



СОВРЕМЕННОЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ
УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАБОТЫ
НАСОСОВ И ИХ НАПОРНО-РАСХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

www.measlab.ru

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Принципиальная схема лабораторной установки представлена на рис. 1.

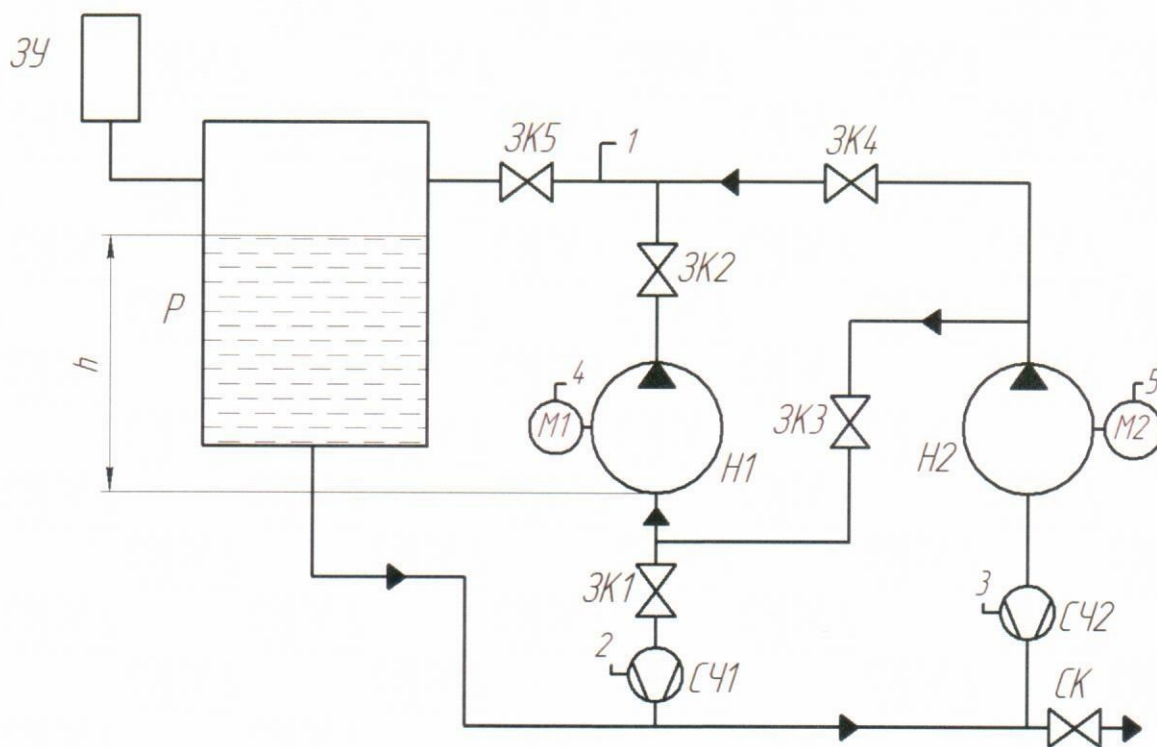


Рисунок 1 – Схема лабораторного стенда

- Р – резервуар для жидкости;
- ЗУ – заливочное устройство с краном Маевского;
- СЧ – счетчик расхода жидкости с импульсным выходом;
- Н1 – циркуляционный насос №1;
- Н2 – циркуляционный насос №2;
- ЗК – запорные краны;
- СК – сливной кран;
- 1 – датчик давления жидкости (кПа);
- 2 – расход жидкости через насос Н1 (V_1 , л/мин);
- 3 – расход жидкости через насос Н2 (V_2 , л/мин);
- 4 – мощность насоса №1 (Вт);
- 5 – мощность насоса №2 (Вт).

В данной насосной установке насос находится ниже уровня жидкости в резервуаре. Поэтому при определении давления, создаваемого насосом, необходимо учитывать поправку. Из показаний манометра необходимо вычесть значения давления, создаваемого столбом жидкости, находящейся в резервуаре. При расчетах высоту столба жидкости h нужно брать равной разности уровней жидкости в резервуаре и на входе насоса.

ЛР №1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРНО-РАСХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА

Цель работы

1. Повышение уровня знаний о характеристиках насосов и способов их получения.
2. Приобретение навыков экспериментального определения характеристик насосов.

Задачи работы

1. Понять роль напорно-расходной характеристики насосов и способы её получения.
2. Определить напорно-расходную характеристику насоса Н1.
3. Построить графические характеристики центробежного насоса.

Основные сведения

Насос - гидравлическая машина, предназначенная для сообщения энергии с целью перемещения ее по трубопроводам или совершения механической работы.

Все насосы подразделяются на две основные группы динамические и объемные.

В динамических насосах сообщение энергии жидкости осуществляется за счет воздействия гидродинамических сил на незамкнутый объем жидкости. В объемных насосах сообщение энергии жидкости осуществляется за счет периодического изменения замкнутого объема при попеременном сообщении его со вводом и выходом насоса.

Динамические насосы, в свою очередь, подразделяются на лопастные и насосы трения.

К лопастным относятся центробежные и осевые насосы. В центробежных насосах движение жидкости осуществляется от центра к периферии, а у осевых - в направлении оси насоса.

Насосы трения осуществляют перемещение жидкости за счет сил трения и инерции. К этому типу насосов могут быть отнесены вихревые, шнековые, лабиринтные, червячные и струйные.

Группа объемных насосов включает в себя поршневые, плунжерные, диафрагменные, роторные различных типов, шестеренные и винтовые.

Работа насосов характеризуется его подачей, напором и КПД.

Подача насоса (расход жидкости) V это объем жидкости, перемещаемый в единицу времени.

Напор H (Δp) насоса - давление, сообщаемое насосом перемещаемой жидкости.

КПД насоса (полный) - отношение полезной мощности N_n к потребляемой (мощности на валу насоса) N .

Характеристиками насосов являются зависимости создаваемого ими

напора (H) и КПД (η) от расхода жидкости (V) через них при постоянных оборотах (n) приводного вала, т.е.

$$H = f(V) \text{ и } \eta = f(V) \text{ при } n = \text{const.}$$

Зависимости $H = f(V)$ называется также напорно-расходной характеристикой насоса.

В настоящей работе исследуется напорно-расходная характеристика насоса.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться со схемой лабораторной установки (рис. 1) и расположением приборов. Составить описание и заготовить таблицу 1.1 для регистрации результатов испытаний.
2. Подготовить установку к испытаниям. Удостовериться, что сливной кран (СК) закрыт и уровень воды наблюдается в резервуаре (Р) не ниже его середины, в противном случае долить жидкость в систему. Подтеки не допускаются.
3. Подключить стенд к сети 220 В.
4. Включить питание стенда автоматом АВ «Сеть».
5. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера и запустить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Испытание насосов».
6. Открыть краны подачи воды ЗК1, ЗК2, остальные закрыть.
7. Включить насос Н1, кнопкой ВК1.
8. Определить давление, развиваемое насосом Н1 при нулевой подаче.
9. При включенном насосе Н1, медленно приоткрывая кран ЗК5 и регулируя расход воды, снять показания при 5-ти различных значениях.
10. Результаты измерений занести в табл. 1.1.

Обработка данных

Определить давление, создаваемое насосом в магистрали (Δp) с учетом поправки на уровень воды в резервуаре (P_a)

$$\Delta p = p_M - p_{ВХ}.$$

где p_M – давление жидкости в нагнетательном трубопроводе, кПа;

$p_{ВХ}$ – давление на входе в насос, создаваемое столбом жидкости в резервуаре, (Па)

$$p_{ВХ} = h \cdot \rho \cdot g,$$

где h – разность уровней воды в резервуаре и на входе в насос, м;

ρ – плотность воды, 998 кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Напор насоса, м

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}.$$

Определить полезную мощность, Вт

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

где ρ – плотность жидкости при средней температуре, кг/м³;

g – ускорение свободного падения.

Вычислить мощность на валу насоса по формуле, Вт

$$N = N_{\text{э}} \eta_{\text{эл}},$$

где $N_{\text{э}}$ – потребляемая мощность электродвигателем насоса, Вт;

$\eta_{\text{эл}} = 85\%$ – КПД электродвигателя насоса.

Рассчитать коэффициент полезного действия насоса

$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N} 100\%.$$

Таблица 1.1 - Результаты измерений и вычислений

№ п/п	$p_{\text{м}},$ кПа	$p_{\text{вх}},$ Па	$\Delta p,$ Па	$h,$ м	$H,$ м	$V,$ л/мин	$N_{\text{э}},$ Вт	$N,$ Вт	$N_{\text{п}},$ Вт	η

По экспериментальным данным построить графические зависимости напорно-расходной характеристики насоса, потребленной мощности и КПД, (примерный вид приведен на рис. 1.1).

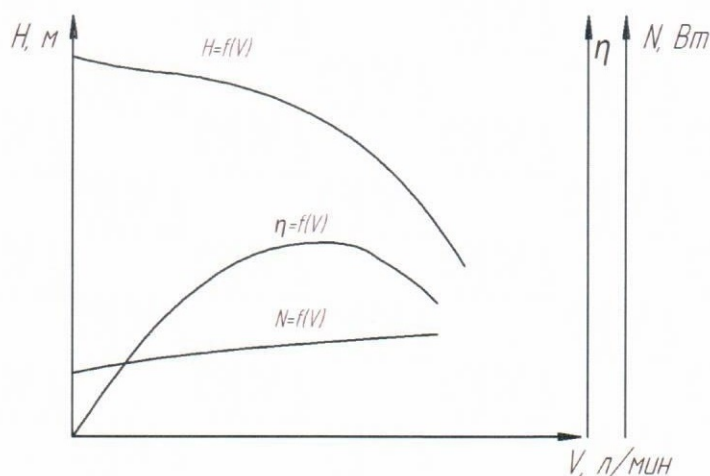


Рисунок 1.1– Характеристики центробежного насоса

Контрольные вопросы

1. Каковы необходимые элементы экспериментальной установки для определения напорно-расходной характеристики насоса?
2. Как можно определить напор действующего насоса по показаниям приборов?
3. Как используется напорно- расходная характеристика насоса?
4. Почему при изменении расхода напор насоса не остается постоянным?

ЛР №2. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ 2-Х НАСОСОВ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ

Цель работы

1. Повышение уровня знаний о работе группы насосов, работающих на общую линию.
2. Приобретение навыков экспериментального определения характеристик насосов.

Задачи работы

1. Определить напорно-расходную характеристику каждого насоса.
2. Определить суммарную напорно-расходную характеристику 2-х параллельно соединенных насосов.
3. Определить суммарную напорно-расходную характеристику 2-х последовательно соединенных насосов.

Основные сведения

На практике для увеличения напора или расхода жидкости применяют последовательное и параллельное соединение насосов.

Последовательное соединение насосов применяется для увеличения напора (H) в тех случаях, когда один насос не может создать требуемого напора. Общий напор 2-х последовательно соединенных насосов равен (без учета КПД) сумме напоров обоих насосов, взятых при одном и том же расходе (V). Суммарная характеристика (рис. 2.1) насосов $H_1 + H_2$ получается в результате сложения ординат кривых характеристик насосов I и II [1], где $h = f(V)$ зависимость изменения общих потерь напора.

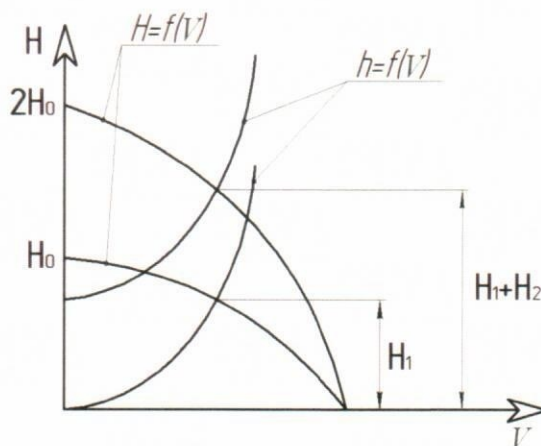


Рисунок 2.1 – Последовательное подключение насосов

Параллельное соединение насосов применяют для увеличения расхода. При этом напор насосов одинаков, т.к. одинаково давление в точках объедине-

ния магистралей, в точке, H_0 (рис. 2.2). Общий расход 2-х параллельно соединенных насосов равен сумме расходов обоих насосов при одном и том же напоре. Суммарная характеристика параллельно соединенных насосов получается в результате сложения абсцисс характеристик, насосов, взятых при одной и той же ординате, [1].

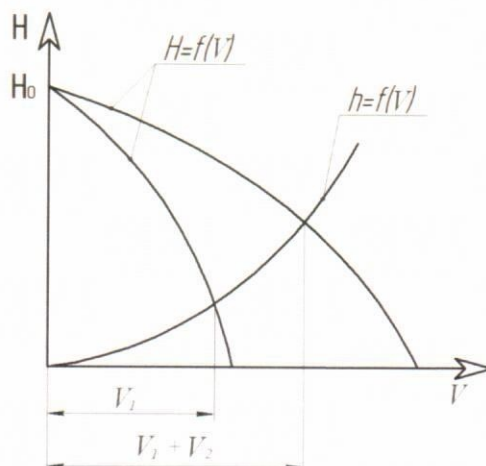


Рисунок 2.2 – Параллельное подключения насосов

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться со схемой лабораторной установки (рис. 1) и расположением приборов. Составить описание и заготовить таблицы 2.1, 2.2 и 2.3 для регистрации результатов испытаний.
2. Подготовить установку к испытаниям. Удостовериться, что сливной кран (СК) закрыт и уровень воды наблюдается в резервуаре (Р) не ниже его середины, в противном случае долить жидкость в систему. Подтеки не допускаются.
3. Подключить стенд к сети 220 В.
4. Включить питание стенда кнопкой «Сеть».
5. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера и запустить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Испытание насосов».
6. Открыть кран подачи воды ЗК4, остальные закрыть.
7. Включить насос Н2, кнопкой ВК2.
8. Определить давление, развиваемое при нулевой подаче.
9. При включенном насосе Н1, медленно приоткрывая кран ЗК5 и регулируя расход воды, снять показания при 5-ти различных значениях.
10. Результаты измерений занести в табл. 2.1.
11. Провести испытания параллельно работающих насосов.
12. Открыть краны подачи воды ЗК1, ЗК2, ЗК4. Краны ЗК3 и ЗК5 должны быть закрыты.
13. Включить насосы Н1 и Н2, кнопками ВК1 и ВК2, соответственно.
14. Определить давление, развиваемое при нулевой подаче.

15. При включенных насосах, регулируя краном ЗК5 установить 5-ть различных значений расхода.
16. Результаты измерений занести в табл. 2.2.
17. Используя данные напорно-расходной характеристики насоса Н1 (лабораторная работа №1) и насоса Н2 определить расчетную суммарную напорно-расходную характеристику 2-х параллельно работающих насосов.
18. Провести испытания последовательно работающих насосов.
19. Открыть кран подачи воды ЗК2 и ЗК3 и ЗК5. Краны ЗК1, ЗК4 и ЗК5 должны быть закрыты.
20. Включить насосы Н1 и Н2, кнопками ВК1 и ВК2, соответственно.
21. Определить давление, развиваемое при нулевой подаче.
22. При включенных насосах, регулируя краном ЗК5 установить 6-ть различных значений расхода воды.
23. Результаты измерений занести в табл. 2.3.
24. Используя данные напорно-расходной характеристики насоса Н1 (лабораторная работа №1) и насоса Н2 определить расчетную суммарную напорно-расходную характеристику 2-х последовательно работающих насосов.
25. По экспериментальным данным построить на одном графике зависимости (см. рис. 2.3):
 - напорно-расходную характеристику насоса Н1;
 - напорно-расходную характеристику насоса Н2;
 - напорно-расходную характеристику двух параллельно работающих насосов;
 - напорно-расходную характеристику двух последовательно работающих насосов.

Обработка данных

Определить давление, создаваемое насосом в магистрали (Δp) с учетом поправки на уровень воды в резервуаре (Па)

$$\Delta p = p_M - p_{ВХ}.$$

где p_M – давление жидкости в нагнетательном трубопроводе, кПа;

$p_{ВХ}$ – давление на входе в насос, создаваемое столбом жидкости в резервуаре, (Па)

$$p_{ВХ} = h \cdot \rho \cdot g,$$

где h – разность уровней воды в резервуаре и на входе в насос, м;

ρ – плотность воды, 998 кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Напор насоса, м

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}.$$

Общий расход жидкости, л/мин

$$V = V_1 + V_2.$$

Определить полезную мощность, Вт

$$N_p = V \cdot \rho \cdot g \cdot H,$$

где ρ – плотность жидкости при средней температуре, кг/м³;

g – ускорение свободного падения.

Вычислить мощность на валу насоса по формуле, Вт

$$N = N_{\text{э}} \eta_{\text{эл}},$$

где $N_{\text{э}}$ – потребляемая мощность электродвигателем насоса, Вт;

$\eta_{\text{эл}} = 85\%$ – КПД электродвигателя насоса.

Рассчитать коэффициент полезного действия насоса

$$\eta = \frac{N_p}{N} 100\%.$$

Таблица 2.1 – Рабочий журнал по определению характеристики насоса Н2

№ п/п	p_m , кПа	$p_{вх}$, Па	Δp , Па	h , м	H , м	V_1 , л/мин	$N_{\text{э}}$, Вт	N , Вт	N_p , Вт	η

Таблица 2.2 – Рабочий журнал по определению экспериментальной суммарной характеристики 2-х параллельно работающих насосов

№ п/п	p_m , кПа	$p_{вх}$, Па	Δp , Па	h , м	H , м	V_1 , л/мин	V_2 , л/мин	V , л/мин

Таблица 2.3 – Рабочий журнал по определению экспериментальной суммарной характеристики 2-х последовательно работающих насосов

№ п/п	p_M , кПа	$p_{ВХ}$, Па	Δp , Па	h , м	H , м	V , л/мин

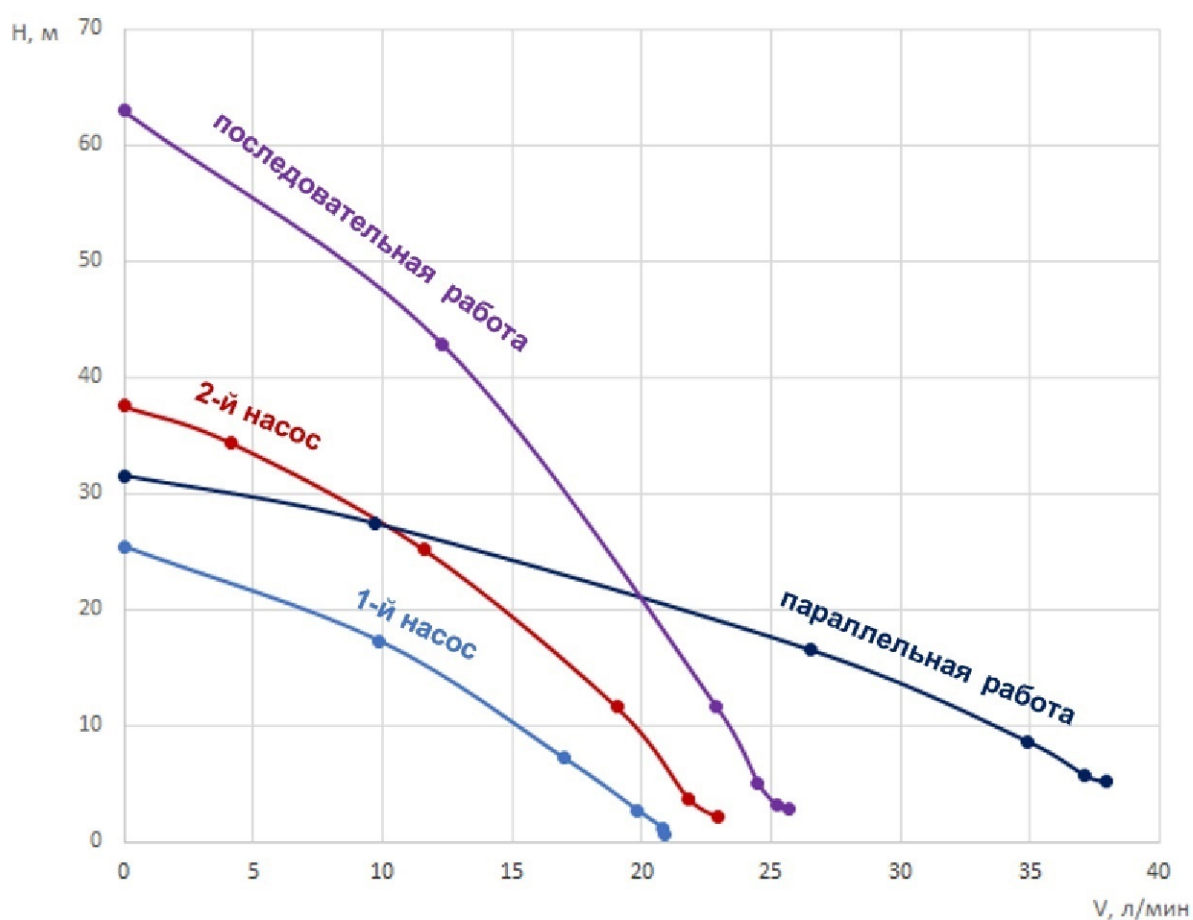


Рисунок 2.3 – Результаты лабораторных испытаний насосов при параллельном и последовательном подключении

Контрольные вопросы

1. Для каких целей применяются последовательное и параллельное соединения насосов?
2. Как определяется суммарная характеристика 2-х последовательно работающих насосов?
3. Как определяется суммарная характеристика 2-х параллельно работающих насосов?

ЛИТЕРАТУРА

1. Т.М. Башта. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов /Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др.- 2-е над, перераб - М: Машиностроение, 1982. - 423 с.
3. Гейер В.Г. Гидравлика и гидропривод: Учеб. для вузов/ С.В. Дулин, А.Н. Заря. – 3-е изд.- М.: Недра, 1991.
4. Скорняков Н.М. Гидравлика: теоретический курс с примерами практических расчетов: Учеб. пособие / Н.М. Скорняков, В.Н. Вернер, В.В. Кузнецов. – ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2003.
5. Гидравлика и гидропривод: Учеб. пособие / Н.С. Гудилин, Е.М. Кривенко, Б.С. Маховиков, И.Л. Пастоев / Под общей ред. И.Л. Пастоева. – 3-е изд. стер. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2001.
6. Крохалёв А.А. Гидравлика и гидравлические машины. Лабораторный практикум. – Кемерово, 2000.
7. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии. Учеб. пособие / А.А. Безденежных и др. / Под ред. П.Г. Романкова. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1990.