

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Выполнил студент гр. \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

**Ц е л ь:** знакомство с конструкцией и проведение энергетических испытаний центробежного насоса.

### Общие сведения

В состав энергетических испытаний центробежных насосов находят получение опытных зависимостей напора  $H$ , мощности  $N$  и КПД ( $\eta$ ) насоса от его подачи  $Q$  при фиксированной частоте вращения вала  $n$ .

Напор насоса (или полная удельная энергия, сообщаемая насосом единице веса перекачиваемой им жидкости в единицу времени) представляет собой разность полных напоров в поперечных сечениях выходного и входного патрубков:

$$H = (z_{\text{ВЫХ}} - z_{\text{ВХ}}) + \frac{p_{\text{ВЫХ}} - p_{\text{ВХ}}}{\rho g} + \frac{V_{\text{ВЫХ}}^2 - V_{\text{ВХ}}^2}{2g}, \quad (5.1)$$

и выражается в метрах столба перекачиваемой жидкости. Здесь  $\rho$  - плотность жидкости. При этом полезная мощность насоса (или мощность потока жидкости на выходе из него) находится по выражению:

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

Мощность насоса, подведенная к его валу, определяется по зависимости:

$$N = M \cdot \omega,$$

где  $M$  и  $\omega$  - крутящий момент, приложенный к валу, и его угловая скорость.

Отношение этих мощностей представляет собой полный КПД насоса:

$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N}.$$

### Конструкция насоса и установка для его испытаний

Испытуемая машина (рис. 5.1) представляет собой наиболее распространенную конструктивную схему одноступенчатых насосов консольного типа с односторонним входом.

Основные элементы насоса: крышка корпуса 1, выполненная заодно со всасывающим патрубком; корпус 2, выполненный заодно со спиральным отводом, выходным диффузорным патрубком и корпусом сальника; рабочее

колесо 3, закрепленное с помощью гайки 4 на валу 9, опорами которого служат подшипники 11 и 12, установленные в опорной стойке 10.

Во фланцах входного и выходного патрубков имеются закрытые пробками 5 сверления для подключения манометров. Необходимая герметизация вала при выходе из корпуса обеспечивается с помощью сальникового уплотнения, состоящего из сальниковой набивки 7, кольца гидрозатвора 6 и крышки 8.

Жидкость, поступающая под давлением по каналу в корпус к гидрозатвору, охлаждает сальник и препятствует подсосыванию воздуха по валу насоса в его внутреннюю полость и на вход в рабочее колесо через разгрузочные отверстия в основном диске. Последние предназначены для частичной разгрузки ротора (колеса с валом) от осевого усилия.

Переднее и заднее щелевые уплотнения рабочего колеса обеспечиваются с помощью сменных колец 13 и 14, устанавливаемых на рабочем колесе в передней крышке и корпусе насоса. В верхней его части имеется закрытое пробкой 15 отверстие, предназначенное для заливки насоса перекачиваемой жидкостью перед пуском.

При вращении вала с рабочим колесом находящаяся в его межлопаточных каналах жидкость, благодаря динамическому взаимодействию с лопастями колеса и центробежным силам, перемещается от его центральной части к периферии и поступает в спиральный отвод, а затем через выходной патрубок - в напорный трубопровод. Давление на входе в рабочее колесо при этом понижается, что создает условия для поступления жидкости из всасывающего трубопровода в насос.

Стенд для энергетических испытаний (рис. 5.2) состоит из центробежного насоса 1 с электродвигателем 2, трубопроводов, арматуры и измерительных приборов. При работе стенда вода из бассейна 3 по всасывающему трубопроводу 5 поступает в насос 1, который подает ее в напорный трубопровод 6 и далее в бак 4, откуда она снова сливается в бассейн 3.

В процессе испытаний подачу насоса регулируют изменением степени открытия задвижки 8. Вентиль 9 и бачок-расширитель 7 необходимы при кавитационных испытаниях насоса. Кран 10 служит для выпуска воздуха из всасывающего тракта при его заполнении водой. Чтобы при этом она не уходила в бассейн 3, в приемном фильтре 17 установлен обратный клапан 17, пропускающий поток жидкости только в одном направлении - к насосу.

Давление нагнетания измеряется манометром 14, а разрежение на всасывании – вакуумметром 15. Измерение подачи насоса осуществляется с помощью расходомерной шайбы 11, снабженной электрогидравлическим дифференциальным манометром 12. Манометр 14, вакуумметр 15 и вторичный прибор 13 электрогидравлического дифманометра смонтированы на едином щите.

Для нахождения крутящего момента  $M$  на приводном валу насоса применяется балансирный электродвигатель, статор которого установлен в подшипниковых опорах неподвижных стоек и имеет возможность свободно вращаться вокруг своей оси. Чтобы этого не происходило, в его нижней ча-

сти прикреплен такой груз, при котором статор может только поворачиваться на угол до  $\psi = 90^\circ$  в зависимости от величины действующего на статор реактивного момента, равного, но противоположного по знаку, моменту на валу электродвигателя. Поэтому значение  $M$  определяется по шкале 16, укрепленной на статоре и поворачивающейся вместе с ним.

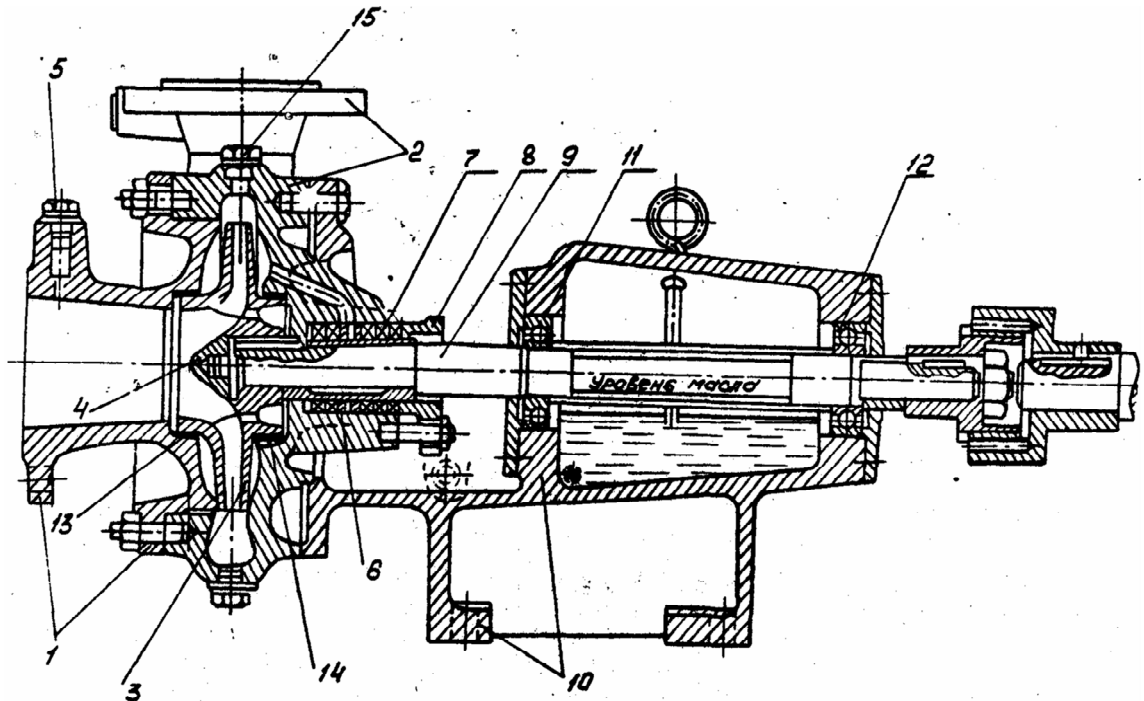


Рис. 5.1. Центробежный насос консольного типа

### Порядок проведения испытаний

1. Открыть задвижку 9 на всасывающем трубопроводе.
2. Залить всасывающий тракт, включая насос, водой, открыв вентиль 13 или вентиль 8. Воздух при этом должен выходить через краник 10. Когда через него пойдет струя воды, заливка закончена.
3. Закрывать краник 10, вентили 8 и 13, если даже заливка через него не производилась.
4. Зафиксировать с помощью защелки статор электродвигателя.
5. Включить в сеть электрогидравлический дифманометр расходомерной шайбы 11.
6. Включить тумблер показывающего вторичного прибора шайбы.
7. Включить электродвигатель насоса нажатием кнопки "ПУСК" на распределительном щите.
8. Медленно открывая задвижку 8 и следя за показаниями приборов, убедиться, что насос и приборы работают нормально.
9. Закрывать задвижку 8 и снять со стопора статор, придерживая его рукой от резкого поворота.
10. Снять показания всех приборов, включая величину  $M$  на шкале статора, и занести их в протокол (табл.5.1).

11. Постепенно открывая задвижку 8, провести не менее шести измерений по п.10 до ее полного открытия.
12. Провести аналогичные измерения не менее чем при шести режимах работы насоса, закрывая задвижку 8.
13. Поставить статор на стопор и выключить электродвигатель нажатием "СТОП".
14. Отключить питание вторичного прибора расходомерного устройства.

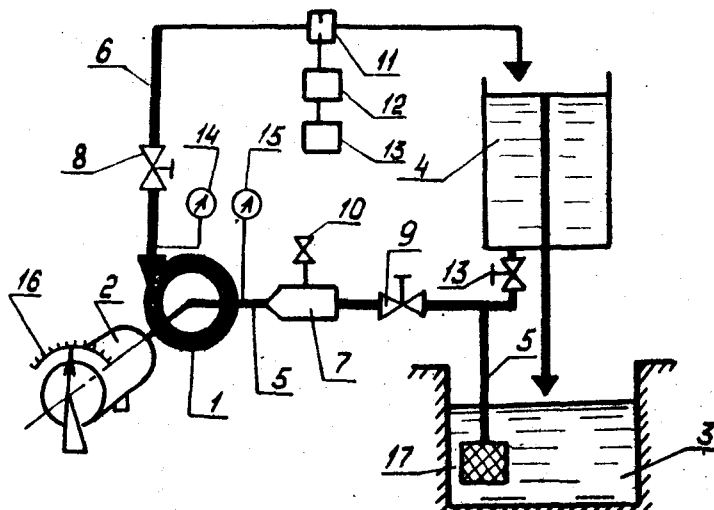


Рис.5.2. Схема стенда энергетических испытаний центробежного насоса

### Определение расчетных величин

Для определения напора насоса целесообразно воспользоваться выражением (5.1), приведя его к конкретным условиям лабораторной установки. Так как, диаметры мерных сечений входного и выходного патрубков практически одинаковы, а центры тяжести самых сечений расположены близко друг к другу, то  $V_{ВХ} = V_{ВЫХ}$  и  $Z_{ВХ} \cong Z_{ВЫХ}$ . Если пренебречь, ввиду малости, поправками на положение манометра 14 и вакуумметра 15, то давления во входном и выходном сечениях можно считать равными показаниям этих приборов  $P_B$  и  $P_M$ . С учетом этих обстоятельств выражение (5.1) примет вид:

$$H = \frac{P_M + P_B}{\rho g}. \quad (5.2)$$

Здесь  $P_B$  взято со знаком "плюс", т. к. оно представляет собой положительное значение отрицательного избыточного давления, что при подстановке в формулу (5.1) приводит к выражению (5.2).

С учетом перевода размерностей и величины  $\rho$  для воды, получим рабочую зависимость для определения напора насоса:

$$H = 10 \cdot (p_M + p_B), \text{ [М]}$$

где  $p_M$  и  $p_B$  - [кгс/см<sup>2</sup>].

Зависимость полезной мощности насоса после подстановки плотности воды и перевода размерностей приводится к виду:

$$N_{\text{п}} = 10 \cdot Q \cdot H, \text{ [Вт]}$$

где  $Q$  - [л/с];  $H$ , - [м].

Мощность насоса, подведенная к его валу:

$$N = \pi \cdot n \cdot M / 30, \text{ [Вт]}$$

где  $n$  - [об/мин];  $M$  - [Н·м].

Выражение для определения, КПД насоса остается без изменений.

Все вычисленные величины заносятся в табл.5.1. По этим данным затем строятся на одном поле графика зависимости (см. рис. 5.3):

$$H = f(Q), \quad N = f(Q), \quad \eta = f(Q).$$

Опытные точки разных зависимостей обозначают различными символами. При нанесении экспериментальных зависимостей проводится визуальное усреднение соответствующих им опытных точек. После этого делаются выводы по работе и полученным результатам.

### Содержание отчета

Отчет должен включать: продольный разрез насоса (при наличии раздаточного материала), схему установки, порядок проведения испытаний, основные расчетные зависимости, протокол испытаний, характеристику насоса и выводы по работе.

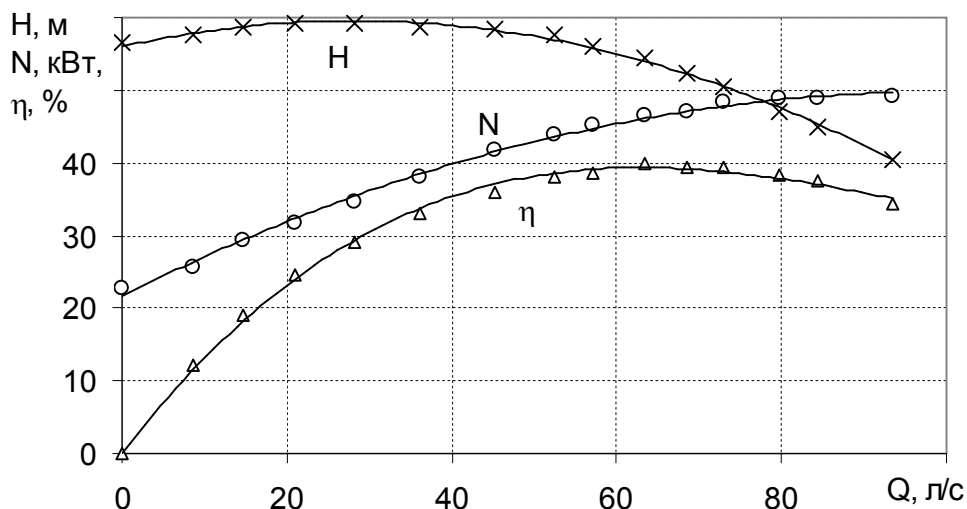


Рис. 5.3. Образец экспериментальной характеристики центробежного насоса.

## Протокол испытаний

Но- мер опы- та	Измеренные величины					Расчетные величины			
	$n$ , об/мин	$P_M$ , кг/см <sup>2</sup>	$P_B$ , кг/см <sup>2</sup>	$Q$ , л/с	$M_{кр}$ , Н·м	$H$ , м.в.ст.	$N$ , Вт	$N_p$ , Вт	$\eta$ , %
1	2900								
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

**Контрольные вопросы**

1. Что входит в состав энергетических испытаний центробежного насоса?
2. Что такое напор насоса?
3. Каков принцип работы центробежного насоса?
4. Для чего предназначены верхнее и нижнее отверстия в корпусе 2 насоса (см. рис.5.1)?
5. Что нужно сделать перед запуском насоса?
6. Какие величины необходимо измерять при энергетических испытаниях?
7. Каким образом осуществляется заливка насоса?
8. Как изменить режим работы насоса?