



СОВРЕМЕННОЕ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ  
УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НАСОСОВ И  
ИХ ХАРАКТЕРИСТИК

[www.measlab.ru](http://www.measlab.ru)

## **Лабораторная работа 1.**

### **Исследование работы различных типов насосов и их характеристик**

#### **Основные сведения**

Насосы представляют собой гидравлические машины, преобразующие механическую энергию приводящих двигателей в энергию потока жидкости и служащие для перемещения и создания напора жидкостей всех видов, механической смеси жидкости с твердыми и коллоидными веществами или сжиженных газов. Следует заметить, что машины для перекачки и создания напора газов выделены в отдельные группы и в отличие от жидкостей получили название вентиляторов и компрессоров. Большое разнообразие перемещаемых жидкостей и условий, в которых приходится работать насосам, вызвало появление огромного количества различных конструкций насоса.

По принципу действия все насосы можно разделить на объемные и динамические. В работе объёмных насосов, преобладают силы давления, в динамических - силы инерции. В объемных насосах жидкость, вытесняется при периодическом изменении замкнутого объема жидкости. Они используются для перекачки вязких жидкостей. В этих насосах одно преобразование энергии - энергия двигателя непосредственно преобразуется в энергию жидкости (механическая  $\Rightarrow$  кинетическая + потенциальная). Это высоконапорные насосы, они чувствительны к загрязнению перекачиваемой жидкости. Рабочий процесс в объёмных насосах неуравновешен (высокая вибрация), поэтому для них необходимо создавать массивные фундаменты. Также для этих насосов характерна неравномерность подачи. Основными преимуществами этих насосов можно считать способность создавать высокие давления, дозированный расход жидкости и способность к самовсасыванию.

Для динамических насосов характерно двойное преобразование энергии (1 этап: механическая  $\Rightarrow$  кинетическая + потенциальная; 2 этап: кинетическая  $\Rightarrow$  потенциальная). В динамических насосах можно перекачивать загрязнённые жидкости. Они обладают большей

равномерностью подачи и уравниваемостью рабочего процесса. Но в отличие от объёмных насосов они не способны к самовсасыванию.

Неполная классификация насосов по принципу действия и конструкции выглядит следующим образом:

- импеллерные и пластинчатые (шиберные)
- поршневые и шестерённые
- аксиально и радиально-плунжерные
- центробежные и винтовые
- винтовые (шнековые)
- струйные, диафрагменные и перистальтические насосы.

Наибольшее распространение для перемещения больших количеств разнообразных жидкостей получили центробежные насосы.

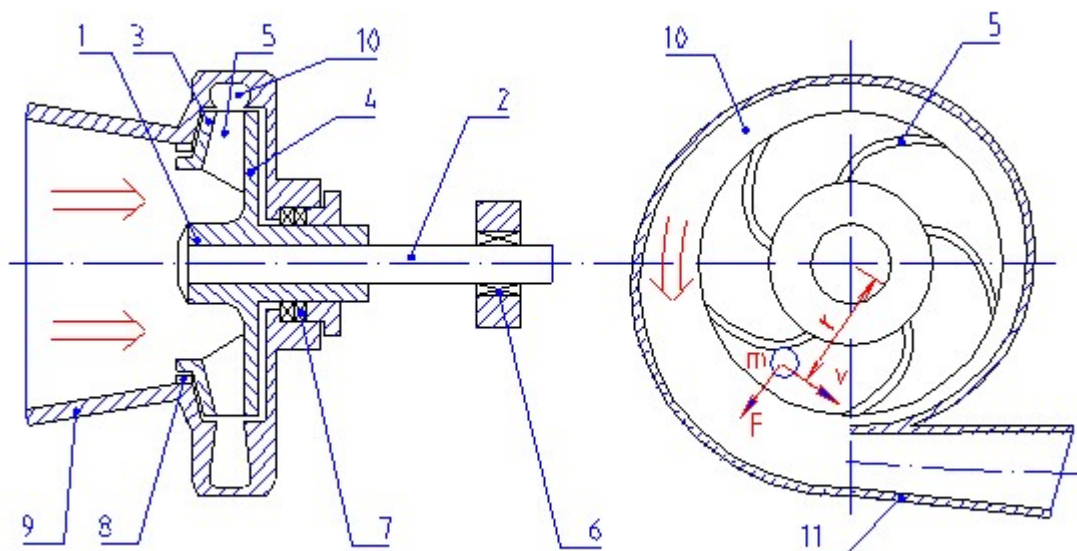


Рисунок 1.1. Одноступенчатый центробежный насос

Основным элементом центробежного насоса (рис. 1.1.) является рабочее колесо 5, состоящее из двух дисков, соединенных изогнутыми лопастями. Жидкость по входному осевому каналу поступает в центральную часть рабочего колеса, стремительно отбрасывается к периферии и попадает в улиткообразный спиральный канал, который кольцом охватывает рабочее

колесо. Увеличивающееся к выходному патрубку - отводу поперечное сечение спирального канала приводит к плавному снижению большой скорости, полученной жидкостью на выходе из рабочего колеса, до нормальной скорости в нагнетательном трубопроводе. При этом часть кинетической энергии жидкости переходит в потенциальную, что сопровождается увеличением давления (напора) жидкости. Внутри корпуса центробежного насоса может быть установлено одно или несколько рабочих колес. Соответственно, центробежные насосы делятся на одно - и многоступенчатые. В многоступенчатых насосах для повышения напора жидкость, выходящая из первого рабочего колеса, поступает на второе рабочее колесо, затем на третье и т.д. Общий напор, создаваемый многоступенчатым насосом, примерно равен сумме напоров, приобретенных жидкостью в каждом рабочем колесе. Особенностью эксплуатации центробежных насосов является то, что перед пуском их необходимо заливать перекачиваемой жидкостью.

В зависимости от конструктивных особенностей циркуляционные насосы делятся на устройства с «мокрым» и «сухим» ротором. После подачи электрического тока вал приводного двигателя начинает вращать ротор, на котором установлена крыльчатка (рабочее колесо). Поступающая во внутреннюю часть насоса через всасывающий патрубок жидкость отбрасывается центробежной силой к стенкам рабочей камеры и выталкивается в нагнетательный патрубок

У циркуляционных насосов первого типа ротор постоянно находится в жидкой среде. Это способствует не только смазке движущихся элементов, но и их эффективному охлаждению. К основным достоинствам оборудования данного типа следует отнести:

- низкий уровень шума при работе, так как вода, в которой находятся все движущиеся элементы такого устройства, отлично поглощает вибрации;
- простота монтажа, технического обслуживания и ремонта.

Между тем насосы с «мокрым» ротором, если говорить об их недостатках, отличаются не слишком высоким КПД, могут устанавливаться только в горизонтальном положении и очень критично относятся к отсутствию жидкости в системе циркуляции.

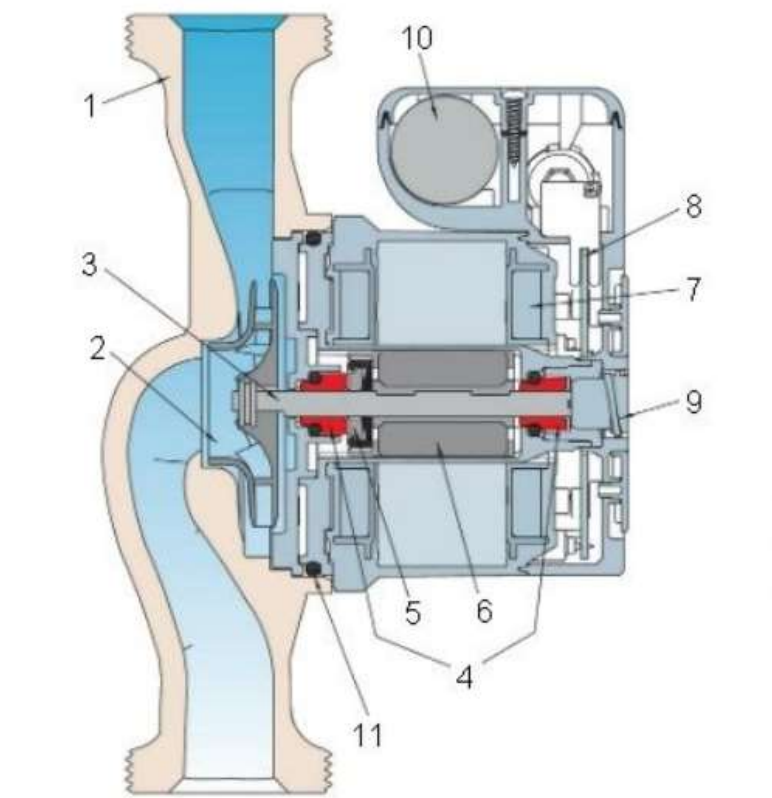


Рисунок 1.2. Устройство циркуляционного насоса:  
1 – чугунный корпус; 2 – рабочее колесо; 3 – вал; 4 – подшипники скольжения; 5 – керамический упор; 6 – ротор; 7 – обмотка; 8 – электронная схема управления; 9 – блокировочные винты; 10 – конденсатор; 11 – уплотнитель

Приводной двигатель насосов с «сухим» ротором вынесен в отдельный блок. Вращение от вала электродвигателя передается крыльчатке посредством специальной муфты. В отличие от устройств с «мокрым» ротором, помпы данного типа характеризуются более высоким КПД (до 80%), но и более сложной конструкцией, что несколько усложняет их обслуживание и ремонт.

Вихревой насос, рис. 1.2. – динамический насос трения, в котором жидкость получает энергию в результате её завихрения вращающимся рабочим колесом и перемещается по периферии рабочего колеса в тангенциальном направлении.

По конструкции вихревые насосы разделяют на два типа: закрыто-вихревой, у которого по периферии вихревого колеса расположены короткие лопатки, разделённые перегородкой на две части; открыто-вихревой, у которого вихревое колесо имеет длинные радиальные лопатки, образующие открытые межлопастные каналы. Вихревые насосы обладают самовсасыванием.

Колесо насоса изготавливается, обычно, с прямыми радиальными, а также с угловыми лопатками, расположенными по обе стороны диска. Для небольшой производительности и высокого напора насос выполняют двухступенчатым, закрытого и открытого типов.

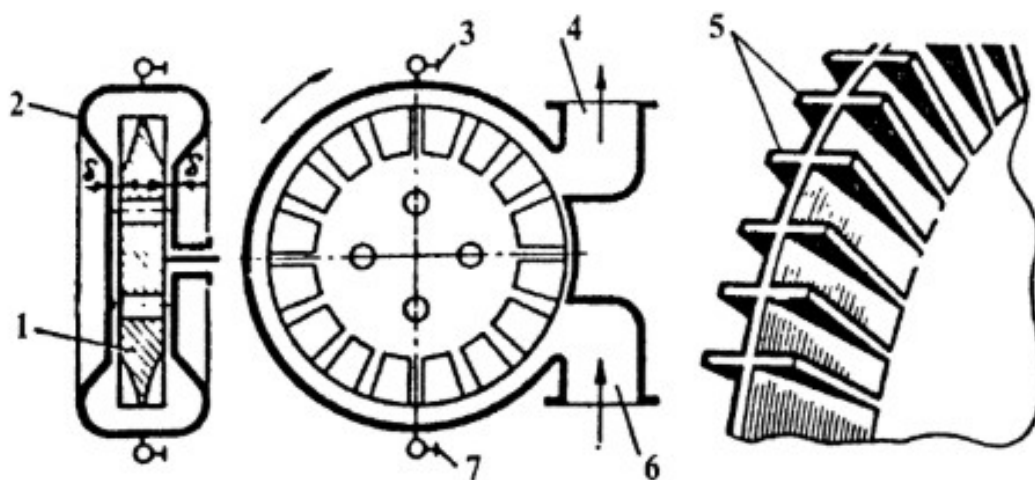


Рисунок 1.3. Устройство вихревого насоса:

1 – колесо 2 – корпус; 3 – кран заполнения корпуса насоса; 4 – нагнетательный патрубок; 5 – перегородки; 6 – всасывающий патрубок; 7 – кран слива воды из корпуса;  $\delta$  – боковой зазор между корпусом и колесом

Принцип работы поршневого насоса (рис. 1.3.) основан на поступательном движении поршня за счет чего создаётся разрежение в полости под ним, и туда засасывается жидкость из подводящего (всасывающего) трубопровода. При обратном движении поршня на всасывающем трубопроводе закрывается клапан, предотвращающий протечку жидкости обратно, и открывается клапан на нагнетательном трубопроводе, который был закрыт при всасывании. Туда вытесняется

жидкость, которая находилась под поршнем, и процесс повторяется. Недостаток такого насоса в том, что жидкость движется по трубопроводу с различной скоростью (скачками). Этот момент обычно обходят созданием насосов, в которых несколько поршней. Основное преимущество в том, что он способен закачивать жидкость, будучи в момент пуска незаполненным (сухое всасывание).

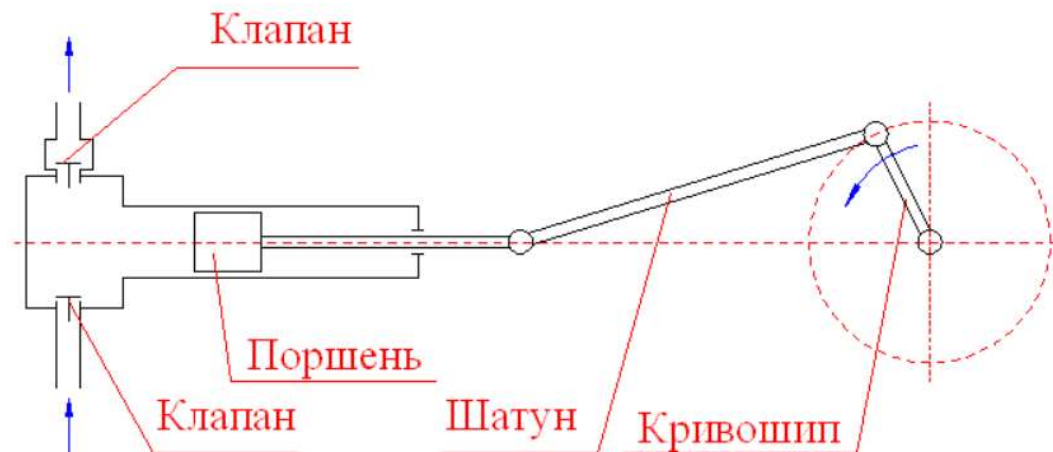


Рисунок 1.4. – Схема работы поршневого насоса

Шестерённый насос с внешним зацеплением работает следующим образом (рис. 1.5.).

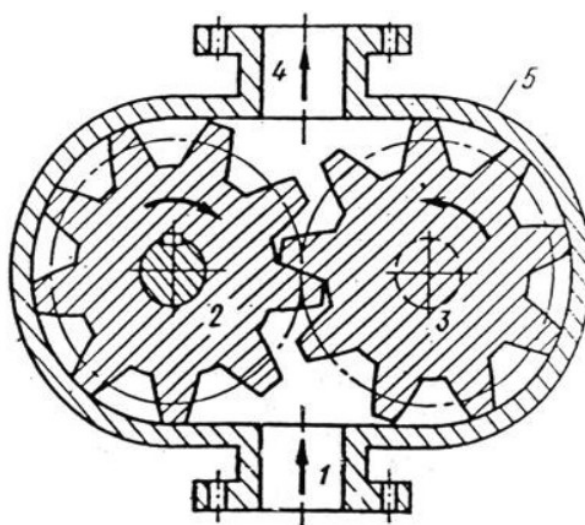


Рисунок 1.5. Шестеренный насос:  
1 – полость всасывания; 2 – ведущая шестерня;  
3 – ведомая шестерня; 4 – нагнетательная полость; 5 - корпус

Ведущая шестерня находится в постоянном зацеплении с ведомой и приводит её во вращательное движение. При вращении шестерён насоса в противоположные стороны в полости всасывания зубья, выходя из зацепления, образуют разрежение (вакуум). За счёт этого в полость всасывания поступает рабочая жидкость, которая, заполняя впадины между зубьями обеих шестерён, перемещается зубьями вдоль цилиндрических стенок колодцев в корпусе и переносится из полости всасывания в полость нагнетания, где зубья шестерён, входя в зацепление, выталкивают жидкость из впадин в нагнетательный трубопровод. При этом между зубьями образуется плотный контакт, вследствие чего обратный перенос жидкости из полости нагнетания в полость всасывания ничтожен. Смазка движущихся элементов насоса производится перекачиваемой жидкостью (масло, расплав полимера и др.). Шестеренные насосы в основном применяются для перекачивания вязких жидкостей.

Перистальтический насос (рис. 1.6.) представляет собой достаточно простой по конструкции и обслуживанию агрегат, основным рабочим элементом которого является гибкий шланг, по которому перекачиваются два ролика, совершая вращательные движения вокруг своей оси пережимают гибкий шланг. В результате чего внутри шланга создается разрежение, обеспечивающее в дальнейшем самовсасывающие способности насоса. Камера внутри насоса в некоторых конструкциях заполнена маслом для предотвращения нагрева и снижения износа шланга.

Основные преимущества перистальтических насосов:

- неограниченная работа в режиме сухого хода;
- реверсивность;
- бесшумная работа;
- отсутствие сальников, уплотнений;
- отсутствует явление кавитации;
- бережная перекачка без нарушения структуры жидкости и вспенивания;

- неприхотливость в эксплуатации, долгий срок службы;
- высокая самовсасывающая способность (до 9,5 м всухую).

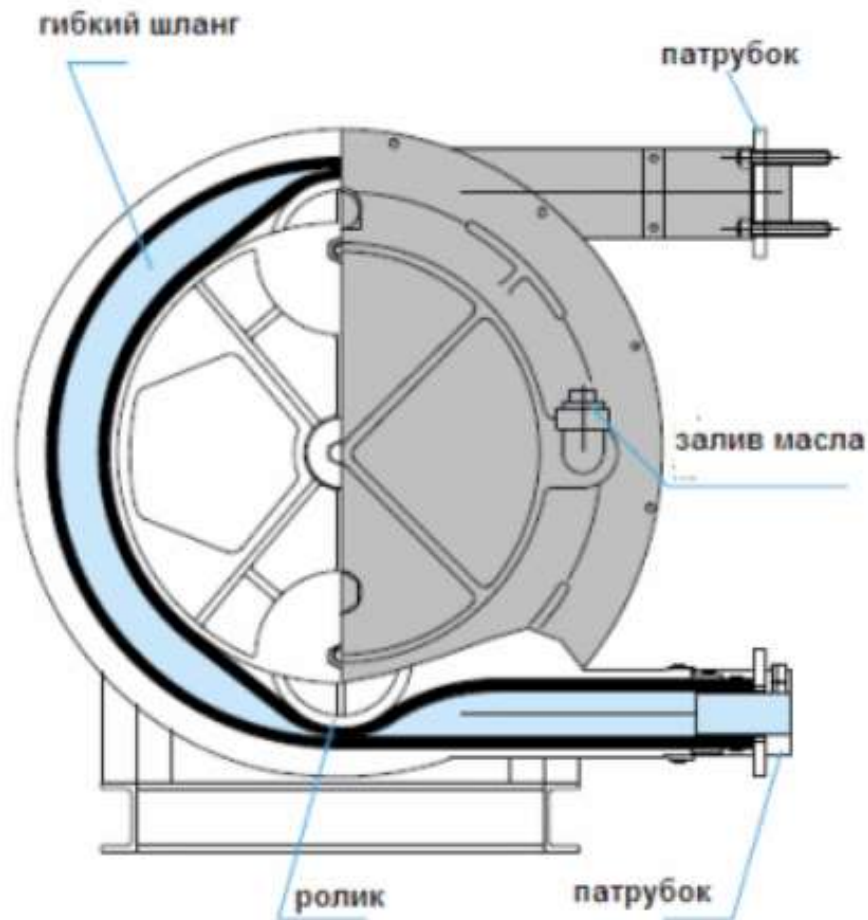


Рисунок 1.6. Схема перистальтического насоса

Основными параметрами работы насосов являются: подача  $Q$ , напор  $H$ , мощность привода  $N$ , коэффициент полезного действия  $\eta$  и частота вращения  $n$  рабочего колеса.

Подачей (расходом) насоса называется количество жидкости (объем), подаваемое насосом за единицу времени в напорный трубопровод. Напором насоса называется механическая энергия, сообщаемая насосом единице веса (1 Н) жидкости. Поэтому напор имеет линейную размерность и измеряется в метрах столба рабочей жидкости (м. ст. ж.):  $\text{Дж/Н} = \text{Н}\cdot\text{м/Н} = \text{м}$ . Напор насоса равен разности полного гидродинамического напора (удельной энергии жидкости) за насосом  $H_N$  (в нагнетательном трубопроводе) и полного

гидродинамического напора перед ним НВ (во всасывающем трубопроводе). Ввиду того, что вертикальное расстояние между точками установки приборов, измеряющих давление, небольшое, а скоростные напоры обычно на выходе и входе в насос или одинаковы, или весьма близки, то напор насоса можно определить по упрощенной формуле:

$$H = \frac{p_n - p_{вс}}{\rho g},$$

где  $p$  - абсолютные давления в местах установки приборов, измеряющих давление на нагнетательном и всасывающем трубопроводах;

$\rho$  - плотность перемещаемой жидкости;

$g$  - ускорение свободного падения.

**Цель работы:** практическое ознакомление с различными типами насосов и их характеристиками.

### Описание установки

На учебном лабораторном стенде (рис. 1.7.) установлены пять насосов центробежный, циркуляционный, поршневой, шестеренный и перистальтического типа, расходный бак, датчики компьютерной системы измерения.

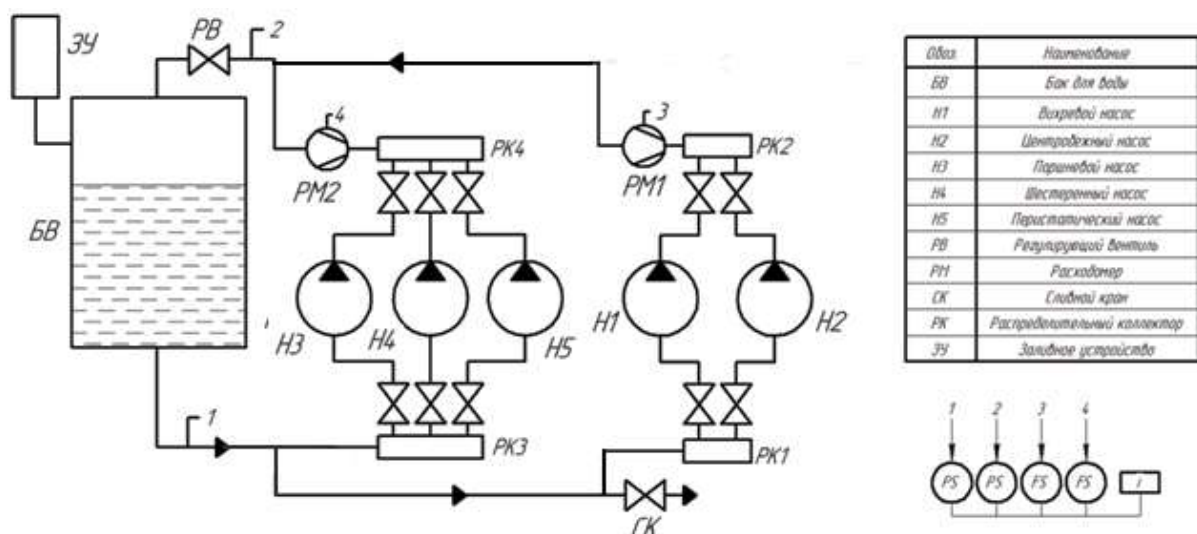


Рисунок 1.7. – Принципиальная схема лабораторного стенда

*Пульт управления:*

Клавиши предназначены для включения:

ВК1 – Перистaltический насос (Н5);

ВК2 – Шестеренный насос (Н4);

ВК3 – Поршневой насос (Н3);

Трехпозиционный переключатель:

- положение вверх – поверхностный вихревой насос;
- положение вниз – циркуляционный центробежный насос;
- в среднем положении оба насоса выключены

FS – индикатор протока;

PS – датчик давления.

### **Методика выполнения работы**

1. Изучить методические указания, заготовить форму отчета о проведенной работе, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемых процессах, схему экспериментальной установки, заготовить таблицу для записи результатов измерений и вычислений.
2. Подключаем лабораторную установку к сети 220 В и компьютеру.
3. Включить лабораторную установку с помощью автоматического выключателя 220В.
4. Запустить программу проведения лабораторной работы «Определение характеристик насосов». Открыть кран на выход поршневого насоса.
5. При полностью закрытых кранах на входах и выходах вихревого, перистaltического, шестеренчатого и поршневого насосов, открыть кран на входе и выходе центробежного насоса.
6. Включить центробежный насос: трехпозиционный переключатель переключить в положение вниз. Установить заданную преподавателем частоту вращения насоса (регулятор на корпусе насоса).
7. При полностью открытом кране (РВ) на напорной линии (кран с

красной ручкой вверху, слева) снять показания датчиков давления.

8. Частично прикрыть кран и замерить показания датчика давления на выходе насоса, добившись небольшого увеличения давления и дождавшись установившегося движения жидкости. Повторить эксперимент в нескольких режимах до полного перекрытия потока жидкости, чтобы получилось 5-7 точек замера.

9. После снятия всех показаний выключить насос. Закрыть краны на вход и выход центробежного насоса.

10. Открыть кран на вход и выход вихревого насоса. Включить вихревой насос: трехпозиционный переключатель переключить в положение вверх. Повторите эксперимент по пунктам 7-9 для вихревого насоса.

11. Открыть кран на вход и выход перистaltического (затем шестеренчатого, поршневого) насоса. Включить переключатель ВК1 (затем ВК2, ВК3 соответственно). Повторите эксперимент по пунктам 7-8, но **ВАЖНО!** Для перистaltического, поршневого и шестеренчатого насоса НЕ перекрывать кран регулировки расхода (с красной ручкой) полностью, максимальное закрытие – примерно на  $\frac{3}{4}$  хода, т.е. примерно на угол 70 градусов от положения полностью открыто. Закрытие крана приводит к остановке насоса.

11. Заполнить таблицу, произвести расчеты.

12. Построить графики расходно-напорных характеристики  $\dot{V} = f(H)$  испытанных насосов.

13. Сделать выводы.

### Обработка экспериментальных данных

1. Напор насоса

$$H = \frac{p_n - p_{вс}}{\rho g} = \frac{\Delta p}{\rho g},$$

где  $\Delta p$  – перепад давления между нагнетательным и всасывающим трубопроводами, Па;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

2. Полезная мощность насоса, Вт

$$N_{\text{пол}} = \dot{V} \cdot \rho g H,$$

где

$\dot{V}$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;

$H$  – полный напор насоса.

3. Коэффициент полезного действия насоса, %

$$\eta = \frac{N_{\text{пол}}}{N},$$

где  $N$  – паспортная мощность насоса:

|                                  |                                                     |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| циркуляционный центробежный      | 44 Вт (положение I),<br>67 Вт (II),<br>93 Вт (III), |
| поверхностный вихревой насос     | 370 Вт,                                             |
| перистальтический объемный насос | 6 Вт,                                               |
| поршневой насос                  | 5 Вт,                                               |
| шестеренчатый насос              | 9 Вт.                                               |

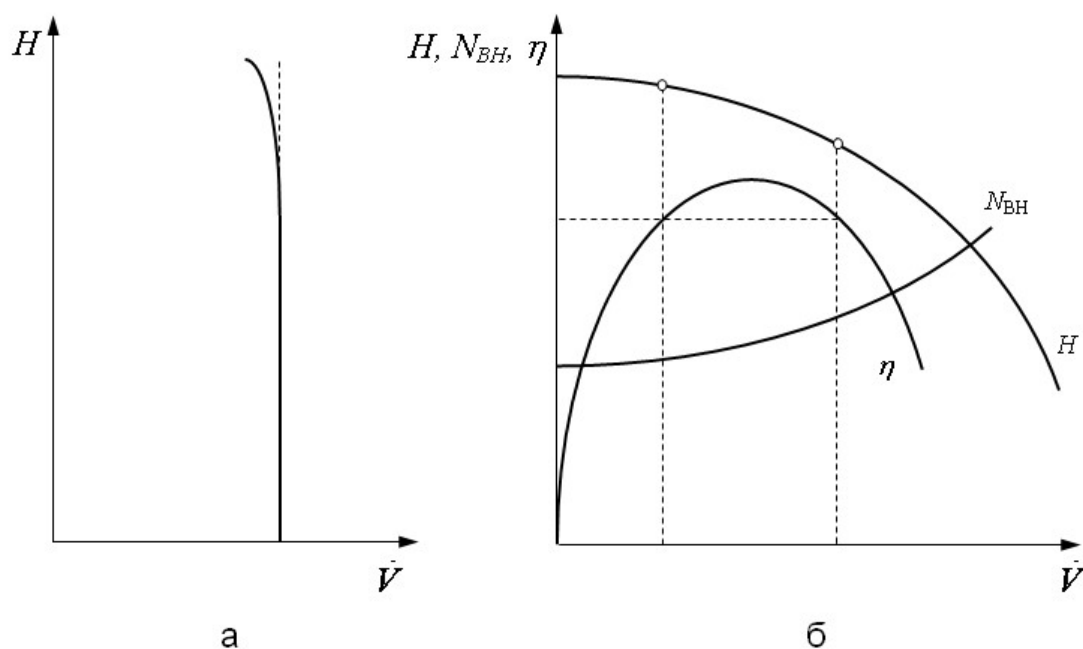


Рис. 1.8. Рабочие характеристики поршневого (а) и центробежного (б) насосов

4. Построить графики  $H = f(\dot{V})$ ,  $N_{\text{пол}} = f(\dot{V})$ ,  $\eta = f(\dot{V})$  для циркуляционного центробежного и поверхностного вихревого насосов; графики  $H = f(\dot{V})$  для перистальтического объёмного, поршневого и шестеренчатого насосов (см. рис. 1.8).
5. Сопоставив характеристики насосов, сделать выводы о достоинствах, недостатках и области применения данных типов насосов.

Таблица 1.1

**Экспериментальные и расчётные величины**

| №                                 | Давление<br>$\Delta p$ , Па | Подача насоса<br>$\dot{V}$ , м <sup>3</sup> /с | Полный<br>напор<br>$H$ , м | Полезная<br>мощность<br>$N_{\text{пол}}$ , Вт | КПД насоса<br>$\eta$ , % |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|
| Циркуляционный центробежный насос |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 1                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 2                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 3                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 4                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 5                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 6                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| Поверхностный вихревой насос      |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 1                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 2                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 3                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 4                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 5                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 6                                 |                             |                                                |                            |                                               |                          |

| №                                | Давление<br>$\Delta p$ , Па | Подача насоса<br>$\dot{V}$ , м <sup>3</sup> /с | Полный<br>напор<br>$H$ , м | Полезная<br>мощность<br>$N_{\text{пол}}$ , Вт | КПД насоса<br>$\eta$ , % |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|
| Перистальтический объемный насос |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 1                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 2                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 3                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 4                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 5                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 6                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| Поршневой насос                  |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 1                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 2                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 3                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 4                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 5                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 6                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| Шестеренчатый насос              |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 1                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 2                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 3                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 4                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 5                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |
| 6                                |                             |                                                |                            |                                               |                          |

## Контрольные вопросы

1. Перечислите основные типы и конструкции насосов. В каких насосах коэффициент механической передачи от электродвигателя к насосу равен единице?
2. Каковы основные отличия в принципах работы объемных и динамических насосов? Какие насосы используют для перекачивания высоковязких жидкостей?
3. Объясните устройство и принцип действия объёмных насосов на примере поршневого и шестеренчатого насоса. Каковы способы увеличения равномерности подачи поршневых насосов?
4. Объясните устройство и принцип действия центробежных насосов. Чем вызвана необходимость заполнения (заливки) центробежного насоса перед пуском? Как необходимо установить центробежный насос, чтобы заливка не требовалась?
5. Что называют напором насоса? Чему равен примерный напор, создаваемый одноступенчатым центробежным насосом? Каким образом можно увеличить напор центробежного насоса?
6. Какими параметрами характеризуются функциональные и эксплуатационные свойства насосов? Назовите эти параметры и их единицы измерения. Какая зависимость называется нормальной характеристикой насоса?
7. Как отличаются характеристики объемных насосов от динамических? Сопоставьте центробежный и поршневой насосы, назвав их достоинства, недостатки и области применения.
8. Сопоставьте вихревой и центробежный насосы. Какими преимуществами и недостатками обладает вихревой насос по сравнению с центробежным?
9. Что называют реверсивностью насоса? Какие насосы ей обладают?
10. Какое явление называют кавитацией? Как избежать возникновения кавитации в центробежном насосе?