

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

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»**

Брест 2013

УДК 621.65 (07)

Методические указания подготовлены для студентов, изучающих дисциплины «Насосные и воздухоподводящие станции» и «Насосные станции» в соответствии с учебной программой специальностей 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» и 1-74 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.

Составители: Бахур Н.Ф., доцент,
Белов С.Г., доцент, к.т.н.,
Наумчик Г.О., ассистент.

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 воздухоудувные станции» и «Насосные станции».

Методические указания включают девять лабораторных работ, шесть из которых проводятся в лаборатории насосов, а три – на действующих насосных станциях.

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 марок К 80-65-160 и Д 320-70 (1Д 315-71).

1. Общие сведения

В соответствии с ГОСТ 6134-2007 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 (консольные) и КМ (консольные моноблочные). Эти насосы предназначены для подачи чистой воды и других чистых жидких сред температурой до 105 °С. 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, указывающей на диаметр рабочего колеса, находится буква «а» или буква «б», они означают вариант обточка рабочего колеса, обеспечивающего работу насоса в средней или нижней части поля Q – H.

Технические параметры насоса К 80-65-160:

- ✓ Подача $Q = 45 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при максимальном КПД);
- ✓ Напор $H = 30 \text{ м.вод.ст.}$ (при максимальном КПД);
- ✓ Максимальный КПД — $\eta_{\text{max}} = 71\%$;
- ✓ Частота вращения рабочего колеса $n = 2900 \text{ об/мин}$;
- ✓ Допускаемая вакуумметрическая высота всасывания $H_{\text{вс}}^{\text{доп}} = 6 \text{ м}$.

Базовой деталью консольного насоса является опорный фронштейн, в котором на шарикоподшипниках установлен стальной вал.

К фронштейну 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°, 180°, и 270° 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 (рисунок 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.

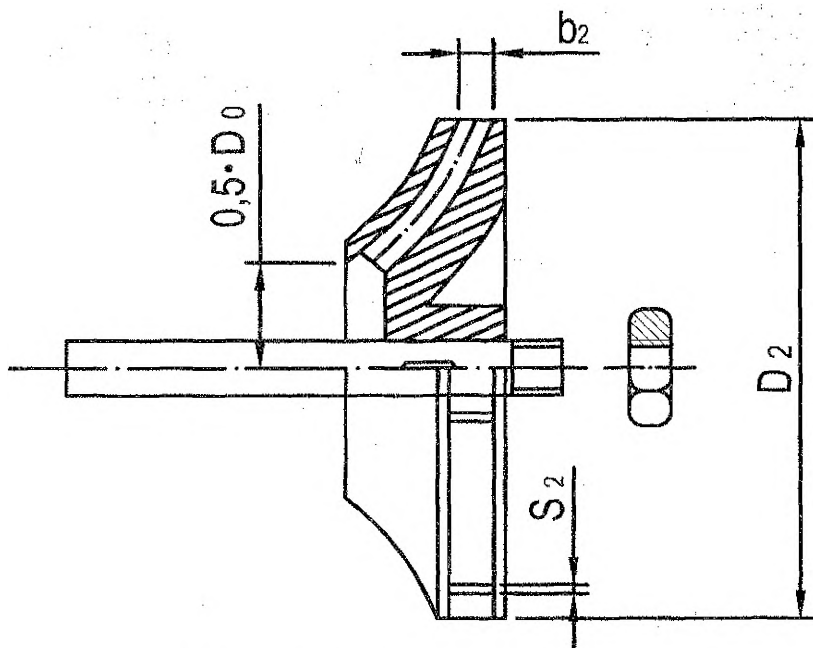


Рисунок 1.1 – Рабочее колесо насоса типа К

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 320-70 (1Д 315-71)

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 – двухсторонний 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 320-70:

- ✓ подача $Q = 320$ м³/ч (при максимальном КПД);
- ✓ напор $H = 70$ м (при максимальном КПД);
- ✓ максимальный КПД $\eta_{\text{max}} = 80\%$;
- ✓ частота вращения рабочего колеса $n = 2950$ об/мин;
- ✓ мощность насоса $N = 74$ кВт.

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

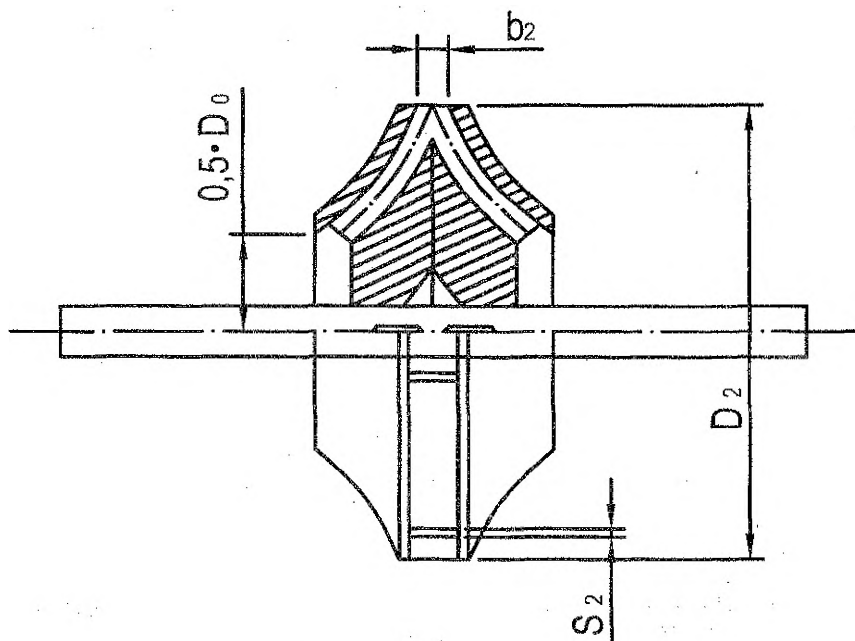


Рисунок 1.2 – Рабочее колесо насоса типа Д

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. Уплотняющее усилие создается шпильками, расположенными по лериметру 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 таблицу 1.1.

Таблица 1.1– Результаты измерений

Тип насоса	Геометрические параметры				Число сторон		Диаметры патрубков, мм	
	D_o	D_2	b_2	S_2	входа	нагнетания	Всасывающий D_s	Нагнетательный D_n
К								
Д								

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. Для чего нужна втулка на валу насоса?
6. Сколько сальниковых уплотнений в насосах типа «К» и типа «Д»?
7. Почему корпус насоса имеет спиральную форму?
8. Почему диаметр всасывающего патрубка насоса больше диаметра нагнетательного патрубка?
9. Где расположены подшипники в насосах типа «К» и типа «Д»?
10. Как выгнуты лопатки по отношению к направлению вращения рабочего колеса?

Лабораторная работа №2

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕМАТИКИ ПОТОКА В РАБОЧЕМ КОЛЕСЕ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

- Цель работы: 1. По результатам обмера рабочего колеса центробежного насоса определить его подачу Q , напор H , мощность N и сравнить с паспортными данными.
2. Построить треугольники скоростей при входе в рабочее колесо и выходе из него.

1. Общие сведения

Жидкая среда к рабочему колесу центробежного насоса подводится в осевом направлении. Попадая в межлопаточные каналы колеса, каждая частица жидкой среды принимает участие в сложном движении. С одной стороны, частица жидкой среды вращается вместе с рабочим колесом, и это движение характеризуется вектором окружной скорости \vec{U} , направленным перпендикулярно к радиусу вращения. С другой стороны, эта же частица перемещается относительно колеса, и это движение характеризуется вектором относительной скорости \vec{W} , направленным по касательной к линии тока в относительном лотке (по касательной к поверхности лопатки колеса).

Абсолютное движение частицы характеризуется вектором абсолютной скорости \vec{C} , равным геометрической сумме векторов окружной и относительной скоростей, т.е. $\vec{C} = \vec{U} + \vec{W}$. Таким образом, в любой точке межлопаточного канала колеса можно построить параллелограмм скоростей.

При рассмотрении кинематики лотка жидкой среды в рабочем колесе принято строить параллелограммы (или треугольники) скоростей на входной 1 и выходной 2 (рис. 2.1.) краях лопатки.

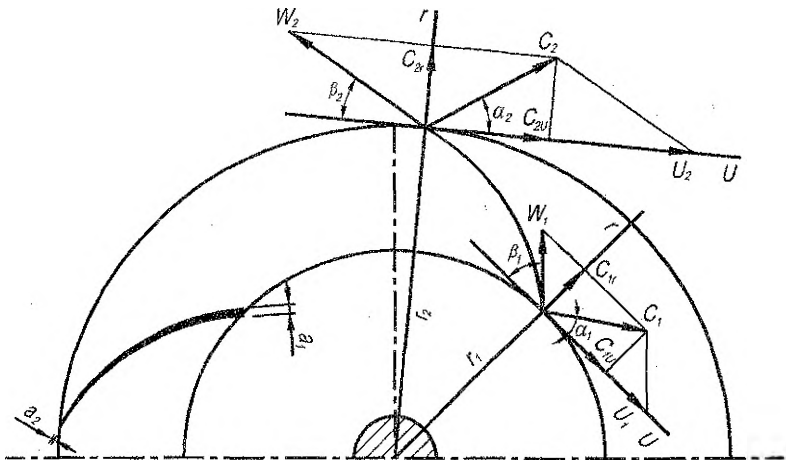


Рисунок 2.1 – Схема рабочего колеса и параллелограммы скоростей

На рис 2.1. представлены: r_1 и r_2 – радиусы входа и выхода; a_1 и a_2 – толщина лопатки на входе и выходе по образующей колеса; U_1 и U_2 – окружные скорости на входе и выходе; W_1 и W_2 – относительные скорости на входе и выходе; C_1 и C_2 – абсолютные скорости на входе и выходе; α_1 и α_2 – углы между векторами абсолютных и окружных скоростей на входе и выходе; β_1 и β_2 – углы между векторами относительных скоростей и продолжением векторов окружных скоростей на входе и выходе; C_{1u} и C_{2u} – проекции абсолютных скоростей на направление окружных скоростей на входе и выходе; C_{1r} и C_{2r} – проекции абсолютных скоростей на направление радиуса.

Треугольники скоростей строятся вне схемы рабочего колеса (рисунок 2.2.)

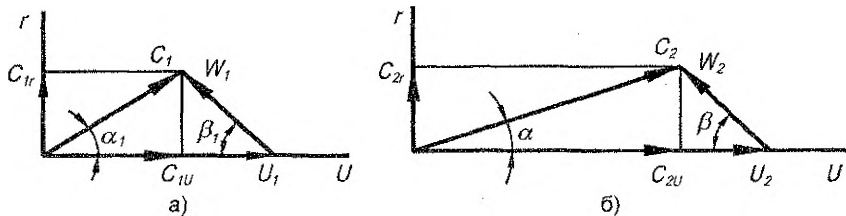


Рисунок 2.2 – Треугольники скоростей: а) входа; б) выхода

2. Порядок выполнения работы:

- выполняется эскиз рабочего колеса, на котором указываются основные размеры, определяемые по результатам обмера. ($D_1, D_2, \alpha_1, \alpha_2, b_1, b_2, \beta_1, \beta_2$);
- определяется подача насоса из формулы:

$$Q = \eta_0 \cdot Q_n, \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (2.1)$$

где η_0 – объёмный КПД насоса (принять $\eta_0 = 0,99$);

Q_n – идеальная подача насоса;

$$Q_n = \omega_1 \cdot C_{1r}, \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (2.2)$$

где ω_1 – площадь входных каналов на входе рабочего колеса.

$$W_1 = b_1 \cdot (\pi \cdot D_1 - z \cdot a_1), \quad (2.3)$$

где D_1 – диаметр входа в каналы рабочего колеса, м;

b_1 – ширина лопатки на входе, м;

z – количество лопаток.

$$C_{1r} = U_1 \cdot \operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60} \cdot \operatorname{tg} \beta_1, \text{ м / с}, \quad (2.4)$$

где n – частота вращения рабочего колеса, об/мин. (принять из каталога для данного насоса).

Выражение (2.4) справедливо при $\alpha_1 = 90^\circ$, что и принимается в лабораторной работе;

- определяется напор насоса по формуле:

$$H = \frac{\sigma_z \cdot \eta_z}{g} \cdot U_2 \cdot C_{2r}, \text{ м}, \quad (2.5)$$

где σ_z – коэффициент, учитывающий влияние числа лопаток на напор насоса;

$$\sigma_1 = \frac{1}{1 + \frac{3,6}{z} \cdot \frac{\sin \beta_2}{1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2}} \quad (2.6)$$

где D_2 – диаметр на выходе из каналов рабочего колеса, м;
 η_r – гидравлический КПД насоса (принять $\eta_r = 0,86$);
 g – ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

$$U_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{60}, \text{ м/с};$$

$$C_{2u} = U_2 - W_{2u} = U_2 - C_{2r} \cdot \text{ctg} \beta_2, \text{ м/с}; \quad (2.7)$$

$$C_{2r} = \frac{Q_u}{\omega_2} = \frac{Q_u}{b_2 \cdot (\pi \cdot D_2 - z \cdot a_2)}, \text{ м/с};$$

➤ определяется мощность насоса по формуле:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta \cdot 1000}, \text{ кВт}, \quad (2.8)$$

где ρ – плотность жидкой среды, для воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;
 η – коэффициент полезного действия насоса, определяемый из выражения

$$\eta = \eta_0 \cdot \eta_r \cdot \eta_m, \quad (2.9)$$

где η_m – механический КПД (принять $\eta_m = 0,97$);

➤ проводится сравнение расчетных технических параметров насоса (при максимальном значении КПД для данного насоса).

Результаты сравнения сводятся в нижеследующую таблицу.

Таблица 2.1 – Результаты сравнения расчетных и паспортных технических параметров насоса

Марка насоса	n об/мин	Параметры из каталога				Расчетные параметры			
		Q , м ³ /с	H , м	N , кВт	η , %	Q , м ³ /с	H , м	N , кВт	η , %

➤ по расчетным величинам строятся треугольники скоростей для входа и выхода из рабочего колеса.

3. Контрольные вопросы

1. Как направлены векторы окружной и относительной скоростей?
2. Почему относительная скорость потока на входе рабочего колеса больше относительной скорости на выходе?
3. Как определяется подача насоса?
4. Как определяется напор насоса?
5. Как определяется мощность насоса?

Лабораторная работа №3

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

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

1. Общие сведения

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

Подача насоса (Q) – объем (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 и 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, руководясь ГОСТ 6134-87 «Насосы динамические. Методы испытаний». Этот ГОСТ предусматривает несколько видов испытаний: энергетические, которые проводятся в настоящей лабораторной работе, и кавитационные.

2. Схема и описание лабораторного стенда

Схема лабораторного стенда представлена на рисунке 3.1.

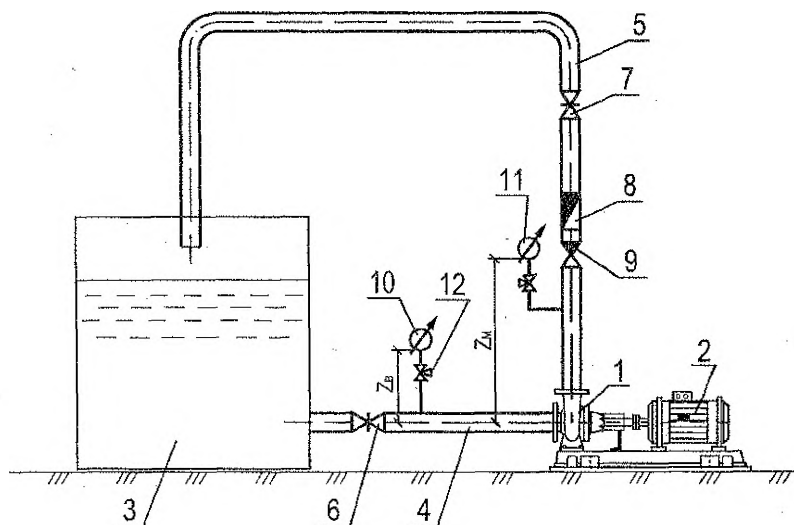
Испытуемый центробежный насос (К 100 – 80 – 160) 1 приводится в действие от балансирного электродвигателя (мотор весы) 2. Корпус электродвигателя установлен на стойках в подшипниках и имеет возможность поворачиваться относительно ротора.

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 1 всасывающим трубопроводом 4, диаметр которого $d_s = 100$ мм, забирает из резервуара 3 воду и подает ее по нагнетательному трубопроводу 5 ($d_n = 80$ мм) в тот же резервуар. На всасывающем трубопроводе установлен вакуумметр 10, а на нагнетательном – манометр 11.

Подача насоса регулируется задвижкой 7. Частота вращения измеряется тахометром. Объем воды, подаваемой насосом, измеряется водомером 8.



1 – центробежный насос; 2 – мотор-весы; 3 – резервуар; 4 – всасывающий трубопровод; 5 – нагнетательный трубопровод; 6 – задвижка на всасывающем трубопроводе; 7 – задвижка на нагнетательном трубопроводе; 8 – водомер; 9 – обратный клапан; 10 – вакуумметр; 11 – манометр; 12 – трехходовой кран
Рисунок 3.1 – Схема лабораторного стенда

3. Порядок выполнения работы:

- произвести заливку корпуса насоса и всасывающего трубопровода водой, открыв задвижку 6;
- закрыть задвижку 7 на напорном трубопроводе и застопорить мотор-весы;
- при помощи пусковой кнопки на щите управления запустить в работу насосный агрегат;
- после включения электродвигателя задвижку 7 открыть полностью;
- открыть краны измерительных приборов давления и снять их показания. Сбалансировать мотор-весы и записать массу груза, измерить объем воды по водомеру и время его наполнения, а с помощью тахометра измерить частоту вращения ротора электродвигателя;
- прикрыть задвижку 7 на нагнетательном трубопроводе и повторить опыты 8...10 раз;
- последний опыт выполнять при закрытой задвижке;
- закрыть краны измерительных приборов давления, застопорить мотор-весы и отключить электродвигатель.

4. Расчетные формулы

Объемная подача насоса определяется по формуле:

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

где W – объем воды по водомеру, м^3 ;
 t – время наполнения объема W , с.

Манометрический напор насоса определяется по формуле:

$$H = \frac{P_m + P_v}{\rho \cdot g} + Z_m - Z_v + \frac{v_m^2 - v_v^2}{2 \cdot g}, \text{ м}, \quad (3.2)$$

где P_m и P_v – манометрическое и вакуумметрическое давление в нагнетательном и всасывающем патрубках насоса, Па;

Z_m – высота подключения манометра, $Z_m = 1,12$ м;

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

v_m и v_v – скорости движения воды в нагнетательном и всасывающем патрубках насоса, м/с:

$$v_{m,v} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{m,v}^2}, \text{ м/с}, \quad (3.3)$$

где $d_{m,v}$ – диаметр нагнетательного или всасывающего трубопроводов, $d_m = 0,08$ м; $d_v = 0,1$ 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 – ускорение свободного падения ($g = 9,81$ 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, кг);

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

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

Кэффициент полезного действия определяется по формуле:

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

5. Протокол испытаний и расчетов

Таблица 3.1

№ опыта	W м ³	t с	Q м ³ /с	v_m м/с	v_v м/с	P_m Па	P_v Па	H м	N_n кВт	G Н	n об/мин	N кВт	η %

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 типа КМ (фирмы WILLO) построить индивидуальную и суммарные расходно-напорные характеристики $Q-H$ 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 на общий трубопровод может быть параллельным (чаще) и последовательным (реже).

Условием параллельной работы насосов на общий трубопровод будет равенство их напоров.

Чтобы найти режимную точку параллельно работающих насосов, необходимо построить их суммарную напорную характеристику, пересечения 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 уменьшается по сравнению с суммарной подачей этих насосов, работающих на тот же трубопровод раздельно. Напор при параллельной работе насосов больше каждого из напоров насосов, работающих индивидуально.

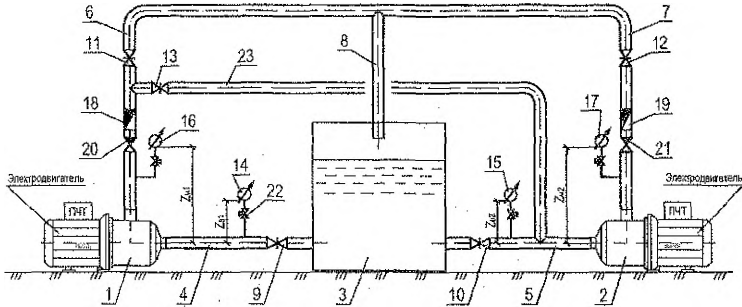
Параллельное включение насосов применяется для увеличения расхода жидкой среды в сети трубопроводов.

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 типа КМ (фирмы WILLO) с обвязкой трубопроводами, позволяющей проводить параллельное и последовательное включение (Рисунок 4.1).



- 1, 2 – центробежные насосы; 3 – резервуар; 4, 5 – всасывающие трубопроводы;
- 6, 7 – нагнетательные трубопроводы; 8 – общий нагнетательный водовод;
- 9, 10 – задвижки на всасывающем трубопроводе; 11, 12 – задвижки на нагнетательном трубопроводе; 13 – задвижка для обеспечения последовательного включения насосов;
- 14, 15 – вакуумметры; 16, 17 – манометры; 18, 19 – водометры; 20, 21 – обратные клапаны;
- 22 – трехходовой кран; 23 – трубопровод для обеспечения последовательного включения насосов

Рисунок 4.1 – Схема лабораторного стенда

Вода из резервуара 3 по всасывающим трубопроводам 4 и 5 забирается испытуемыми насосами 1 и 2 и по нагнетательным трубопроводам 6 и 7, объединенным в общий водовод 8, подается обратно в резервуар 3. Трубопроводы оборудованы вентилями 9, 10, 11, 12, 13. Измерение давления на входе в насосы осуществляется с помощью вакуумметров 14, 15, а на выходе из насосов – с помощью манометров 16, 17. Объем воды, подаваемый насосами, определяется водомерами 18, 19.

3. Порядок проведения работы

3.1. Параллельная работа насосов

- Открыв вентили 9 и 10, залить испытуемые насосы водой.
- Закрыть вентили 11, 12 и 13 и запустить в работу насос 1.
- С помощью вентиля 11 установить режим его работы.
- Провести замеры P_{e1} , P_{m1} , отсчет по водомеру 16, время работы водомера t и занести их в протокол испытаний.
- При работающем на установленном режиме насосе 1 включить в работу насос 2.
- С помощью вентиля 12 установить давление $P_{m2} = P_{m1}$.
- Провести замер объема и времени t при совместной работе насосов.
- Закрыть вентиль 12 (насос 2 не отключать).
- С помощью вентиля 11 установить следующий режим работы насоса 1 и повторить измерения (6...8 режимов).
- Закрыть вентили 11, 12 и остановить насосы.

3.2. Последовательная работа насосов

- При открытом вентиле 9 (остальные вентили закрыты) запустить в работу оба насоса.
- Открыть вентиль 13.
- С помощью вентиля 12 установить режим совместной работы насосов.
- Записать показания приборов P_{e1} и P_{m2} , а также провести замер объема подаваемой воды по водомеру 18 и время t .
- С помощью вентиля 12 установить следующий режим работы насосов и повторить измерения (6...8 режимов).
- Закрыть вентили 12, 13 и остановить насосы.

4. Расчетные формулы

Объемная подача насоса или совместно работающих насосов определяется по формуле:

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

где W – объем воды по водомеру, м^3 ;
 t – время поданного объема W , с.

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

$$H = \frac{P_{m1} + P_{e1}}{\rho \cdot g} + Z_M - Z_e + \frac{V_n^2 - V_e^2}{2 \cdot g}, \text{ м} \quad (4.2)$$

где P_{m1} – показание манометра насоса №1, Па;

P_{e1} – показание вакуумметра насоса №1, Па;

Z_{M1} – высота подключения манометра насоса №1, $Z_{M1} = 1,17 \text{ м}$;

Z_{e1} – высота подключения вакуумметра насоса №1, $Z_{e1} = 0,33 \text{ м}$;

V_n и V_e – скорости движения воды в нагнетательном и всасывающем трубопроводах, м/с.

$$v_{н.в.} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{н.в.}^2}, \text{ м/с}, \quad (4.3)$$

где Q – подача, $\text{м}^3/\text{с}$;

d_n – диаметр нагнетательного трубопровода, $d_n = 0,025 \text{ м}$;

$d_в$ – диаметр всасывающего трубопровода, $d_в = 0,032 \text{ м}$;

ρ – плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$. ($\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$).

При последовательном включении насосов совместный напор определяется по формуле:

$$H = \frac{P_{н2} + P_{в1}}{\rho \cdot g} + Z_{н2} - Z_{в1} + \frac{v_n^2 - v_в^2}{2 \cdot g}, \text{ м}, \quad (4.4)$$

5. Протоколы испытаний и расчетов

Таблица 4.1 – При параллельном включении насосов

№ режима	Подача						Напор насосов, включенных параллельно					
	Один насос			Два насоса, включенных параллельно				$P_{н1}$ Па	$P_{в1}$ Па	v_n м/с	$v_в$ м/с	H м
	W м^3	t с	Q $\text{м}^3/\text{с}$	W_1 W_2 м^3	t_1 t_2 с	Q_1 Q_2 $\text{м}^3/\text{с}$	Q_{1+2} $\text{м}^3/\text{с}$					

Таблица 4.2 – При последовательном включении насосов

№ режима	Подача двух насосов, включенных последовательно			Напор насосов, включенных последовательно				
	W м^3	t с	Q $\text{м}^3/\text{с}$	$P_{н2}$ Па	$P_{в1}$ Па	v_n м/с	$v_в$ м/с	H м

6. Контрольные вопросы

1. Как определяется подача насоса?
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?
7. Отличаются ли подачи насосов при параллельном их включении?
8. Когда применяется последовательное и когда применяется параллельное включение насосов?

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РАБОЧЕГО КОЛЕСА НАСОСА НА ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Цель работы: по результатам испытаний центробежного насоса построить его опытные расходно-напорные характеристики для различных частот вращения рабочего колеса. Определить значения расчетных расходно-напорных характеристик для соответствующих частот вращения рабочего колеса. Выполнить сравнение опытных и расчетных расходно-напорных характеристик насоса.

1. Общие сведения

Одним из методов регулирования подачи насосов является метод изменения частоты вращения рабочего колеса. Применение этого метода открывает значительные возможности экономии электроэнергии.

Заданные характеристики насоса, полученные при частоте вращения n , можно пересчитать и построить ряд других характеристик для различных частот вращения. Пересчет напорных характеристик насоса ведется по нижеследующим формулам:

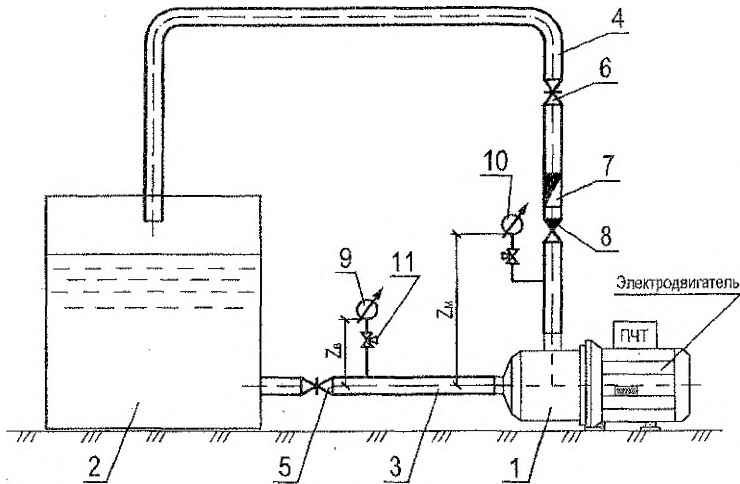
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad (5.1)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2, \quad (5.2)$$

где Q_1, H_1 – соответственно подача и напор насоса при частоте вращения n_1 ;

Q_2, H_2 – соответственно подача и напор при частоте вращения n_2 .

Опыты проводятся на лабораторном стенде с использованием насоса, имеющего преобразователь частоты тока. При изменении частоты тока изменяется частота вращения рабочего колеса насоса.



1 – центробежный насос; 2 – резервуар; 3 – всасывающий трубопровод;
4 – нагнетательный трубопровод; 5 – задвижка на всасывающем трубопроводе;
6 – задвижка на нагнетательном трубопроводе; 7 – водометр; 8 – обратный клапан;
9 – вакуумметр; 10 – манометр; 11 – трехходовой кран
Рисунок 5.1 – Схема лабораторного стенда

2. Порядок проведения работы

- открытием вентиля на всасывающем трубопроводе насоса произвести его заливку;
- при закрытом вентиле на нагнетательном трубопроводе запустить в работу насос;
- открытием вентиля на нагнетательном трубопроводе выставить режим работы насоса (опыт);
- измерить объем воды W , поданный насосом за время t ;
- произвести замеры показаний измерительных приборов вакуумметра P_m и манометра P_n ;
- с помощью вентиля на нагнетательном трубопроводе выставить следующий режим насоса и повторить измерения (6...8 режимов);
- установить другую частоту вращения рабочего колеса насоса и опыты повторить. Для изменения частоты вращения рабочего колеса необходимо крутить красную кнопку на блоке ПЧТ, смотреть на жидкокристаллическом индикаторе значение частоты вращения и для принятия частоты вращения нажать на эту красную кнопку;
- по окончании всех опытов сначала остановить (выключить) насос затем закрыть вентили на всасывающем и нагнетательном трубопроводах насоса.

3. Расчетные формулы

Объемная подача насоса определяется по формуле:

$$Q = \frac{W}{t}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.3)$$

где W – объем воды, поданный насосом, м^3 ;

t – время, за которое осуществлялась подача данного объема, с .

Манометрический напор насоса определяется по формуле:

$$H = \frac{P_m + P_n}{\rho \cdot g} + Z_m - Z_n + \frac{v_n^2 - v_m^2}{2 \cdot g}, \text{ м}, \quad (5.4)$$

где P_m и P_n – показания вакуумметра и манометра, Па ;

Z_m и Z_n – высоты подключения манометра и вакуумметра относительно оси насоса, м ;

$Z_m = 1,17 \text{ м}$; $Z_n = 0,33 \text{ м}$;

v_n и v_m – средние скорости движения потока в сечениях нагнетательного и всасывающего трубопроводов, где подключаются измерительные приборы, м/с .

$$v_{н.с.} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{н.с.}^2}, \text{ м}, \quad (5.5)$$

где Q – подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

$d_{н.с.}$ – диаметр нагнетательного или всасывающего трубопроводов, м .

Расчетная подача (Q_p) и расчетный напор (H_p) насоса при частоте вращения n_2 определяется из формул 5.1 и 5.2.

4. Протокол испытаний и расчета технических параметров насоса

Таблица 5.1 – Опытные данные, снятые в результате эксперимента и расчетные данные, определенные по теоретическим формулам

№ опыта	n об/мин	W M^3	t с	Q $M^3/с$	$P_{и}$ Па	$P_{о}$ Па	$u_{и}$ м/с	$u_{о}$ м/с	H м	Расчетные параметры насоса	
										Q_p $M^3/с$	H_p м

Таблица 5.2 – Сравнение значений опытного и расчетного напоров

№ п/п	n об/мин	Q $M^3/с$	H м	H_p^* м	$\Delta H = \frac{H - H_p^*}{H} \cdot 100\%$

По результатам протокола строятся опытные расходно-напорные характеристики насоса при частотах вращения n_1 и n_2 , а также определенная по теоретическим формулам расчетная расходно-напорная характеристика насоса при частоте n_2 . Далее проводится сравнение построенных опытной и расчетной характеристик насоса и анализ полученных результатов. Сравнение опытного и расчетного напоров производится при одинаковой величине подачи для одной и той же частоты вращения рабочего колеса насоса.

5. Контрольные вопросы

1. Как определяется опытная подача насоса?
2. Как определяется опытный напор насоса?
3. Как определяется расчетная подача насоса при частоте n_1 ?
4. Как определяется расчетный напор насоса при частоте n_2 ?
5. Какими способами можно изменить подачу насоса?
6. Как технически осуществляется изменение частоты вращения рабочего колеса насоса?
7. Какие характеристики насоса изменяются в результате изменения частоты вращения рабочего колеса?
8. Для чего применяются преобразователи частоты электрического тока?

Лабораторная работа №6

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУЙНОГО НАСОСА

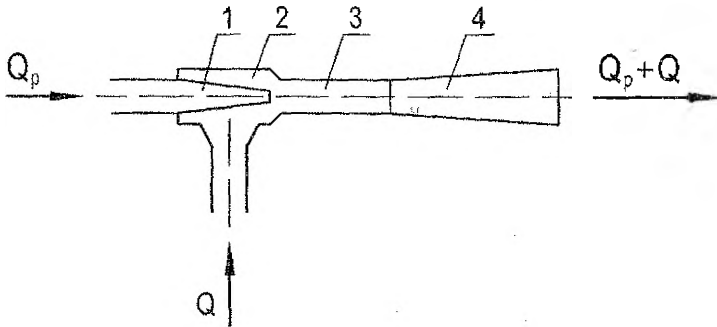
Цель работы: установить графическую зависимость коэффициента инжекции струйного насоса от величины давления рабочего потока.

1. Общие сведения

В струйных насосах передача энергии от потока рабочей жидкости к потоку перекачиваемой жидкости или газа осуществляется без промежуточных механизмов, в связи с чем эти насосы по характеру рабочего процесса принципиально отличаются от насосов всех других видов.

Достоинствами струйных насосов являются простота конструкции, надежность в работе, небольшие габаритные размеры и невысокая стоимость. Благодаря этому струйные насосы широко применяются для подъема сточных и грунтовых вод, для отсоса воздуха из высасывающей линии при запуске крупных центробежных насосов, для удаления ила из отстойников и т.д.

Струйный насос (рисунок 6.1) состоит из следующих основных элементов: сопла 1, всасывающей камеры 2, смесительной камеры 3, диффузора 4.



1 – сопло; 2 – всасывающая камера; 3 – смесительная камера; 4 – диффузор

Рисунок 6.1 – Принципиальная схема струйного насоса

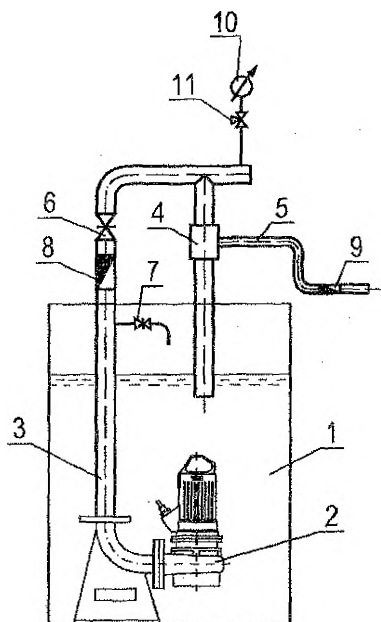
Работа струйного насоса происходит следующим образом. Рабочая жидкость подается питательным насосом под большим давлением в сопло струйного насоса, откуда с большой скоростью поступает в смесительную камеру. Вследствие значительного увеличения скорости на выходе из сопла давление в смесительной камере падает и может стать меньше атмосферного. Под действием вакуума жидкости (газ) из приемного резервуара поступает по всасывающей трубе во всасывающую камеру и далее в смесительную камеру. В смесительной камере рабочая и перекачиваемая жидкость (газ) смешиваются и обмениваются энергией, причем рабочая жидкость отдает часть энергии жидкости (газу), поступающей из приемного резервуара. При прохождении потока жидкости через диффузор происходит преобразование кинетической энергии в потенциальную. Таким образом, давление потока на выходе из диффузора оказывается выше давления эжектируемого потока.

Отношение $Q/Q_p = a$ называется коэффициентом инжекции.

Q и Q_p – соответственно расход жидкости (газа), всасываемой насосом, и рабочего потока.

2. Схема и описание лабораторного стенда

Испытание струйного насоса проводится на лабораторном стенде, схема которого представлена на рисунке 6.2.



1 – металлическая колонна с прозрачной стенкой; 2 – погружной насос;
3 – нагнетательный трубопровод; 4 – струйный насос; 5 – воздуховод; 6 – задвижка на
нагнетательном трубопроводе; 7 – сбросной вентиль; 8 – водомер;
9 – газовый счетчик

Рисунок 6.2 – Схема лабораторного стенда

Лабораторный стенд представляет собой вертикальную металлическую колонну 1 с прозрачной передней стенкой, в которой находится вода. В нижней части колонны расположен погружной питательный насос 2. Вода, забираемая питательным насосом из колонны, подается по нагнетательному трубопроводу 3 к струйному насосу 4. Атмосферный воздух поступает к струйному насосу по воздуховоду 5. Объем воды, подаваемый питательным насосом, определяется по водомеру 8, а объем подсасываемого воздуха – с помощью счетчика 9. Расход и давление подаваемой рабочей жидкости регулируется с помощью вентилья 6. Напор рабочей жидкости перед струйным насосом определяется манометром 10. Насыщенный воздухом поток воды поступает в колонну 1.

3. Порядок выполнения работы:

- закрыть вентиль 6 на нагнетательном трубопроводе;
- запустить в работу питательный насос;
- открывая вентиль 6, установить режим работы струйного насоса;

- измерить объем воды и воздуха, поданного питательным и струйным насосом за время t по водомеру 8 и счетчику 9;
- провести замер манометрического давления по манометру 10;
- с помощью вентиля 6 выставить следующий режим работы струйного насоса и повторить измерения в таком же порядке;
- закрыть вентиль 6 и остановить питательный насос.

4. Расчетные формулы

Объемная подача питательного насоса определяется по формуле:

$$Q_p = \frac{W}{t}, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (6.1)$$

где W – объем воды, поданной питательным насосом, м^3 ;

t – время, за которое осуществлялась подача данного объема, с.

Объемная подача, подсасываемого струйным насосом воздуха, определяется по такой же формуле:

$$Q = \frac{W_a}{t_a}, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (6.2)$$

где W_a – объем воздуха, подсасываемого струйным насосом, м^3 ;

t_a – время, за которое была осуществлена подача данного объема, с.

Коэффициент эжекции определяется отношением подач воздуха и воды, т.е.

$$\alpha = \frac{Q}{Q_p}. \quad (6.3)$$

5. Протокол испытаний и расчета

Таблица 6.1

№ опыта	W м^3	t с	Q_p $\text{м}^3/\text{с}$	W_a м^3	t_a с	Q $\text{м}^3/\text{с}$	P_m кПа	α

6. Контрольные вопросы

1. Как определяется коэффициент эжекции?
2. Вследствие чего происходит снижение давления во всасывающей камере струйного насоса?
3. Какое назначение диффузора?
4. Как изменяется коэффициент эжекции струйного насоса при изменении манометрического давления на подходе к соплу?
5. Где применяются струйные насосы?
6. Достоинства и недостатки струйных насосов.

Лабораторная работа №7

ОЗНАКОМПЕНИЕ С КОМПОНОВКОЙ И РАБОТОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ПЕРВОГО ПОДЪЕМА

Цель работы: ознакомление с компоновкой оборудования, конструкцией здания и работой водопроводной насосной станции первого подъема.

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 циркулярные.

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. Основные насосы (типа Д) размещаются в плане по линейной схеме. Два основных насоса марки Д 800-57 и один резервный насос марки Д 300.

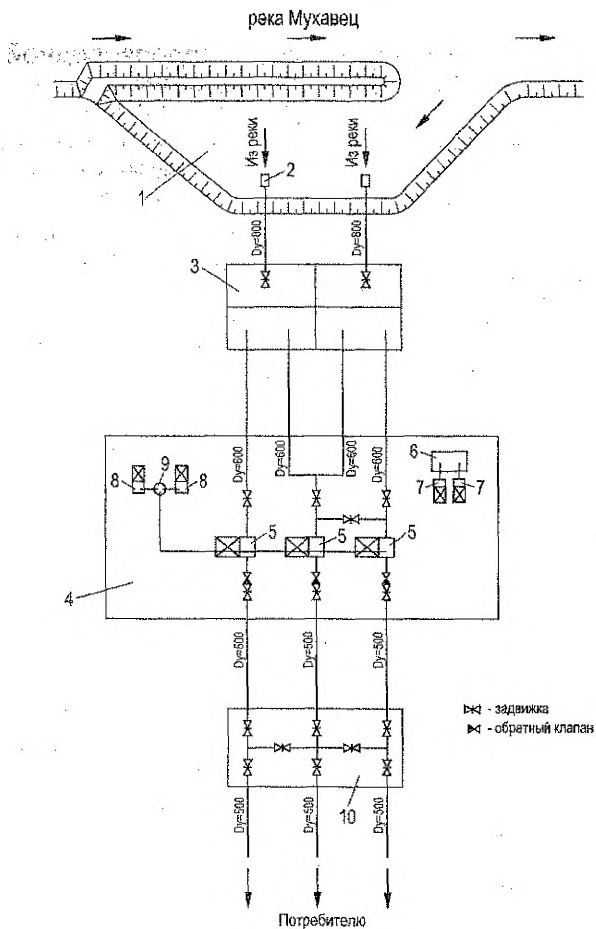
В схеме вертикальной планировки основные насосы установлены под заливом от расчетного уровня воды в источнике. Однако в зимний период времени, когда уровень воды в источнике заметно снижается, насосы работают при положительной высоте всасывания. Для запуска насосов в этом случае предусмотрены вакуумные насосы. С помощью вакуума, создаваемого вакуумными насосами, производится заливка основных насосов перед запуском. Ресивер в вакуумной системе станции исключает возможность попадания воды в вакуумные насосы.

Поскольку здание насосной станции полузаглубленного типа, происходит фильтрация грунтовых вод в машинный зал насосной станции. Грунтовые воды собираются в дренажном приемке, откуда периодически откачиваются дренажными насосами.

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

При изменении давления в напорном водоводе автоматически изменяется частота вращения ротора электродвигателя основного насоса, что позволяет поддерживать заданное давление и экономить электрическую энергию на насосной станции.

В наземной части здания станции размещаются подъемно-транспортное оборудование (подвесной кран) и диспетчерская.



1 – колей; 2 – оголовок; 3 – береговой колодец; 4 – план машинного зала насосной станции;
 5 – основные насосы; 6 – дренажный приямок; 7 – дренажные насосы;
 8 – вакуумные насосы; 9 – ресивер; 10 – камера переключений

Рисунок 7.1 – Схема сооружений водопроводной насосной станции первого подъема

2. Порядок выполнения работы:

- ознакомиться с конструкцией здания насосной станции; измерить ширину и длину машинного зала, глубину подземной и высоту наземной части 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?
5. Для чего применяются вакуумные насосы на насосной станции второго подъема?
6. Для чего нужны дренажные насосы в здании насосной станции?
7. Как экономят электроэнергию на насосной станции?
8. Для чего нужна запорно-регулирующая арматура на насосной станции?

Лабораторная работа №8

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С КОМПОНОВКОЙ И РАБОТОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ВТОРОГО ПОДЪЕМА

Цель работы: ознакомление с компоновкой оборудования, конструкцией здания и работой водопроводной насосной станции второго подъема.

1. Общие сведения

Водопроводная насосная станция второго подъема является важнейшим звеном системы водоснабжения и обеспечивает подачу воды потребителям в необходимом объеме с требуемым напором.

Данная лабораторная работа проводится на действующей водопроводной насосной станции второго подъема водозабора №2 г. Бреста («Граевский» водозабор).

Здание насосной станции второго подъема наземного типа, прямоугольное в плане. Оно совмещено с административно-бытовым корпусом и станцией обезжелезивания. В помещении насосной станции второго подъема размещаются основные и вспомогательные насосные агрегаты, а также подъемно-транспортное оборудование (подвесной кран).

К основным насосным агрегатам относятся насосы, предназначенные для перекачки воды из РЧВ к потребителю по двум напорным водоводам диаметром 600 мм. На насосной станции 2-го подъема водозабора №2 установлено 5 основных насосов. Три основных насоса имеют марку 1Д800-56а (производительность 740 м³/ч, при напоре 48 м, мощность 132 кВт). Один основной насос марки VENOS 1-300.315 (производительность 1200 м³/ч, при напоре 63 м, мощность 132 кВт). Один основной насос марки VENOS 1-200.346 (производительность 400 м³/ч, при напоре 50 м, мощность 45 кВт). При изменении водопотребления в водопроводной сети изменяется давление в напорном водоводе и автоматически изменяется частота вращения ротора электродвигателя основного насоса, что позволяет поддерживать заданное давление и экономить электрическую энергию на насосной станции.

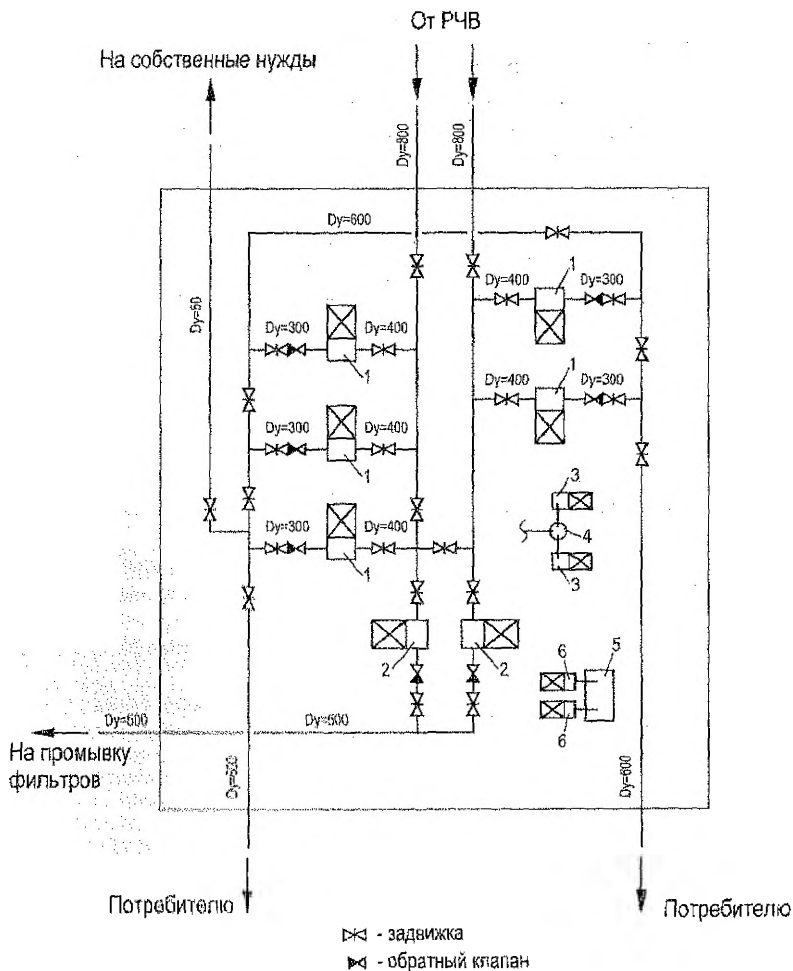
К вспомогательным насосам относятся дренажные насосы, вакуумные насосы и насосы для промывки фильтров станции обезжелезивания.

Дренажные насосы предназначены для откачки воды, образующейся в процессе эксплуатации (утечки через сальники насосов и конденсат). Дренажные насосы консольного типа смонтированы около дренажного приемка.

В схеме вертикальной планировки основные насосы установлены не под заливом, и при низком уровне воды в РЧВ перед запуском насосов необходимо производить заливку основных насосов, что осуществляется с помощью вакуумных насосов марки КВН 4-19. Ресивер в вакуумной системе станции исключает возможность попадания воды в вакуумные насосы.

Для промывки фильтров станции обезжелезивания установлены два насоса марки 16 НДВ, которые имеют подачу 1200 м³/ч при напоре 20 м. Эти насосы обладают большой подачей, поскольку при проведении промывки фильтров станции обезжелезивания необходим большой расход воды.

Внутристанционные 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. Все задвижки насосной станции оборудованы электроприводами, позволяющими полностью автоматизировать управление работой станции.



1 – основные насосы; 2 – промывные насосы; 3 – вакуумные насосы; 4 – ресивер;
5 – дренажный приямок; 6 – дренажные насосы

Рисунок 8.1 – План машинного зала водопроводной насосной станции второго подъема

2. Порядок выполнения работы

- ознакомиться с конструкцией здания насосной станции; измерить ширину и длину машинного зала, глубину подземной и высоту наземной части 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. Как классифицируются водопроводные насосные станции?
2. Что относится к основному и вспомогательному оборудованию насосных станций второго подъема?
3. Как размещаются основные насосные агрегаты на водопроводной насосной станции второго подъема в вертикальной плоскости?
4. Для чего нужны дренажные насосы в здании насосной станции второго подъема?
5. Когда применяются вакуумные насосы на насосной станции второго подъема?
6. Назначение ресивера в вакуумной системе станции.
7. Назначение промывных насосов, расположенных в насосной станции второго подъема.
8. Способы изменения подачи насосной станции второго подъема.
9. Каким образом экономят электрическую энергию на насосных станциях второго подъема?
10. С помощью каких устройств производится автоматизация работы насосной станции второго подъема?
11. Назначение запорно-регулирующей арматуры на насосной станции.
12. Назначение подъемно-транспортного оборудования в насосной станции.

Лабораторная работа №9

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С КОМПОНОВКОЙ И РАБОТОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Цель работы: ознакомление с компоновкой оборудования, конструкцией здания и работой канализационной насосной станции.

1. Общие сведения

Канализационная насосная станция является важнейшим звеном системы водоотведения и представляет собой энергетический узел, обеспечивающий перекачку необходимого объема сточных вод на городские очистные сооружения. Канализационные станции бывают районные и главные. Районные канализационные станции перекачивают воду из одного бассейна канализования в другой или в главный коллектор. Главные канализационные насосные станции перекачивают сточные воды на очистные сооружения города.

Данная лабораторная работа проводится на действующей главной канализационной насосной №5 г. Бреста (она является одной из трех главных канализационных насосных станций города). На ГКНС №5 сточные воды подводятся по трем безнапорным коллекторам, диаметрами 800 мм, 1200 мм и 1600 мм соответственно.

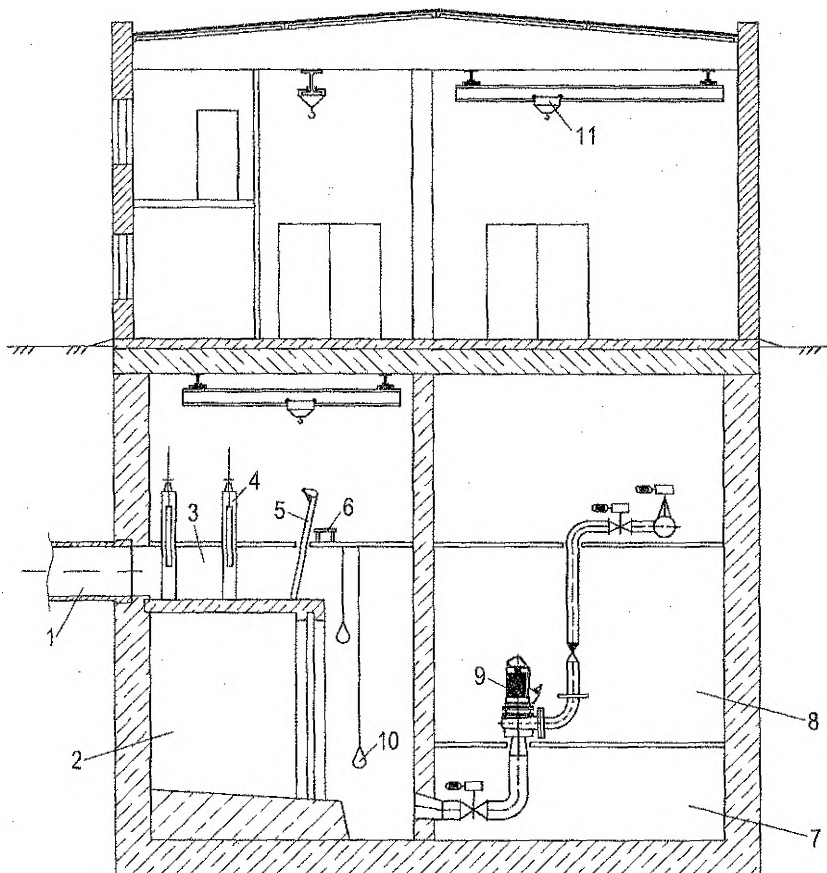
Здание насосной станции, в котором размещается необходимое оборудование, заглубленного типа. Подземная часть ГКНС №5 выполнена из монолитного железобетона, круглая в плане, имеет диаметр 24 м. Надземная часть представляет собой прямоугольное в плане здание. Подземная часть разделена водонепроницаемой перегородкой на две части. В одной части расположено приемное отделение, а в другой части размещаются основные и вспомогательные насосные агрегаты, всасывающие и нагнетательные трубопроводы, оборудованные необходимой запорно-регулирующей арматурой. В приемном отделении имеется лоток, разделяющийся на 3 части, есть четыре шибера, три решетки и приемный резервуар, разделенный перегородкой на две сообщающиеся части. Сообщение между двумя частями приемного резервуара, при необходимости выполнения ремонтных работ в нем, можно перекрыть. Приемный резервуар служит регулятором расхода сточных вод и имеет полезный объем 450 м³. Решетки задерживают крупные загрязнения, которые периодически удаляются с помощью механических граблей. Задержанные решетками загрязнения сбрасываются на транспортер, а с него на отжимное устройство обеспечивающее обезвоживание и далее загрязнения подаются в контейнеры, расположенные на улице. В приемном резервуаре есть устройство для периодического взмучивания загрязнений, оседающих на дно. Данное устройство запитано от напорных трубопроводов ГКНС и служит для предотвращения накопления отложений на дне приемного резервуара.



К основным насосным агрегатам относятся насосы, предназначенные для перекачки сточных вод из приемного резервуара на городские очистные сооружения по двум напорным канализационным коллекторам диаметром 1200 мм. На ГКНС №5 установлено 5 основных моноблочных насосов марки EMU FA35,54Z, производительностью 1080 м³/ч, при напоре 24 м, мощностью 110 кВт. Основные насосы размещаются вдоль водонепроницаемой перегородки на подземном ярусе ниже уровня воды в приемной камере (т.е. находятся под заливом). Включение и выключение основных насосных агрегатов осуществляется с помощью поплавковых датчиков уровня, имеющих грушевидную форму.

К вспомогательным насосным агрегатам относятся дренажные насосы, предназначенные для откачки фильтрационной грунтовой воды, фильтрующейся сквозь стены подземной части здания. Дренажные насосы расположены в зале всасывающих трубопроводов машинного отделения насосной станции, они смонтированы в дренажных приемках. Марка одного дренажного насоса СДВ 80/18 (производительность 80 м³/ч при напоре 18 м, мощность 11 кВт), другого дренажного насоса ZENIT DRP 1000/2/80A1HT-E (производительность 100 м³/ч при напоре 19 м, мощность 10 кВт).

В наземной части здания станции размещаются подъемно-транспортное оборудование (подвесной кран), диспетчерская, бытовые комнаты, слесарная мастерская, мастерская КИП и электриков, кабинет начальника канализационной станции и инженерно-технических работников, щитовая, санузел и душевые.

На рисунке 9.1 приведен разрез здания типовой КНС.



 - задвижка с электроприводом
 - обратный клапан

1 – подводящий коллектор; 2 – приемный резервуар; 3 – подводящий лоток;
 4 – шибер; 5 – решетка; 6 – ленточный транспортер;
 7 – зал всасывающих трубопроводов; 8 – машинный зал; 9 – основной насос;
 10 – поплавковый датчик уровня; 11 – подвесной кран

Рисунок 9.1 – Разрез здания канализационной насосной станции

2. Порядок выполнения работы:

- ознакомиться с конструкцией здания насосной станции; измерить ширину и длину машинного зала, глубину подземной и высоту наземной части 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 канализационной насосной станции;
- конструкция здания станции;
- эскиз машинного зала в плане с нанесением оборудования;
- вспомогательное оборудование канализационной насосной станции;
- работа канализационной насосной станции.

4. Контрольные вопросы

1. Что относится к основному и вспомогательному оборудованию канализационных насосных станций?
2. Какая запорно-регулирующая арматура имеется в КНС?
3. Для чего нужна запорно-регулирующая арматура в КНС?
4. Какие контрольно-измерительные приборы есть на КНС и для чего они нужны?
5. Как классифицируются канализационные насосные станции?
6. Для чего нужны шиберы в приемном отделении КНС?
7. Как осуществляется автоматизация работы основных насосов КНС?
8. Какие контрольно-измерительные приборы есть на КНС?
9. Для чего нужен приемный резервуар в КНС?
10. Для чего нужно устройство взмучивания загрязнений в приемном резервуаре КНС?
11. Для чего нужны подвесные краны в здании КНС?
12. Каково назначение поплавковых датчиков уровня в приемном резервуаре КНС?

Литература

1. Рычагов, В.В. Проектирование насосных станций и испытания насосных установок / В.В. Рычагов, В.Ф. Чебаевский – М.: Колос, 2000: – 320 с.
2. Карасев, Б.Б. Насосные и воздухоудовные станции. – М.: Вышэйшая школа, 1990. – 326 с.
3. Лобочев, П.В. Насосы и насосные станции. – М.: Стройиздат, 1983.
4. Рычагов, В.В. Насосы и насосные станции / В.В. Рычагов, М.М. Флоринский – М.: Колос, 1975. – 416 с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:
Бахур Николай Фёдорович
Белов Сергей Григорьевич
Наумчик Григорий Остапович

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: Боровикова Е.А.
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.
Корректор: Щерба О.В.

Подписано в печать 10.07.2013 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Снегурочка».
Усл. печ. л. 1,8. Уч. изд. л. 2,0. Заказ № 596. Тираж 70 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.