

Лабораторная работа №2

ИСПЫТАНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

2.1. Цель работы:

1. Выявить зависимости напора, мощности и КПД насоса от расхода при постоянной частоте вращения рабочего колеса $n = const$.
2. Построить рабочие характеристики насоса по опытным данным.

2.2. Краткие теоретические сведения

Характеристикой центробежного насоса называется графическое изображение зависимости напора H , потребляемой мощности N и коэффициента полезного действия η насоса от подачи Q при постоянной частоте вращения.

Все рабочие характеристики центробежного насоса наносят на общий график, по оси абсцисс откладывая расходы насоса Q , а по оси ординат значения H , N и η (рис. 2.1). Практически эти характеристики строят на основании испытаний насоса, при различной степени открытия задвижки на напорном трубопроводе.

Кривые строят минимум по 5–6 точкам, т.е. при 5–6 расходах (включая $Q = 0$).

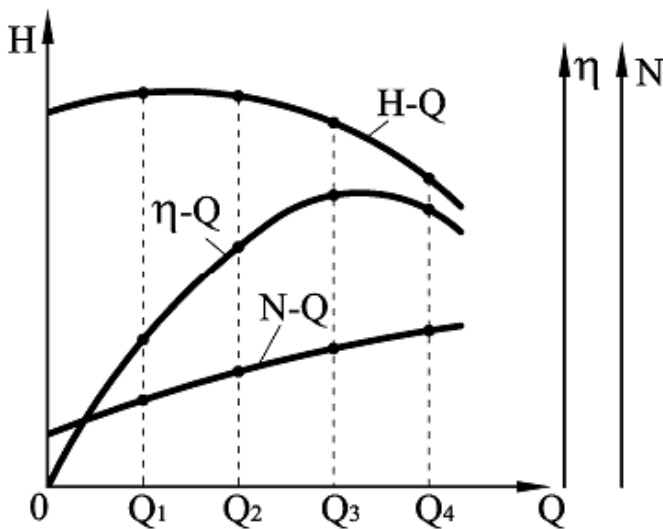


Рис. 2.1. Характеристика центробежного насоса

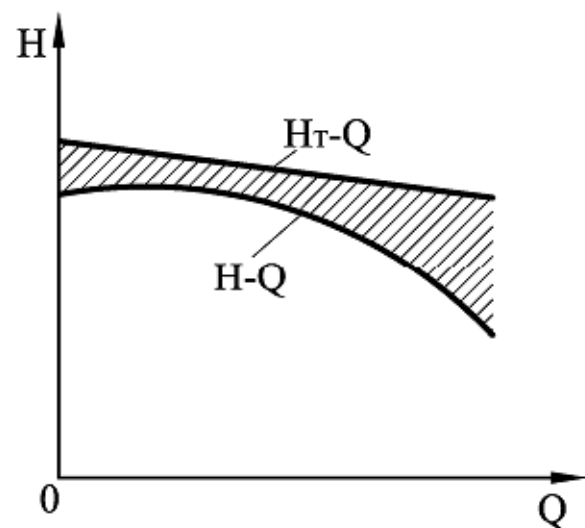


Рис. 2.2. Характеристика $H-Q$

Характеристика $H-Q$. Графическая зависимость между развиваемым напором H и подачей Q при постоянном числе оборотов, называется рабочей характеристикой насоса $H-Q$ (рис. 2.2).

Теоретическая характеристика насоса H_T-Q с учетом конечного числа лопаток графически представляет собой прямую линию, которая понижается с увеличением расхода. При течении реальной жидкости в насосе часть энергии расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений: на трение в каналах между рабочими лопатками и в спиральной камере, а также на удар жидкости о лопатки рабочего колеса при входе и выходе с него. С учетом всех этих потерь характеристика представляет собой кривую $H-Q$ (рис. 2.2).

Характеристика $N-Q$. Это кривая зависимости мощности насоса от производительности при постоянном числе оборотов (рис. 2.3). Характеристика $N-Q$ обычно имеет вид слабо искривленной линии, причем с увеличением расхода мощность увеличивается. При нулевом расходе $N = N_0$.

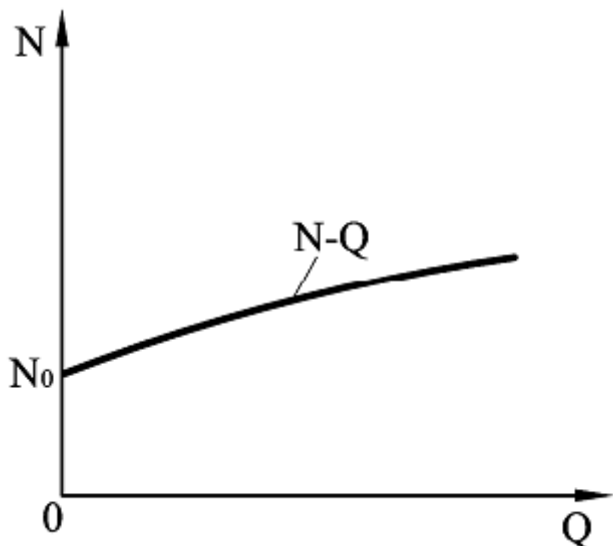


Рис. 2.3. Характеристика $N - Q$

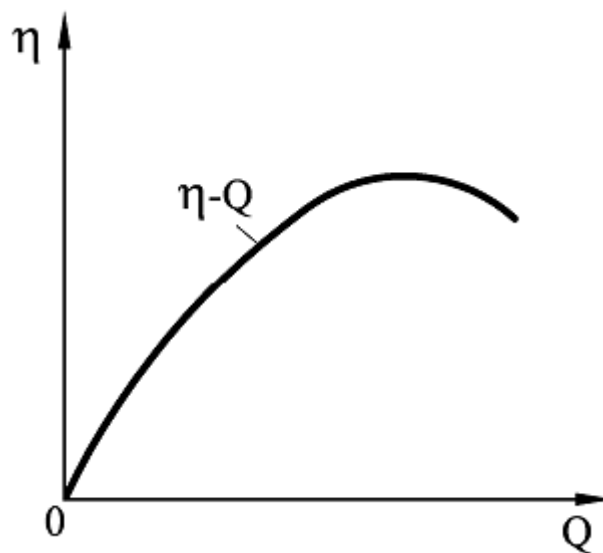


Рис. 2.4. Характеристика $\eta - Q$

Нулевой расход насоса получается, когда задвижка на нагнетательном патрубке полностью перекрыта. При этом мощность насоса (т.е. мощность на его валу) не равна нулю, так как насос затрачивает энергию, получаемую им от электродвигателя, на перемешивание и нагревание жидкости внутри корпуса насоса, без подачи ее в нагнетательный трубопровод. Однако, при нулевой подаче мощность все же минимальна. Поэтому центробежный насос пускают в ход при закрытой задвижке. При этом пусковая мощность и пусковой момент минимальны. Это особенно важно при использовании широко применяемых электродвигателей переменного тока с короткозамкнутым ротором. Если применяемый двигатель имеет большой запас мощности, пуск насоса возможен и при открытой задвижке.

Характеристика $\eta - Q$. Кривая $\eta - Q$ представлена на рис. 2.4. При нулевом расходе, т.е. при закрытой задвижке, КПД равен нулю, вследствие равенства нулю полезной мощности. При некотором (оптимальном) расходе КПД получает максимальное значение и при дальнейшем увеличении производительности насоса несколько снижается.

2.3. Описание экспериментальной установки

Установка для испытания центробежных насосов (рис. 2.5) ЛСИЦН-1 представляет собой рамную конструкцию, на которой смонтированы: два циркуляционных (центробежных) насоса УРС 25-60, пульт управления, система трубопроводов с запорной арматурой и напорный бак.

Для измерения подачи и определения напора в систему трубопроводов встроены расходомер и датчики давления.

На панели пульта управления размещены клавиши включения-отключения установки и насосов; дисплеи ваттметра и расходомера.

Циркуляционные насосы предназначены для циркуляции теплоносителя в системах отопления и горячего водоснабжения (рис. 2.6). Они относятся к лопастным насосам и подразделяются на два типа: с сухим и мокрым ротором.

Изготавливаются циркуляционные насосы в виде моноблоков, которые крепятся непосредственно на трубопроводе. Приводной двигатель и корпус являются отдельными элементами, собранными в единый блок, а рабочее колесо устанавливается непосредственно на валу привода.

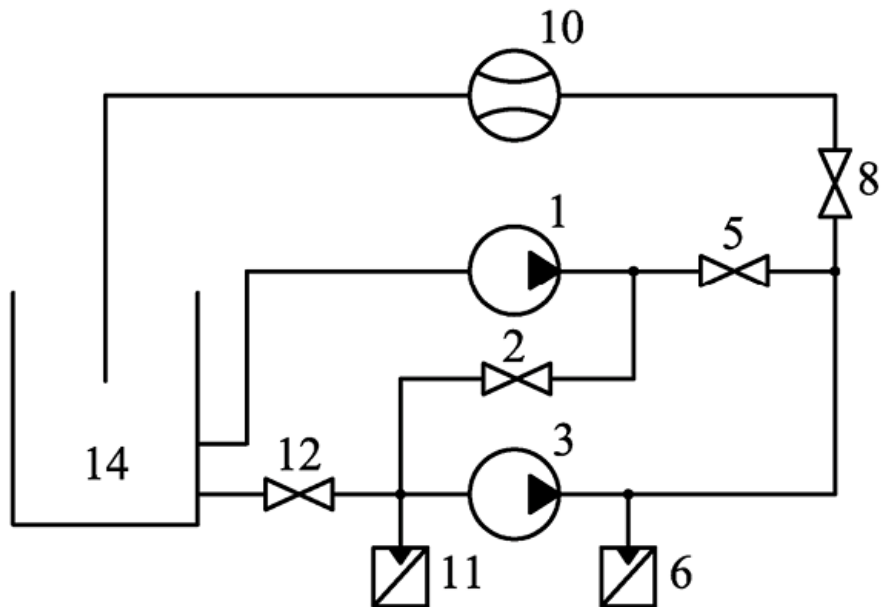


Рис. 2.5. Схема установки для испытания центробежных насосов:

1, 3 – насосы UPS 25-60; 2, 5, 8, 12, – вентили; 4 – пульт управления; 6 – датчик давления (манометр); 9 – рама; 10 – расходомер; 11 – датчик давления (мановакуумметр); 13 – трубопровод; 14 – напорный бак; 15 – термометр

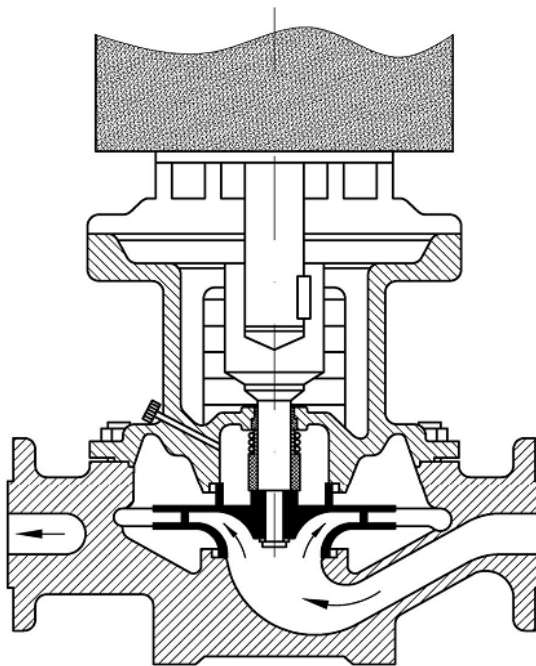


Рис. 2.6. Циркуляционный насос UPS 25-40 фирмы Grundfos

Насосы с «сухим» ротором являются консольными моноблочными насосами с расположением входного и выходного патрубков в линию (*in-line*). Ротор электродвигателя не соприкасается с перекачиваемым теплоносителем за счет скользящего торцевого уплотнения, состоящего из двух очень точно отполированных колец, прижимаемых друг к другу пружиной, которая производит самоподгонку уплотнения. Это делает насос герметичным и предотвращает попадание жидкости в электродвигатель. При работе насоса кольца вращаются относительно друг друга, а избыточное давление в системе отопления обеспечивает образование тонкой водяной пленки, которая служит в качестве смазки, между поверхностями скольжения.

КПД насосов с «сухим» ротором составляет 40–80%, поэтому им отдают предпочтение в больших системах отопления и горячего водоснабжения. Отечественными аналогами циркуляционных насосов с «сухим» ротором являются моноблочные насосы с патрубками "в линию" типа КМК, ЛМ и ЦНЛ.

Насосы с «мокрым» ротором. В насосах данного типа рабочее колесо вместе с ротором погружены в перекачиваемую жидкость, которая смазывает подшипники вала и одновременно охлаждает электродвигатель. Защиту электропривода от влаги обеспечивает конструктивное исполнение так называемого «мокрого» ротора, суть которого в том, что вращающееся электромагнитное поле, создаваемое статором, действует на ротор и приводит его в движение через водонепроницаемый цилиндрический стакан, выполненный из нержавеющей немагнитной стали.

Насосы данного типа практически бесшумны и могут годами работать без технического обслуживания, а их монтаж, ремонт и замена не требуют трудоемких операций. Отрицательной стороной насосов с «мокрым» ротором является их низкий КПД (10–50%). Отечественными аналогами насосов с "мокрым" ротором являются насосы типа ЦВЦ.

Маркируют циркуляционные насосы следующим образом:

1) Иностраный насос фирмы Grundfos UPS 25-40 A 180,
 где UPS – трехскоростной (UP – односкоростной, UPE – с электронным регулированием);
 25 – внутренний диаметр патрубков, мм;
 40 – максимальный напор, дм;
 А – исполнение насоса (А – с воздухоотделителем в корпусе, В – бронзовый корпус, N – корпус из нержавеющей стали);
 180 – монтажная длина, мм.

2) Электронасос 1КМЛ 80-160-У3.1,
 где 1 – модификация насоса;
 К – консольный; М – моноблочный; Л – линейный;
 80 – диаметры входного и выходного патрубков, мм;
 160 – диаметр рабочего колеса, мм;
 У3.1 – климатическое исполнение и категория размещения.

3) Электронасос ЦВЦ 4-2,8,
 где: ЦВЦ – тип насоса центробежный водяной циркуляционный (ЦВЦ-Т – имеет торцовое уплотнение);
 4 – номинальная подача, м³/ч;
 2,8 – напор, м;

2.4. Порядок проведения работы и обработка опытных данных

- 1) Произвести внешний осмотр установки и убедиться в отсутствии видимых повреждений.
- 2) Залить воду в бак и заполнить насосы водой.
- 3) Открыть вентиль 12 и закрыть вентили 2, 5, 8 (см. рис. 2.5).
- 4) Включить установку в сеть и запустить насос 3.
- 5) При закрытом вентиле 8 снять показания мановакуумметра P_{MB} , манометра P_M , ваттметра N_{Δ} (мощность на клеммах электродвигателя) и расходомера Q .
- 6) Частично открыть вентиль 8 и снять показания мановакуумметра P_{MB} , манометра P_M , ваттметра N_{Δ} и расходомера Q .
- 7) Повторить опыт (п. 6) увеличивая степень открытия вентиля 8 до полного его открытия.
- 8) Закрыть вентиль 8 и выключить насос, отключить установку от сети.
- 9) Рассчитать напор насоса по формуле:

$$H = \frac{P_M \pm P_{MB}}{\gamma} \quad (1)$$

- 10) Определить полезную мощность насоса:

$$N_{\Pi} = \gamma Q H \quad (2)$$

- 11) Вычислить мощность на валу насоса по формуле:

$$N_B = N_{\text{Э}} \cdot \eta_{\text{Э}} \quad (3)$$

12) Рассчитать коэффициент полезного действия насоса:

$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N} 100\%. \quad (4)$$

13) Построить на основе опытных данных характеристики насоса $H - Q$, $N - Q$ и $\eta - Q$.

14) Сделать выводы по работе.

Таблица 1.

Таблица опытных данных

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Опыты								
				1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Давление по мановакуумметру	P_{MB}	бар									
			Па									
2	Давление по манометру	P_M	бар									
			Па									
3	Напор насоса	H	м									
4	Подача насоса	Q	л/мин									
			м ³ /с									
5	Полезная мощность	$N_{\text{П}}$	Вт									
6	Мощность на клеммах электродвигателя	$N_{\text{Э}}$	Вт									
7	КПД электродвигателя	$\eta_{\text{Э}}$	-									
8	Мощность на валу насоса	N_B	Вт									
9	КПД насоса	$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N} 100\%$	%									

2.5. Контрольные вопросы

- 1) Как классифицируются насосы? Чем отличаются динамические насосы от объемных?
- 2) Приведите основные показатели работы насосов.
- 3) Назначение проектной и эксплуатационной формул напора насоса
- 4) Конструкция и принцип действия лопастных насосов, их преимущества и недостатки, область применения.
- 5) Условия запуска центробежного насоса.
- 6) Что такое рабочая характеристика насоса?
- 7) Каким образом происходит построение рабочей характеристики насоса?
- 8) Расскажите о характеристиках $H - Q$, $N - Q$ и $\eta - Q$.
- 9) Какие бывают конструктивные разновидности лопастных насосов?
- 10) Конструктивные особенности циркуляционных насосов и область их применения.

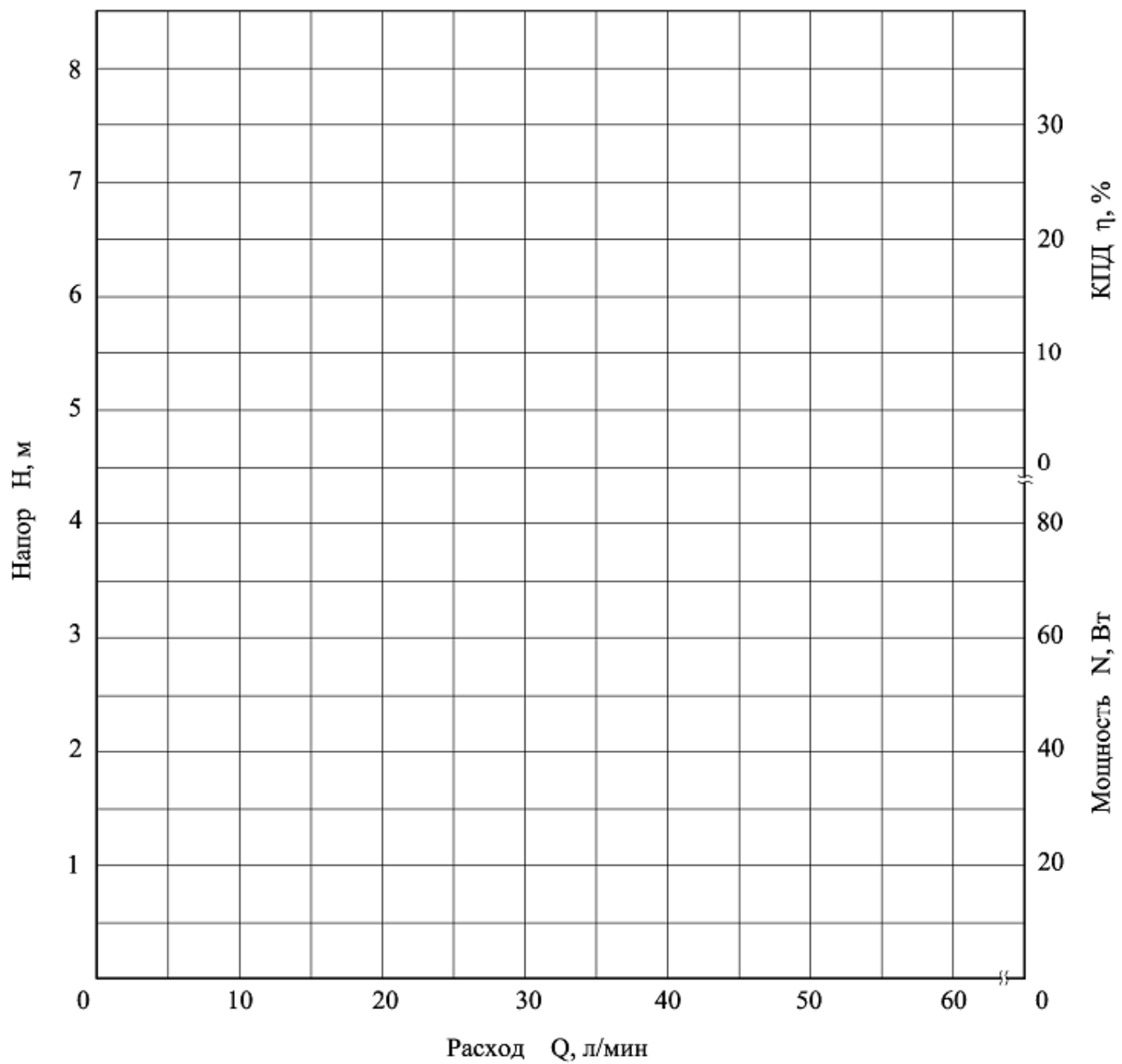


Рис. 2.7. Рабочие характеристики центробежного насоса