_{\text{пв}} = f_3(Q)$$

6. Контрольные вопросы

1. Как изменяются параметры $H_{\text{вак}}$, Δh , $h_{\text{пв}}$ при изменении подачи насоса Q ? Почему?
2. Каковы значения этих параметров при $Q = 0$?
3. Подчиняется ли характер изменения $h_{\text{пв}} = f(Q)$ квадратичному закону?
4. Какое предельное значение теоретически может иметь геометрическая высота всасывания насоса, перекачивающего воду?

Лабораторная работа № 3

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Цель работы: по результатам испытаний центробежного насоса К 100 – 80 – 160 построить его рабочие характеристики.

1. Общие сведения

Работу насоса принято характеризовать техническими параметрами, к числу которых относятся: подача, напор, мощность, коэффициент полезного действия и высота всасывания.

Подача насоса (Q) – объема (масса) жидкой среды, подаваемой насосом в единицу времени.

Напором (H) называется приращение удельной энергии потока жидкой среды при прохождении ее через рабочие органы насоса.

Мощность насоса (N) – мощность, потребляемая насосом для создания определенных Q и H .

Полезная мощность (N_n) – мощность, сообщаемая насосом перекачиваемой жидкой среде.

Коэффициент полезного действия насоса (η) – отношение полезной мощности к мощности насоса.

При подборе центробежных насосов для конкретных установок необходимо знать зависимость одних параметров насоса от других. В качестве независимого переменного параметра принимают подачу насоса. Изменение же остальных технических параметров насоса (H , N , η) зависит от его подачи.

Таким образом, зависимости напора, мощности КПД насоса от его подачи при постоянной частоте вращения рабочего колеса называются характеристиками насоса. Характеристики насосов могут быть представлены в виде графических построений и аналитических зависимостей.

Испытания насосов проводят, руководствуясь ГОСТ 6134–87 «Насосы динамические. Методы испытаний». Этот ГОСТ предусматривает несколько видов испытаний: энергетические, контрольные, на надежность, ресурсные и исследовательские.

Из всех видов испытаний наибольший интерес представляют энергетические испытания, которые проводятся в настоящей лабораторной работе.

2. Схема и описание лабораторного стенда

Схема лабораторного стенда представлена на рис. 3.1.

Испытуемый центробежный насос К 100 – 80 – 160 1 приводится в действие от балансирующего электромотора (мотор весы) 2. Корпус электродвигателя установлен на стойках в подшипниках и имеет возможность поворачиваться относительно ротора.

Таким образом, при работе электродвигателя статор стремится вращаться в сторону, противоположную вращению ротора.

Статор электродвигателя обеспечен уравновешивающим устройством в виде весов. К нему прикреплен рычаг длиной $l = 0,51$ м, к которому подвешена чашка для гирь. Накладывая на чашку весов груз, уравновешивают момент на статоре до совпадения подвижного указателя весов с неподвижным.

Насос всасывающим трубопроводом 3, диаметр которого $d_s = 100$ мм, забирает из резервуара 4 и подает по нагнетательному трубопроводу 5 ($d_n = 80$ мм) в мерный бак 6. На всасывающем трубопроводе установлен вакуумметр 7, а на нагнетательном – манометр 8. Подачу насоса регулирует задвижкой 9. Частота вращения ротора измеряется тахометром.

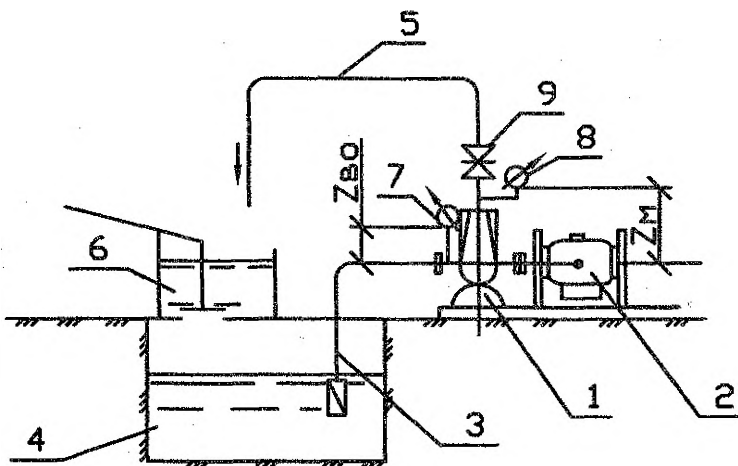


Рисунок 3.1. Схема лабораторного стенда.

3. Порядок выполнения работы:

- произвести заливку корпуса насоса и всасывающего трубопровода водой;
- закрыть задвижку 9 на напорном трубопроводе и застопорить мотор весов;
- при помощи пусковой кнопки на щите управления запустить в работу насосный агрегат;
- после включения электродвигателя задвижку 9 открыть полностью ;
- открыть краны измерительных приборов давления и снять их показания. Сбалансировать мотор весов и записать массу груза, измерить объем воды в мерном баке и время его наполнения, с помощью тахометра определить частоту вращения ротора электродвигателя;
- прикрыть задвижку 9 на нагнетательном трубопроводе и повторить опыты 8-10 раз. Последний опыт выполняется при закрытой задвижке;
- закрыть краны измерительных приборов давления, застопорить мотор весов и отключить электродвигатель.

4. Расчетные формулы

Объемная подача насоса определяется по формуле:

$$Q = \frac{W}{\tau}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.1)$$

где W – объем воды в мерном баке, м^3 ;

τ – время наполнения объема W , с.

Манометрический напор насоса определяется по формуле:

$$H = \frac{P_M + P_B}{\rho \cdot g} + Z_M - Z_{Mc} + \frac{V_n^2 - V_c^2}{2 \cdot g}, \text{ м}, \quad (3.2)$$

где P_M и P_B – манометрическое и вакуумметрическое давление в нагнетательном и всасывающем патрубках насоса, Па;

Z_M – высота подключения манометра, $Z_M = 0,53$;

Z_B – высота подключения мановакуумметра, $Z_B = 0,35$ м;

V_n и V_b – скорости движения воды в нагнетательном и всасывающем патрубках насоса:

$$V_{n,o} = \frac{4Q}{\pi \cdot d_{n,o}^2}, \text{ м/с}, \quad (3.3)$$

где d_n – диаметр всасывающего патрубка, $d = 0,1$ м;

d_b – диаметр нагнетательного патрубка, $d_n = 0,08$ м.

Полезная мощность насоса определяется по формуле:

$$N_n = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H, \text{ Вт}, \quad (3.4)$$

где ρ – плотность воды, $\rho = 1000$ кг/м³;

$g = 9,81$ м/с²;

Q – подача насоса, м³/с;

H – напор насоса, м.

Мощность насоса определяется по формуле:

$$N = G \cdot l \cdot \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ Вт}, \quad (3.5)$$

где G – сила, уравновешивающая крутящий момент, Н;

$G = m \cdot g$ (m – масса гирь на весах);

l – плечо рычага мотора весов, $l = 0,51$ м;

n – частота вращения ротора мотора весов, об/мин.

Коэффициент полезного действия определяется по формуле:

$$\eta = \frac{N_f}{N} \cdot 100\% \quad (3.6)$$

5. Протокол испытаний и расчетов

Таблица 3.1

№ опыта	W , м ³	τ , с	Q , м ³ /с	V_b , м/с	V_n , м/с	P_b , Па	P_n , Па	H , м	N_n , кВт	G , Н	n , об/мин	N , кВт	η , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

6. Контрольные вопросы

1. Что называют техническими параметрами насоса?
2. Что называют характеристиками центробежного насоса?
3. Какие измерительные приборы используются при проведении энергетических испытаний центробежного насоса?
4. Какое различие между манометрическим и требуемым напором насоса?
5. Как определяется напор насоса?
6. Как определяется полезная мощность насоса?
7. Как определяется мощность насоса?
8. Как определяется КПД насоса?

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ПРИ ИХ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ВКЛЮЧЕНИИ

Цель работы: На основании стендовых испытаний двух центробежных насосов К 50 – 32 – 125 построить индивидуальную и суммарную характеристики $H - Q$ при их параллельном и последовательном включении.

1. Общие сведения

На насосных станциях в подавляющем большинстве случаев в одном машинном зале устанавливают несколько насосных агрегатов. Включение насосов в сеть трубопроводов может быть параллельным (чаще) и последовательным (реже).

Условием параллельной работы насосов на общий будет равенство их напоров.

Чтобы найти режимную точку параллельно работающих насосов, необходимо построить их суммарную напорную характеристику, пересечение которой с характеристикой трубопровода и определит положение режимной точки. Суммарную напорную характеристику получают путем сложения абсцисс, определяющих подачи насосов при одинаковых напорах. Следует отметить, что общая подача насосов при параллельной работе трубопровод разделяется. Напор при параллельной работе насосов больше каждого из напоров насосов, работающих индивидуально.

Параллельное включение насосов применяется для увеличения расхода жидкой среды в сети трубопроводов. Последовательное включение насосов в практике водоснабжения осуществляется крайне редко.

Суммарная напорная характеристика в этом случае получается путем сложения ординат напоров насосов при одинаковых значениях их подач. Последовательное включение насосов приводит не только к увеличению напора, но и подачи.

Однако такое включение применяется для увеличения напора в сети трубопроводов.

2. Схема и описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд для исследований совместной работы насосов состоит из двух центробежных насосов К 50 – 32 – 125 с обвязкой трубопроводами, позволяющей проводить параллельное и последовательное включение (Рис. 4.1).

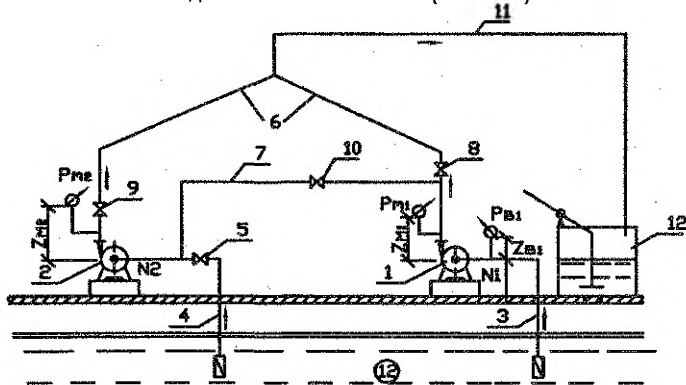


Рисунок 4.1. Схема лабораторного стенда.

Вода из резервуара 12 по всасывающим трубопроводам 3 и 4 забирается испытуемыми насосами 1 и 2 и по нагнетательным трубопроводам 6, объединенным в общий водовод 11, подается в мерный бак 12. Трубопроводы оборудованы вентилями 5, 8, 9, 10. Измерение давления на входе в насос № 1 осуществляется с помощью вакуумметра, а на выходе из насосов – с помощью манометров.

3. Порядок проведения работы.

3.1 Параллельная работа насосов:

- залить испытуемые насосы водой;
- закрыть все вентили за исключением вентилей 5;
- запустить в работу насос № 1 и с помощью вентилей 8 установить режим его работы;
- провести замеры $P_{м1}$, $P_{с1}$, W , τ при индивидуальной работе насоса № 1 и занести их в протокол испытаний;
- при работающем на установленном режиме насосе № 1 включить в работу насос № 2;
- с помощью вентилей 9 установить давление $P_{м1} = P_{с1}$;
- провести замер объема W и времени τ при совместной работе насосов;
- закрыть вентиль 9 (насос № 2 не отключать);
- с помощью вентилей 8 установить следующий режим работы насоса № 1 и повторить измерения;
- закрыть вентили 8 и 9 и остановить насосы.

3.2 Последовательная работа насосов:

- закрыть все вентили насосной установки и запустить в работу оба насоса;
- открыть вентиль 10;
- с помощью вентилей 9 установить режим совместной работы насосов;
- записать показания приборов $P_{с1}$ и $P_{с2}$, а также провести замеры W и τ ;
- с помощью вентилей 9 установить следующий режим работы насосов и повторить измерения;
- закрыть вентили 9 и 10 и остановить насосы.

4. Расчетные формулы

Объемная подача насоса или совместно работающих насосов определяется по формуле:

$$Q = \frac{W}{\tau}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.1)$$

где W – объем воды в мерном баке, м^3 ;

τ – время наполнения объема W , с.

Ввиду того, что испытуемые насосы однотипные, напор насоса при индивидуальной работе или при параллельном включении определяется по формуле:

$$H = \frac{P_{м1} + P_{с1}}{\rho \cdot g} + Z_{м1} - Z_{с1} + \frac{V_n^2 - V_a^2}{2 \cdot g}, \text{ м}, \quad (4.2)$$

где $P_{м1}$ – показание манометра насоса № 1, Па;

$P_{с1}$ – показание вакуумметра насоса № 1, Па;

$Z_{м1}$ – высота подключения манометра насоса № 1, $Z_{м1} = 0,5$;

$Z_{с1}$ – высота подключения вакуумметра насоса № 1, $Z_{с1} = 0,35$;

V_n и V_a – скорость движения воды на нагнетательном и всасывающем трубопроводах, м/с.

$$V_{n,с} = \frac{4Q}{\pi \cdot d_{n,с}^2}, \text{ м/с}, \quad (4.3)$$

где Q в м³/с;

d_n – диаметр нагнетательного трубопровода, d_n= 0,04 м;

d_в – диаметр всасывающего трубопровода, d_в= 0,05м;

ρ – плотность воды, ρ = 1000 кг/м³.

При последовательном включении насосов совместный напор определяется по формуле:

$$H = \frac{P_{м2} + P_{в1}}{\rho \cdot g} + Z_{м2} - Z_{в1} + \frac{V_n^2 - V_s^2}{2 \cdot g}, \text{ м}, \quad (4.4)$$

где P_{м2} – показание манометра насоса №=2, Па;

Z_{м2} – высота подключения манометра насоса №=2, Z_{м2}=0,45 м.

5. Протоколы испытаний и расчета технических параметров

При параллельном включении насосов

Таблица 4.1

№ режима	ПОДАЧА						НАПОР				
	Насоса № 1			Двух насосов			P _{м1} , Па	P _{в1} , Па	V _н , м/с	V _в , м/с	H, м
	W, м ³	τ, с	Q, м ³ /с	W, м ³	τ, с	Q, м ³ /с					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

При последовательном включении насосов

Таблица 4.2

№ режима	Поддача насосов			Напор насосов				
	W, м ³	τ, с	Q, м ³ /с	P _{м2} , Па	P _{в1} , Па	V _н , м/с	V _в , м/с	H, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9

По результатам протоколов на одном рисунке строится три напорные характеристики насосов: при индивидуальной работе насоса №=1, при параллельном включении двух насосов и при последовательном включении двух насосов.

Проводится анализ построенных характеристик.

6. Контрольные вопросы

1. Как определяется подача насосов?
2. Как определяется напор насосов при параллельном включении?
3. Как определяется напор насосов при последовательном включении?
4. Как включаются насосы для увеличения расхода жидкости в водопроводной сети?
5. Как включаются насосы для увеличения напора в водопроводной сети?
6. Отличаются ли подачи насосов при последовательном их включении?

Лабораторная работа № 5.

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С КОМПОНОВКОЙ И РАБОТОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Цель работы: ознакомиться с компоновкой оборудования, конструкцией здания и работой водопроводной насосной станции.

1. Общие сведения

Водопроводная насосная станция является важнейшим звеном системы водоснабжения и представляет собой довольно сложный энергетический узел, обеспечивающий подачу воды потребителям в необходимом объеме с требуемым напором. По расположению в общей схеме системы водоснабжения и назначению они делятся на станции первого подъема, второго подъема, повысительные и циркуляционные.

Данная лабораторная работа проводится на действующей водопроводной насосной станции первого подъема при заборе воды из поверхностного источника (река Мухавец). Насосная станция обеспечивает подачу технической воды на промпредприятия г. Бреста.

Здание насосной станции, в котором размещается необходимое оборудование, полузаглубленного типа, прямоугольное в плане. Подземная часть выполнена из монолитного железобетона, а верхняя – из силикатного кирпича. В подземной части здания станции размещаются основные и вспомогательные насосные агрегаты, всасывающие и нагнетательные трубопроводы, оборудованные необходимой арматурой.

В наземной части здания станции размещаются подъемно-транспортное оборудование (подвесной кран) и диспетчерская. Основные насосы (типа Д) размещаются в плане по двухрядной, шахматной схеме.

В схеме вертикальной планировки основные насосы установлены под заливом от расчетного уровня воды в источнике.

Однако, в зимний период времени, когда уровень воды в источнике заметно снижается, насосы работают при положительной высоте всасывания. Для запуска насосов в этом случае предусмотрены вакуумные насосы.

Внутри станционные коммуникации включают в себя два всасывающих водовода, всасывающий коллектор, всасывающие трубопроводы, нагнетательные трубопроводы, нагнетательный коллектор и два нагнетательных водовода. Всасывающие трубопроводы оборудованы задвижками, нагнетательные – обратными клапанами и задвижками.

При изменении водопотребления в сети автоматически изменяется частота вращения ротора электродвигателя, основного насоса, что позволяет экономить электрическую энергию на станции.

2. Порядок проведения работы

- ознакомиться с конструкцией здания насосной станции; измерить ширину и длину машинного зала, глубину подземной и высоту наземной частей здания;
- выполнить эскиз машинного зала с нанесением основных и вспомогательных насосов, а также трубопроводов и арматуры;
- ознакомиться со вспомогательным оборудованием, расположенным в помещении машинного зала станции, и дать его краткое описание;
- ознакомиться с работой основного и вспомогательного оборудования насосной станции.

3. Состав отчета:

- назначение насосной станции;
- конструкция здания станции;
- эскиз машинного зала в плане с нанесением оборудования;
- вспомогательное оборудование станции;
- работа насосной станции.

4. Контрольные вопросы

1. Что относится к основному и вспомогательному оборудованию насосных станций?
2. Как размещаются насосные агрегаты на водопроводной насосной станции в плане?
3. Как размещаются насосные агрегаты на водопроводной насосной станции в вертикальной плоскости?
4. Как классифицируются водопроводные насосные станции?

Литература

1. Рычагов В.В., Чебаевский В.Ф. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. - М.: «Колос», 2000. - 320 с.
2. Карасев Б.Б. Насосные и воздуховодные станции. - М.: «Высшая школа», 1990. - 326 с.
3. Лобочев П.В. Насосы и насосные станции. - М.: Стройиздат, 1983.
4. Рычагов В.В., Флоринский М.М. Насосы и насосные станции. - М.: «Колос», 1975. - 416 с.

Приложение 1

Зависимость давления насыщенных паров воды от температуры

t, °C	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\frac{P_{\text{н}}}{\rho \cdot g}$, м	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	2,02	3,17	4,82	7,14	10,3

Приложение 2

Напор воды, соответствующий атмосферному давлению

Высота над уровнем моря, м	0	200	400	600	800	1000	1500	2000
Напор воды, м	10,3	10,1	9,8	9,6	9,4	9,2	8,6	8,1

Приложение 3

Характеристики центробежного насоса К 100 – 80 – 160

Q, л/с	0	10	20	30	38
H, м	37	38	36	30	23
N, кВт	4,8	7	10	11,5	12,5
η , %	0	45	70	75	71

Приложение 4

Напорная характеристика центробежного насоса К 50 – 32 – 125

Q, л/с	0	2	3	4	5
H, м	22	23	21	18	16
N, кВт	0,8	1,1	1,2	1,4	1,55
η , %	0	39	50	57	55

Учебное издание

Составитель: *Бахур Николай Федорович*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплинам
«Насосные и воздухоудувные станции»
и «Насосные станции» для студентов
специальностей **1-70 04 03** «Водоснабжение, водоотведение
и охрана водных ресурсов» и
1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство»

Ответственный за выпуск: Бахур Н.Ф.

Редактор: Строкач Т.В.

Компьютерная вёрстка: Боровикова Е.А.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 23.04.2007 г. Формат 60x84 1/16. . Усл. п. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,25.
Заказ № 455. Тираж 100 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.