

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»
Кафедра теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики

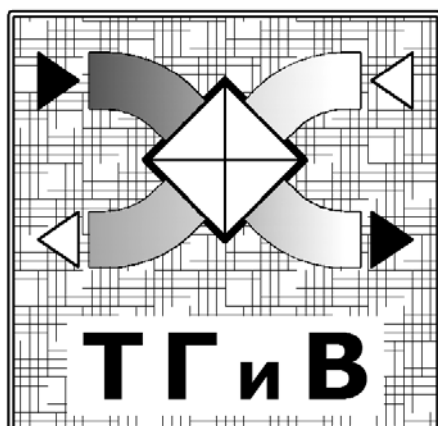
В.Г. УДОВИН, И.А. ПИКУЛЕВ, О.Л. ЛОКШИНА

НАСОСЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Рекомендовано к изданию
Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»



Оренбург 2008

УДК 621.74.043
ББК 34.663Я7

С 18

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент А.Н. Холодилин

Удовин В.Г.

С 18 Насосы: методические указания к лабораторным работам /В.Г. Удовин, И.А. Пикулев, О.Л. Локшина – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2008. – 25с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по курсам: «Гидравлика, гидравлические машины и гидроприводы», «Насосы, компрессоры и вентиляторы», «Водоснабжение и водоотведение» для студентов, обучающихся на очном, очно - заочном и заочном факультетах по программам высшего профессионального образования.

ББК 34.663Я7

© Удовин В.Г., Пикулев И.А., Локшина
О.Л., 2008
© ГОУ ОГУ, 2008

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1 Правила выполнения лабораторных работ..... | 4 |
| 1.1 Подготовка к работе. | 4 |
| 1.2 Выполнение работы | 4 |
| 1.3 Составление и сдача отчета..... | 5 |
| 2 Лабораторная работа №1 | 6 |
| 2.1 Цель работы..... | 6 |
| 2.2 Общие сведения о гидравлических машинах и насосных установках ... | 6 |
| 2.3 Основные положения и расчетные зависимости..... | 7 |
| 2.4 Контрольные вопросы..... | |
| 3 Лабораторная работа №2 | 12 |
| 3.1 Цель работы..... | 12 |
| 3.2 Порядок проведения опытов..... | 14 |
| 3.3 Обработка экспериментальных данных | 14 |
| 3.4 Содержание отчета..... | 15 |
| 3.5 Контрольные вопросы | 15 |
| 4 Лабораторная работа № 3 | 16 |
| 4.1 Цель работы..... | 16 |
| 4.2 Порядок проведения опытов | 17 |
| 4.3 Обработка экспериментальных данных..... | 17 |
| 4.4 Контрольные вопросы | 17 |
| 5 Литература, рекомендуемая для изучения курса «Насосы» | 18 |

Введение

Большое распространение в промышленности получили различные виды насосов. Насосами перекачиваются холодная, горячая и перегретая вода, различные жидкости (как холодные, так и горячие), нефть, нефтепродукты, глинистые и цементные растворы и др. Особенно следует отметить группу центробежных насосов. Они более просты в изготовлении и эксплуатации, требуют меньше металла и менее тщательной обработки поверхностей, в них нет возвратно-поступательно движущихся частей и привода с редукцией числа оборотов. Для современных центробежных насосов коэффициент полезного действия составляет 80 – 90 %.

Такие агрегаты по своему конструктивному выполнению в большей степени удовлетворяют возможности автоматизации их работы, чем другие виды насосов. Имеются целые насосные станции полностью автоматизированные.

Целью лабораторных работ является углубление и закрепление знаний по курсу «Насосы » и ставятся задачи:

- овладеть методикой проведения эксперимента и научиться анализировать полученные экспериментальные данные;
- проверить соответствие аналитических величин, характеризующих ту или иную установку, с аналогичными характеристиками, полученными опытным путем с учетом погрешностей эксперимента;
- получить навыки оформления отчетной документации по проведенным исследованиям.

1 Правила выполнения лабораторных работ

1.1 Подготовка к работе:

- ознакомиться с «Правилами техники безопасности при проведении лабораторных работ по кафедре ТГВ и ГМ;
- ознакомиться с лабораторной установкой, изучить ее устройство и порядок проведения эксперимента с соответствующими методическими указаниями по конкретной работе;
- усвоить теоретический материал, необходимый при выполнении работы;
- провести пробный эксперимент с целью отработки техники снятия опытных данных.

1.2 Выполнение работы

Каждая лабораторная работа выполняется всей группой или бригадой из трех – семи человек. Обработка полученных данных в процессе проведения эксперимента и вычисления выполняется в лаборатории в процессе работы, наиболее сложные расчеты могут быть выполнены в более поздние сроки. Работа считается законченной после просмотра отчета преподавателем.

1.3 Составление и сдача отчета

Отчет выполняется индивидуально каждым студентом и обязательно должен содержать все формулы, которыми пользуется студент при расчетах, необходимые схемы лабораторных установок, соответствующие таблицы с экспериментальными и расчетными величинами, необходимые графики и выводы. Отчет оформляется в соответствии с принятыми правилами.

Сдача и защита полностью оформленного отчета производится на текущем или следующем лабораторном занятии.

Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ по курсу «Насосы»

1. Студенты обязаны соблюдать правила внутреннего распорядка лаборатории.

2. До начала работ студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности у зав. лабораторией «Гидравлика и гидропривод» и расписаться в журнале о прохождении инструктажа.

3. Включение напряжения производится преподавателем или лаборантом кафедры.

4. Запрещается:

- а) включать и отключать установки без руководителя лабораторных работ;
- б) открывать дверки электрических щитов;
- в) трогать руками токоведущие части, кабели электропроводки, подвижные части, насосов, электродвигателей;
- г) снимать защитные кожухи и сетки на вращающихся деталях оборудования;

5. При возникновении каких-либо затруднений немедленно прекратить работу и обратиться за помощью к преподавателю.

2 Лабораторная работа №1

«Изучение конструкций и характеристик насосов и насосных станций, применяемых в промышленности»

2.1 Цель работы: Изучение устройства и принципа действия центробежного насоса и насосной установки.

2.2 Общие сведения о гидравлических машинах и насосных установках

К гидравлическим машинам (гидромашинам) относится обширный круг машин, механизмов и устройств, предназначенных для использования или создания потока жидкой среды как носителя энергии.

Все гидромашины по принципу действия делят на два вида: динамические и объемные. В динамических гидромашинах жидкая среда перемещается под силовым воздействием на нее в камере, постоянно сообщаемой со входом и выходом жидкости. Для объемных гидромашин характерным является то, что жидкая среда в них перемещается путем периодического изменения объема занимаемой ею камеры, попеременно сообщаемой со входом и выходом жидкости.

Для рабочего процесса динамических гидромашин характерными являются большие скорости движения их рабочих органов (а, значит, и жидкой среды). В то же время в объемных гидромашинах скорости рабочих органов (и жидкой среды) не обязательны, так как главную роль в их рабочем процессе играет давление жидкой среды.

Гидравлические машины, преобразующие энергию движущейся жидкости в механическую энергию, называются турбинами, механическую энергию привода в гидравлическую энергию перекачиваемой жидкости – насосами.

Классификация различных видов насосов по принципу действия и их конструкции приведены на рисунке 2.1.

Особый интерес представляют динамические гидромашины - лопастные насосы, в которых жидкая среда перемещается путем обтекания лопасти. По направлению движения жидкой среды различают динамические насосы: центробежные и осевые.

Принцип действия центробежных насосов состоит в том, что жидкость подводимая к центральной части рабочего колеса насоса, поступает на его лопасти, вращающиеся с большой скоростью. Под действием центробежных сил жидкость, скользя вдоль лопаток, отбрасывается к периферии, где и собирается в сборном канале, называемом улиткой, или иначе – жидкая среда перемещается через рабочее колесо от центра к периферии. Из улитки по расширяющемуся каналу жидкость поступает в напорный трубопровод.

В осевом насосе рабочее колесо, имеющее три-шесть наклонных лопаток, как бы ввинчивается в жидкость, находящуюся в цилиндре, в котором вращается вал ротора. Так как вал неподвижен в осевом направлении, то жидкость под действием наклонных лопаток перемещается в сторону, противоположную той,

куда ввинчивался бы вал с рабочими лопатками, если бы был подвижным, или иначе - жидкая среда перемещается через рабочее колесо в направлении его оси.

Центробежные насосы производительны и создают значительные давления. Осевые насосы перерабатывают большие массы воды при сравнительно малых напорах.

Различают насосный агрегат – устройство, состоящее из насоса или нескольких насосов и приводящего двигателя (привода), соединенных между собой, а также насосную установку – насосный агрегат с комплектующим оборудованием, смонтированным по определенной схеме, обеспечивающей работу насоса.

2.3 Основные положения и расчетные зависимости

Центробежный насос состоит из рабочего колеса 1 с изогнутыми лопастями 4 и неподвижного корпуса 3 спиральной формы. Рабочее колесо закреплено на валу, вращение которого осуществляется непосредственно от привода (чаще всего от электродвигателя) – рисунок 2.2.

В корпусе насоса имеются два патрубка для присоединения к всасывающему и нагнетательному трубопроводам. Отверстия в корпусе, через которые проходит вал колеса, имеют сальники для создания необходимой герметичности. Для предотвращения перетекания жидкости внутри насоса между всасывающим патрубком и колесом устанавливается лабиринтное уплотнение.

Основным элементом центробежного насоса является рабочее колесо, которое представляет собой, например, отливку из двух дисков, между которыми располагается от 4 до 12 рабочих лопастей. Иногда рабочие колеса выполняются без переднего диска (открытыми).

Спиральный корпус (камера) служит для приема и направления жидкости, а также преобразования кинетической энергии жидкости (скорости), приобретенной от вращающегося рабочего колеса, в потенциальную энергию (давление).

Центробежный насос может работать только в том случае, когда его внутренняя полость заполнена перекачиваемой жидкостью.

Уходящая жидкость освобождает заполненное ею пространство в каналах на внутренней окружности рабочего колеса. Давление в этой области понижается, и туда устремляется жидкость из всасывающего трубопровода под действием разности давлений.

Разность давлений в резервуаре с жидкостью и на всасывании насоса должна быть достаточной, чтобы преодолеть давление столба жидкости, гидравлические и инерционные сопротивления во всасывающем трубопроводе.

Если жидкость забирается насосом из открытого резервуара, то всасывание жидкости центробежным насосом происходит под действием перепада давлений, равного разности атмосферного давления и давления на входе в рабочее колесо.

Центробежные насосы классифицируются следующим образом:

1. По числу рабочих колес: одноступенчатые (с одним рабочим колесом); многоступенчатые (с несколькими рабочими колесами).

2. По развиваемому напору: низконапорные (до 50 – 60 м); средненапорные (до 150-200 м); высоконапорные (более 200 м).
3. По способу подвода жидкости к рабочему колесу: с односторонним подводом (всасыванием); с двусторонним подводом.
4. По расположению вала насоса: горизонтальные; вертикальные.
5. По способу соединения с двигателем: соединяемые с двигателем через ускоритель; соединяемые с двигателем напрямую (через упругую муфту).
6. По назначению: для перекачки воды, нефти, холодных и горячих нефтепродуктов, сжиженных газов, масел, органических растворителей и др., для транспортировки по магистральным трубопроводам нефти и нефтепродуктов.

На рисунке 2.3 представлена схема насосной установки с центробежным насосом, приводимым в действие электродвигателем.

Центробежный насос консольного типа с горизонтальным валом и односторонним подводом жидкости предназначен для перекачивания воды из нижнего резервуара в верхний. Жидкость из приемного резервуара через фильтр 1 всасывающей трубы 3 с обратным клапаном 2 подводится к рабочему колесу центробежного насоса. Фильтр предохраняет насос от засасывания крупных твердых включений, а обратный клапан препятствует вытеканию жидкости из всасывающей трубы. Подача насоса регулируется задвижкой 6. С помощью этой же задвижки насос заливается жидкостью из напорной линии перед первым запуском.

Насосная установка, как правило, оборудуется манометром, вакуумметром, а иногда и расходомером, позволяющим контролировать нужный режим её работы.

Насосы имеют следующие основные параметры: подача, напор (давление), развиваемый насосом, число оборотов, с которым работает насос, момент на валу, потребляемая мощность и коэффициент полезного действия (КПД).

Подачей насоса Q называется количество жидкости, перекачиваемое насосом в единицу времени.

Напором, созданным насосом, называется удельная (отнесенная к единице веса $-1Н$) механическая энергия жидкости. Напор, развиваемый насосом, равняется геометрической высоте подачи, сложенной со скоростным напором и потерями напора в трубопроводе. В поле сил тяжести напор насоса согласно уравнению Бернулли равен разности энергий жидкости после насоса (сечение $н$, рисунок 2.4) и перед ним (сечение $в$, рисунок 2.4):

$$H = (z_H - z_B) + \frac{p_H - p_B}{\rho \cdot g} + \frac{V_H^2 - V_B^2}{2 \cdot g}, \quad (2.1)$$

где z_H и z_B - высота центра тяжести сечения соответственно выхода и входа в насос (сечения «н» и «в»); p_H и p_B - давление жидкости в сечениях «н» и «в»; v_H и v_B - линейные скорости жидкости в сечениях «н» и «в»; ρ - плотность жидкости; g - ускорение свободного падения.

Напор выражается в метрах столба перемещаемой жидкости. В уравнении (2.1) индексы означают: «н» – сторону нагнетания; «в» – сторону всасывания.

Давление p измеряется манометром 1. Трубка, соединяющая манометр с трубопроводом, после его проливки заполняется жидкостью. Поэтому манометр измеряет давление, отличное от давления в точке замера на величину h . Введя эту поправку на положение манометра, получим избыточное давление после насоса:

$$p = M + h_H \cdot \rho \cdot g, \quad (2.2)$$

где M – показание манометра с введенной поправкой на систематическую погрешность (поправка вводится по тарировочному графику манометра).

При наличии на стороне всасывания вакуума (рисунок 2.4 а) давление p перед насосом измеряется вакуумметром 2. Поправка на положение вакуумметра не вводится, так как соединительная трубка при продувке заполняется воздухом. Учитывая, что вакуум является отрицательным избыточным давлением, получаем избыточное давление перед насосом:

$$p = - B,$$

где B – показание вакуумметра с введенной поправкой на систематическую погрешность.

Отсюда при наличии вакуума в подводящем трубопроводе напор насоса:

$$H = (z_H - z_B) + \frac{M}{\rho \cdot g} + h_H + \frac{B}{\rho \cdot g} + \frac{V_H^2 - V_B^2}{2 \cdot g}, \quad (2.3)$$

Обозначив $h_B = z_H - z_B + h_H$ – разность уровней установки манометра и точки включения вакуумметра, получим:

$$H = \frac{M}{\rho \cdot g} + \frac{B}{\rho \cdot g} + \frac{V_H^2 - V_B^2}{2 \cdot g}. \quad (2.4)$$

Если в подводящем трубопроводе не вакуум, а избыточное давление (рисунок 2.4 б), то:

$$p = M + h_H \cdot \rho \cdot g,$$

где M – показание манометра, установленного на подводящем трубопроводе насоса, с введенной поправкой на систематическую погрешность; h_H – поправка на положение этого манометра.

Следовательно, при наличии у входа в насос избыточного давления напор насоса:

$$H = (z_H - z_B) + \frac{M}{\rho \cdot g} + h_H - \frac{M_B}{\rho \cdot g} + \frac{V_H^2 - V_B^2}{2 \cdot g}$$

Обозначив через $h_M = z_H - z_B + h_H - h_B$ разность уровней установки манометров M и M_B , получим:

$$H = \frac{M}{\rho \cdot g} - \frac{M_B}{\rho \cdot g} + h_M + \frac{V_H^2 - V_B^2}{2 \cdot g}, \quad (2.5)$$

Разность скоростных напоров, входящих в приведенные выше уравнения, составит:

$$\frac{V_H^2 - V_B^2}{2 \cdot g} = \frac{1}{2 \cdot g} \left[\left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_H^2} \right)^2 - \left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_B^2} \right)^2 \right] = 00827 \left(\frac{1}{d_H^4} - \frac{1}{d_B^4} \right) \cdot Q^2, \quad (2.6)$$

где Q – подача насоса, м³ /с; d_H - диаметр напорного трубопровода, м; d_B - диаметр подводящего трубопровода, м.

Полезная гидравлическая мощность насоса, Вт, определяется по формуле:

$$N_{II} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Потребляемая насосом мощность N вычисляется по измеренной мощности на зажимах электродвигателя $N_{эл}$:

$$N = \eta \cdot N_{эл}$$

где η - КПД электродвигателя.

Затрачиваемая насосом мощность или мощность, подводимая к валу насоса, естественно, больше полезной мощности N_{II} . Отношение полезной мощности N_{II} к затраченной мощности N называется коэффициентом полезного действия η_H насоса:

$$\eta_H = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{N} = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{\eta \cdot N_{эл}}, \quad (2.7)$$

Перечисленные параметры чаще всего взаимозависимы. Кривые графика, характеризующие зависимости $H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $M = f(Q)$, $\eta = f(Q)$ при $n = const$ – частоте вращения рабочего колеса (об/мин), называются главными характеристиками насоса. Эти же характеристики носят название внешних в отличие от внутренних или кавитационных характеристик.

Построить точную характеристику центробежного насоса путем расчета невозможно, так как трудно учесть все действующие факторы. Поэтому характеристика ($H - Q$) строится по данным испытания. При этом регулированием открытия нагнетательной задвижки при полностью открытой всасывающей задвижке устанавливаются различные значения подачи и соответствующие давления при постоянной частоте вращения. Подача насоса определяется с

помощью мерного бака или расходомера.

По данным испытания строятся графики зависимости напора, мощности и КПД от подачи насоса (рисунок 2.5).

2.4 Контрольные вопросы

1. Привести классификацию гидравлических машин.
2. Устройство и принцип действия центробежного насоса.
3. Какими основными параметрами характеризуются насосы?
4. Поясните энергетический смысл понятия «напор насоса».
5. Приведите пример самой короткой формулы для определения напора.

Поясните, для какого частного случая она пригодна.

6. Дайте определение КПД насоса

3 Лабораторная работа №2

«Рабочие характеристики центробежного насоса»

3.1 Цель работы:

1. Снятие рабочих характеристик центробежного насоса при различных режимах работы и построение графиков зависимостей $H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $M = f(Q)$, $\eta = f(Q)$.

2. Установить рабочую зону насоса

В настоящей работе рассматривается установка, которая состоит из двух центробежных насосов VA 65/180 с мокрым ротором (рисунок 3.1); бака 1 под атмосферным давлением; счетчиков воды 8,10,16,18; манометров 7,11; мановакуумметра 5; пьезометров 2,4; кранов; вентиля и трубопроводов.

Для того, чтобы иметь представление о работе насоса и иметь возможность произвести подбор насоса для конкретных условий, используют рабочие характеристики, которые представляют собой зависимость полного напора, создаваемого насосом H , мощности на валу N и полного к.п.д. η насоса от его производительности Q (объемной подачи) при постоянном числе оборотов рабочего колеса (рисунок 2.5).

Подачей насоса Q называется объем жидкости, подаваемый насосом в напорный патрубок в единицу времени.

Энергия, сообщаемая насосом единице веса перемещаемой жидкости, называется напором H .

$$H = H_H + H_g + \Delta Z + \left(\frac{V_H^2 - V_g^2}{2g} \right), \text{ м} \quad (3.1)$$

где H_H – показание манометра, м. вод. ст.;

H_g – показание вакуумметра (пьезометра), м. вод. ст.;

ΔZ - отметка, м. вод. ст.

Мощность, потребляемая из сети

$$N_o = IU \cos \varphi, \text{ Вт} \quad (3.2)$$

где I - сила тока, измеряемая амперметром, А;

$U=220$ В - напряжение сети;

$\cos \varphi=0,6$ - отношение активной мощности электрической цепи к полной ее мощности

Мощность на валу насоса

$$N = N_o \eta_{\text{эл.дв.}}, \text{ Вт} \quad (3.3)$$

где $\eta_{\text{эл.дв.}} = 0,5$ - полный к.п.д. электрического двигателя насоса.

Полезная мощность

$$N_n = jQH, \text{ Вт} \quad (3.4)$$

где $j = 9810 \text{ Н/м}^3$ – удельный вес воды.

Полный к.п.д. насоса

$$\eta = \frac{N_n}{N} \quad (3.5)$$

По графикам рисунка 3.2 можно найти «рабочие» величины подачи Q_p и напора H_p , соответствующие рабочему (максимальному) значению к.п.д. η_p .

Для нашей схемы потребный напор H_n насоса можно выразить как,

$$H_n = H_p = AQ^{1,75} \quad (3.6)$$

где A -удельное сопротивление трубопровода, $\text{с}^{1,75}/\text{м}^{4,25}$.

В отличие от обычных формул для H_n , куда подача Q входит во второй степени, в данной работе используется степень 1,75, так как движение жидкости в трубах характеризуется числами Рейнольдса (Re) от 4000 до 15000, что относит их к области гладких труб.

В этой области коэффициент гидравлического трения определяется формулой Блазиуса,

$$\lambda = \frac{0.3164}{\text{Re}^{0.25}} \quad (3.7)$$

И значит, что потеря по длине и H_n пропорциональны скорости и расходу Q в степени 1,75

Найдем величину A

$$A = \frac{H_n}{Q^{1,75}} = \frac{4}{(1,6 \cdot 10^{-4})^{1,75}} = 17573166 \frac{\text{с}^{1,75}}{\text{м}^{4,25}} \quad (3.8)$$

и далее построим характеристику трубопровода на поле рисунка 3.2, задаваясь величинами расхода.

Таблица 3.1 – зависимость $H_n = f(Q)$

| № п/п | Параметры | | | | | | | |
|----------|-----------|-------------------------------|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1 | $Q,$ $\text{м}^3/\text{с}$ | 0 | $0,40 \times 10^{-4}$ | $0,67 \times 10^{-4}$ | $1,04 \times 10^{-4}$ | $1,33 \times 10^{-4}$ | $1,82 \times 10^{-4}$ |
| 2 | $H_n,$ м | 0 | 0,35 | 0,87 | 1,88 | 2,89 | 5,01 | 6,98 |

3.2 Порядок проведения опытов

Перед началом опытов проверяют состояние всей установки.

Первый опыт проводят следующим образом:

1. Открывают полностью вентиль 13,9; вентили 14,17,15,19,21,22 и вентиль 6 должны быть полностью закрыты.
2. Включают насос 12 и снимают показания манометра 11 счетчика 10, пьезометра 4.
3. Одновременно по секундомеру замеряют время опыта.
4. Постепенным открытием вентиля 6 устанавливают новый режим работы насоса. По окончании опытов выключают насос и закрывают вентили и краны. Всего проводят 6-7 опытов.

3.3 Обработка экспериментальных данных

При обработке данных, записанных в таблицу 3.2 отчета, заполняют таблицу 3.3 этого отчета, для чего определяют следующие величины:

- подачу насоса Q ;

$$Q = \frac{\Delta V}{T}, \quad (3.9)$$

где, ΔV - объем воды, перемещаемый насосом, замеренный по прибору 10 (рисунок 3.1) м^3 ; T - продолжительность опыта, с.

- площади щелевых сечений ω_g и ω_n ; м^2 ;

- средние скорости во всасывающей и напорных ветвях (V_g и V_n), м/с

$$V = \frac{Q}{\omega}; \quad (3.10)$$

- разность скоростных напоров

$$\left(\frac{V_n^2 - V_g^2}{2g} \right), \text{ м}; \quad (3.11)$$

- напор H (по формуле 3.1);

- мощность на валу насоса N (по формуле 3.3);

- полезную мощность N_n (по формуле 3.4);

- полный к.п.д. насоса η (по формуле 3.5);

По опытным данным строят рабочие характеристики насоса.

3.4 Содержание отчета

Исходные данные:

При проведении опытов в качестве жидкости используем воду из водопроводной сети.

Диаметр всасывающей трубы $d_с = 0,015 м$

Диаметр напорной трубы $d_н = 0,015 м$

к.п.д. электродвигателя $\eta_{эл.дв} = 0,5$

тип насоса VA65/180

Таблица 3.2 – Величины, измеренные при проведении опытов

| № опыта | Показание манометра | Показание пьезометра | Отметка | Сила тока | Объем воды за время опыта | Время опыта |
|---------|---------------------|----------------------|------------|-----------|---------------------------|-------------|
| | H_n | $H_с$ | ΔZ | I | V | T |
| | м. вод. ст. | м. вод. ст. | м | А | м ³ | с |
| 1 | | | | | | |

Таблица 3.3 – Величины, вычисленные на основании опытных данных

| № опыта | Подача насоса | Полный напор | Мощность из сети | Мощность на валу | Мощность полезная | Полный к.п.д. насоса |
|---------|-------------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| | Q | H | N_0 | N | N_n | η |
| | м ³ /с | м. вод. ст. | Вт | Вт | Вт | - |

Расчетные величины таблицы 3.3 позволят построить характеристики насоса.

3.5 Контрольные вопросы

1. Цель работы
2. Что такое рабочие характеристики насоса?
3. Порядок проведения работы
4. Как определяется величина напора H ?
5. Что такое отметка ΔZ ?
6. Как определить рабочую зону насоса?
7. Что такое рабочая точка насоса и как она определяется?
8. Цель построения рабочих характеристик насоса.

4 Лабораторная работа № 3

«Регулирование режима работы центробежного насоса изменением числа оборотов рабочего колеса»

4.1 Цель работы:

1. Исследовать изменение характеристик насоса в зависимости от изменения числа оборотов двигателя
2. Провести 7-8 опытов на насосе 12 для снятия экспериментальных данных при частоте вращения $n=1460$ об/мин и 7-8 опытов при частоте вращения $n=1050$ об/мин.
3. Построить графики зависимостей $H=f(Q)$ и $\eta=f(Q)$ для двух чисел оборотов на одном поле и перенести на это поле графики зависимостей $H_n=f(Q)$, $H=f(Q)$ и $\eta=f(Q)$ из предыдущей работы.
4. Установить рабочие зоны при разных числах оборотов рабочего колеса.

Для обеспечения экономичности насосной установки рабочая точка насоса (смотри точку в предыдущей работе), то есть точка пересечения характеристики насоса $H=f(Q)$ и характеристики трубопровода $H_n=f(Q)$, должна находиться в области высоких значений КПД. Для каждого насоса по его характеристикам можно выделить область со значениями КПД ниже максимального $\eta_{\text{макс}}$ примерно на 5-10 %, которая называется рабочей зоной насоса, их рассчитывают или задают (значения подачи Q_p и напора H_p), при этом они должны попасть в его рабочую зону. Если этого не произошло, то можно или заменить насос или изменить режим работы насоса, что можно сделать следующими способами:

- изменением характеристики трубопровода путем дросселирования с помощью задвижки или вентиля, расположенных на напорном трубопроводе. Изменяя степень закрытия вентиля, мы тем самым изменяем потери напора в трубопроводе, что приводит к перемещению рабочей точки К. Закрытие вентиля приводит к увеличению потерь. Значит, рабочая точка перемещается вверх и влево, что увеличивает напор и уменьшает подачу. Открытие вентиля вызывает уменьшение потерь, уменьшение напора и увеличение подачи. Способ прост в исполнении, но сопровождается потерями мощности, а значит – не экономичен;

- перепуском части жидкости через обводную линию из напорного трубопровода во всасывающий. На обводном трубопроводе устанавливают вентиль (дроссель) для изменения расхода перепускаемой жидкости, при этом энергия жидкости, проходящей через обводную линию, не используется, поэтому способ также не экономичен;

- изменением характеристики самого насоса, например, изменением частоты вращения его вала. Способ позволяет, как увеличивать, так и уменьшать параметры насоса. Увеличение числа оборотов вызывает увеличение и подачи Q и напора H , уменьшение числа оборотов приводит к уменьшению и подачи, и напора (рисунок 4.2). Естественно, что при изменении частоты вращения вала насоса изменяется положение рабочей точки и перемещается рабочая зона.

Таким образом, последний способ наиболее экономичен по сравнению с двумя предыдущими. Он особенно экономичен для случая, когда кривые характеристики трубопровода берут свое начало из начала координат, как в нашем случае. Тогда постоянно обеспечивается выполнение начального условия.

$$\eta_p \geq (90 \div 95)\% \eta_{\max}$$

В предыдущей работе мы сняли рабочие характеристики центробежного насоса при числе оборотов $n = 2100$ об/мин. В настоящей работе снимем характеристики того же насоса при $n = 1460$ и 1050 об/мин.

4.2 Порядок проведения опытов:

1. Устанавливаем число оборотов 1460 с помощью переключателя на корпусе насоса 12 и повторяем все действия из работы №2. Снова проделываем 7-8 опытов, установив с помощью переключателя число оборотов $n = 1050$ мин⁻¹.
2. Все опытные величины записываем в таблицу 3.2, 3.3.

4.3 Обработка экспериментальных данных

Расчеты ведем по формуле из работы №2 и записываем их результаты в таблицу 4.3.

Установив рабочие зоны граничные величины для них вносим в таблицу 4.4.

Таблица 3.4 Граничные величины рабочих зон

| Частота вращения вала насоса | Минимальная величина подачи рабочей зоны | Максимальная величина подачи рабочей зоны | Минимальная величина напора рабочей зоны | Максимальная величина напора рабочей зоны |
|------------------------------|--|---|--|---|
| n | $(Q_p)_{\min}$ | $(Q_p)_{\max}$ | $(H_p)_{\min}$ | $(H_p)_{\max}$ |
| об/мин | м ³ /с | м ³ /с | м | м |
| 2100 | | | | |
| 1460 | | | | |
| 1050 | | | | |

4.4 Контрольные вопросы

1. Цель работы.
2. Какие способы регулирования режима работы насоса вы знаете?
3. Назовите самый экономичный способ регулирования режима работы насоса
4. Может ли при увеличении числа оборотов увеличиваться подача и уменьшаться напор?
5. Какова цель регулирования режима работы насоса?

5 Литература, рекомендуемая для изучения курса «Насосы»

- 1 Гидравлика, гидромашины и гидроприводы /Т.М. Башта [и др.] - М.: Машиностроение, 1982,- 423 с.
- 2 Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидropередач / О.В. Байбаков [и др.]; Под ред. С.С. Руднева и Л.Г. Подвидза. - М.: Машиностроение, 1974.- 416 с.
- 3 А.П. Юфин. Гидравлика, гидравлические машины и гидропривод/А.П. Юфин - М.: Высшая школа, 1965.- 427 с.
4. Веригин И.С. Компрессорные и насосные установки./И.С. Веригин.-М.: Издательский центр «Академия», 2007- 206 с.

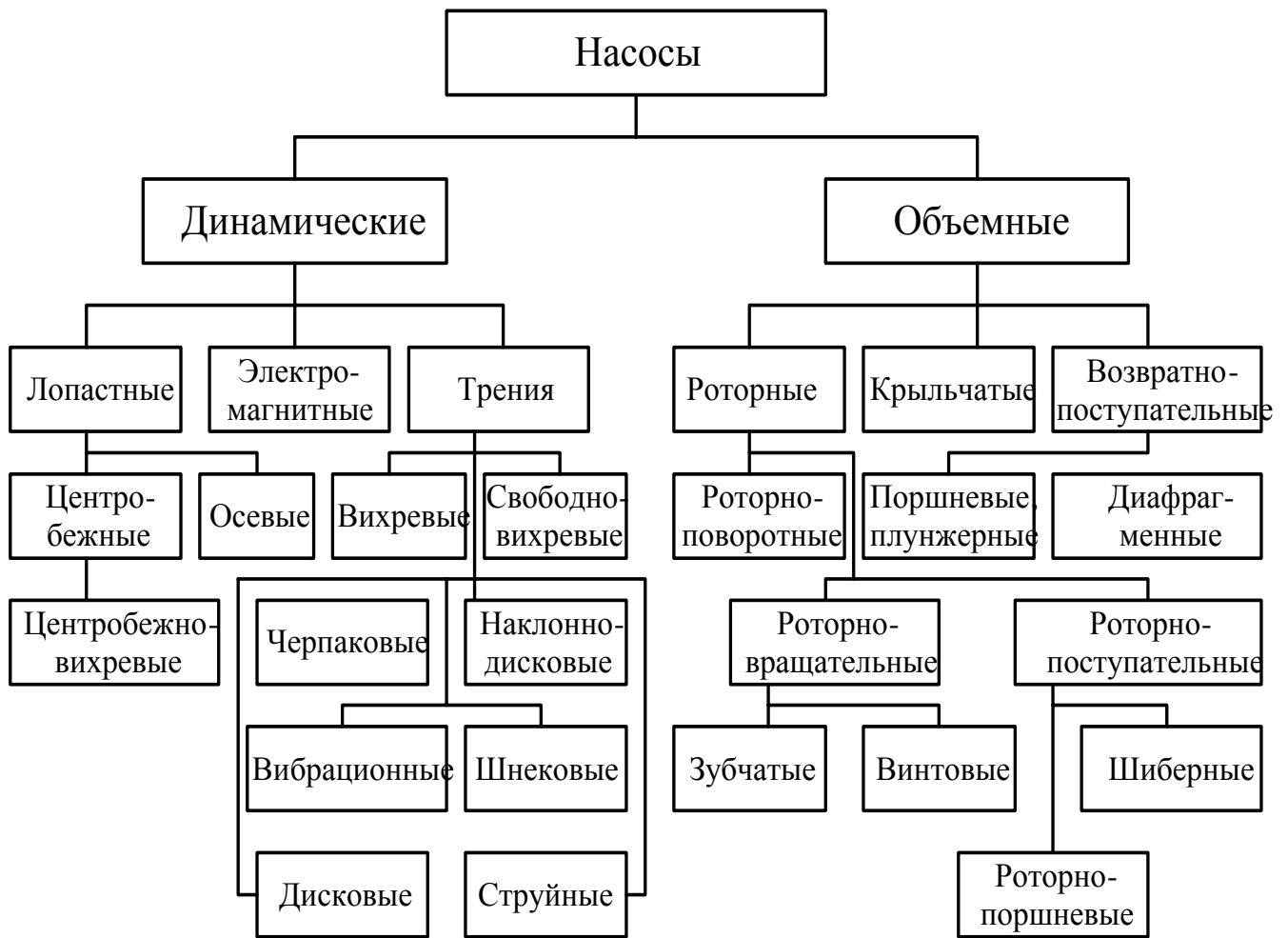


Рисунок 2.1 - Классификация насосов по принципу действия и конструктивным особенностям

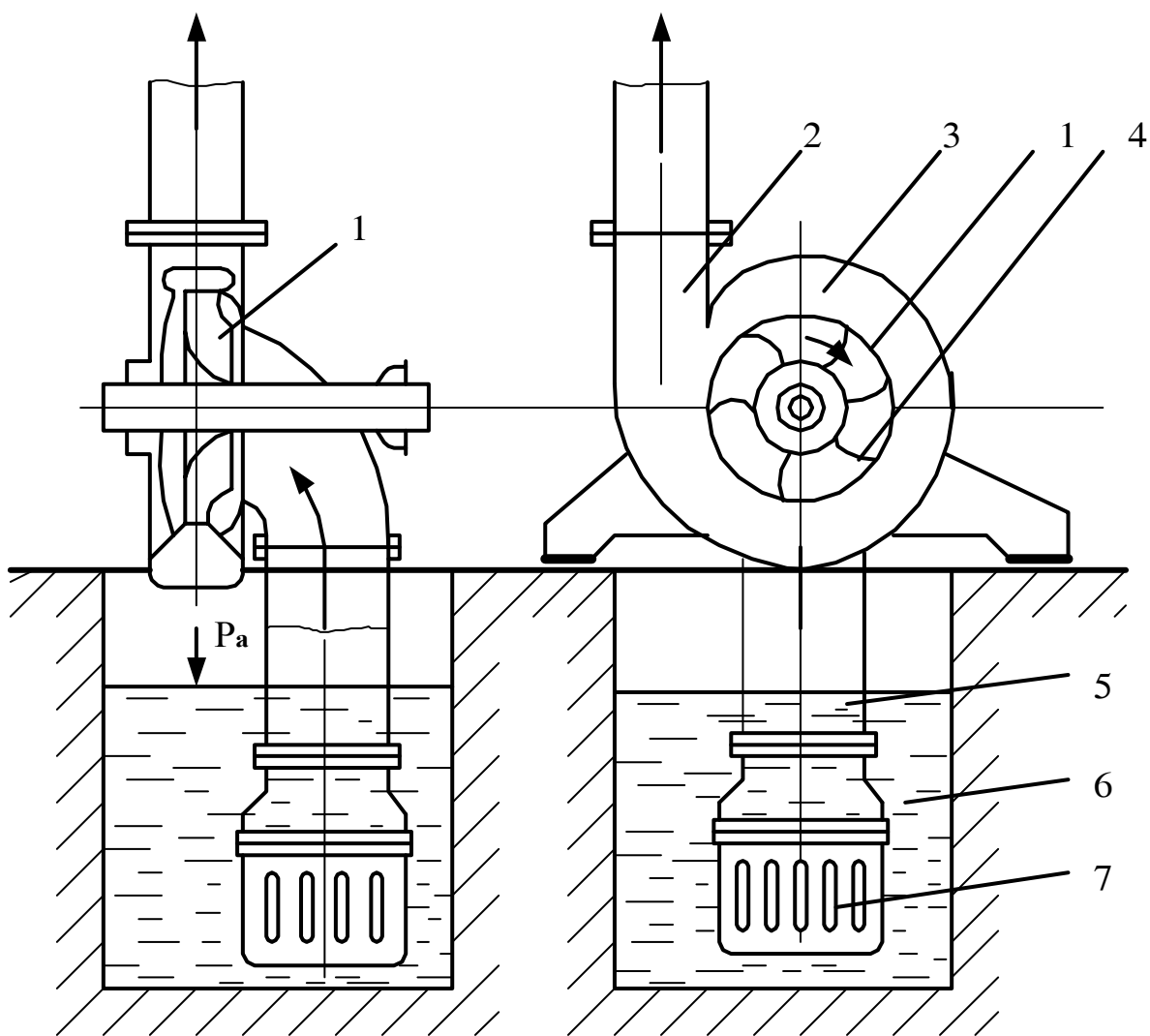


Рисунок 2.2 – Схема центробежного насоса

1 – рабочее колесо; 2 – нагнетательный трубопровод; 3 – спиральный корпус (улитка); 4 – лопасти; 5 – всасывающий трубопровод; 6 – резервуар с жидкостью; 7 – клапан с сеткой (фильтром).

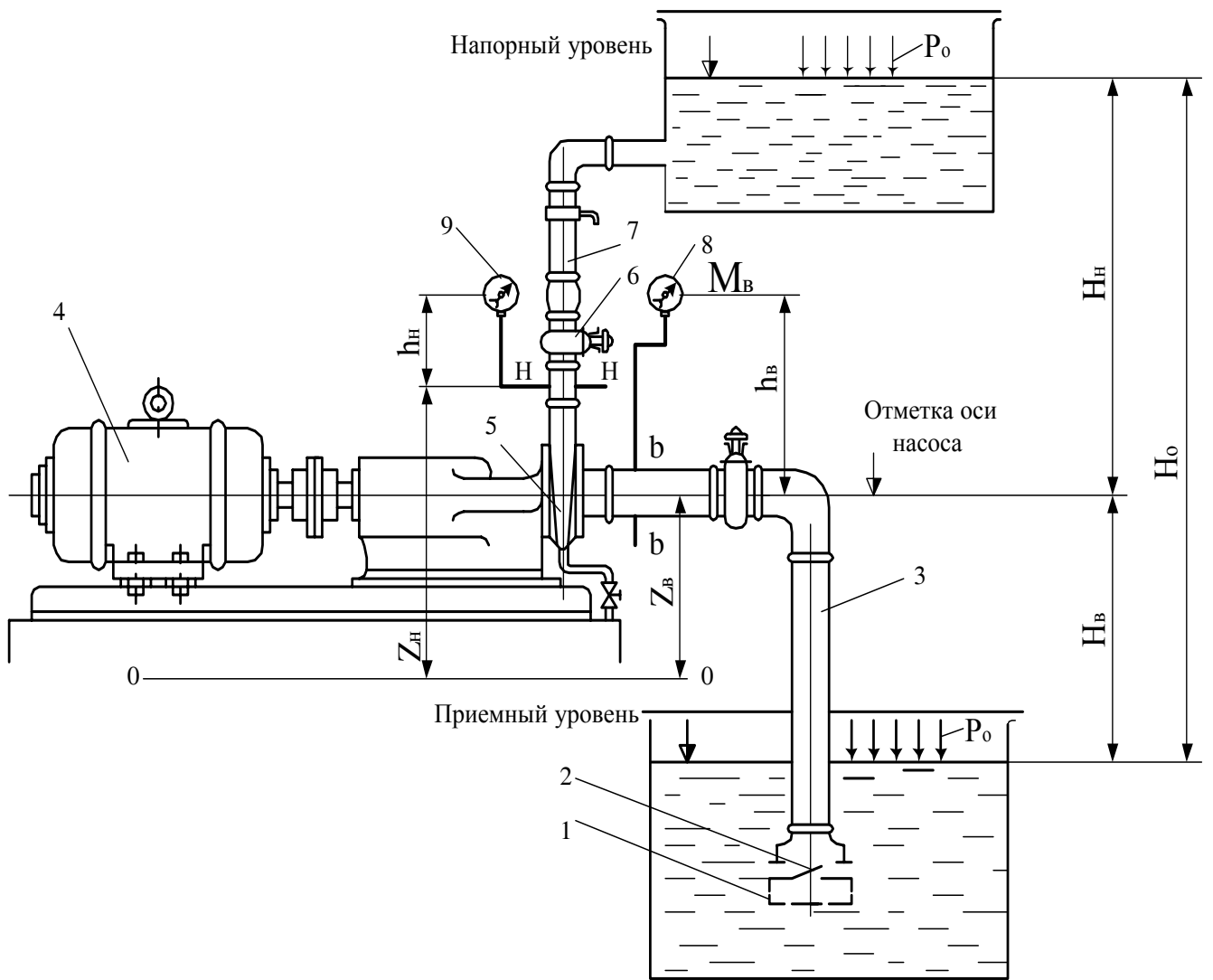


Рисунок 2.3 – Схема насосной установки

1- фильтр; 2 – обратный клапан; 3 – всасывающая труба; 4 – электродвигатель; 5 – улитка; 6 – задвижка; 7 – напорный трубопровод; 8 – мановакуумметр; 9 – манометр

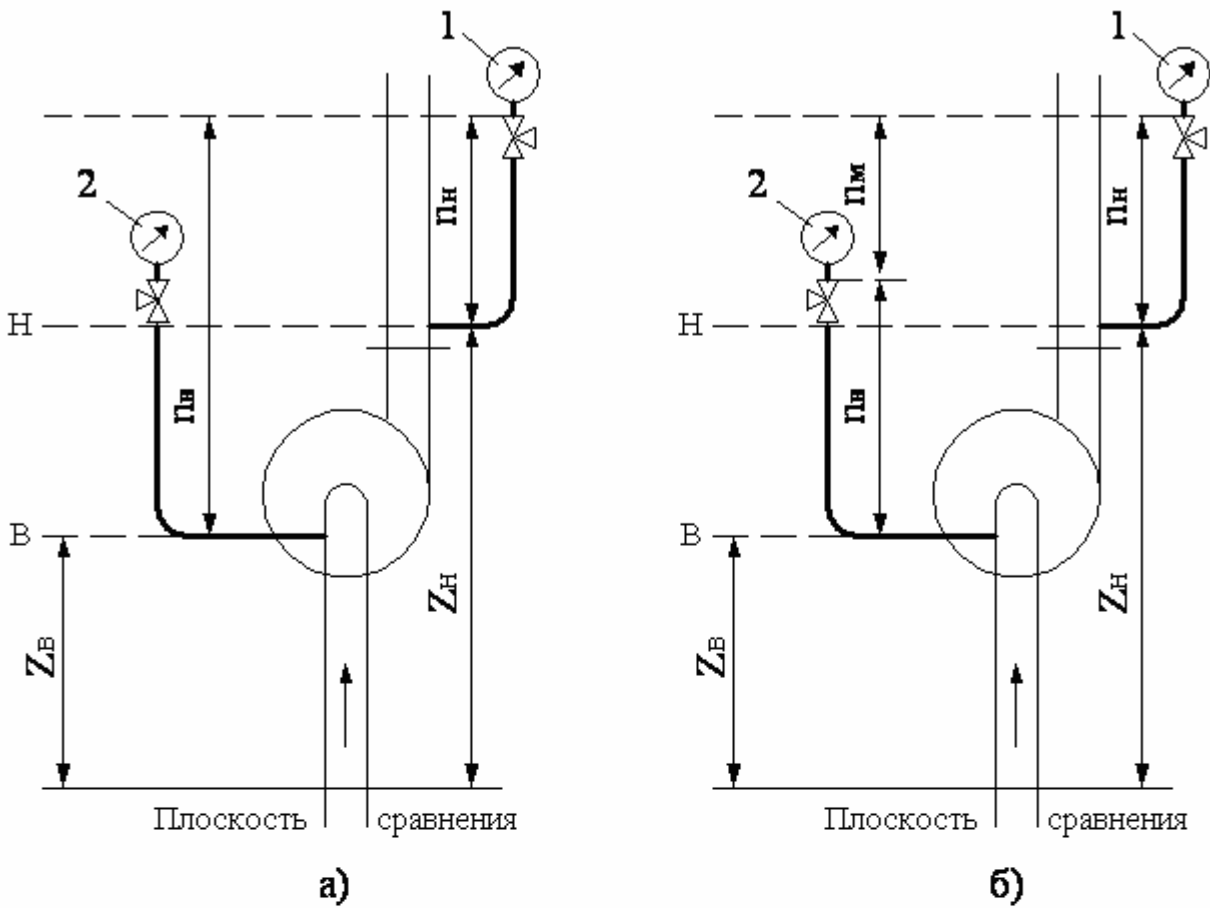


Рисунок 2.4 - Схема измерения напора (а, б)

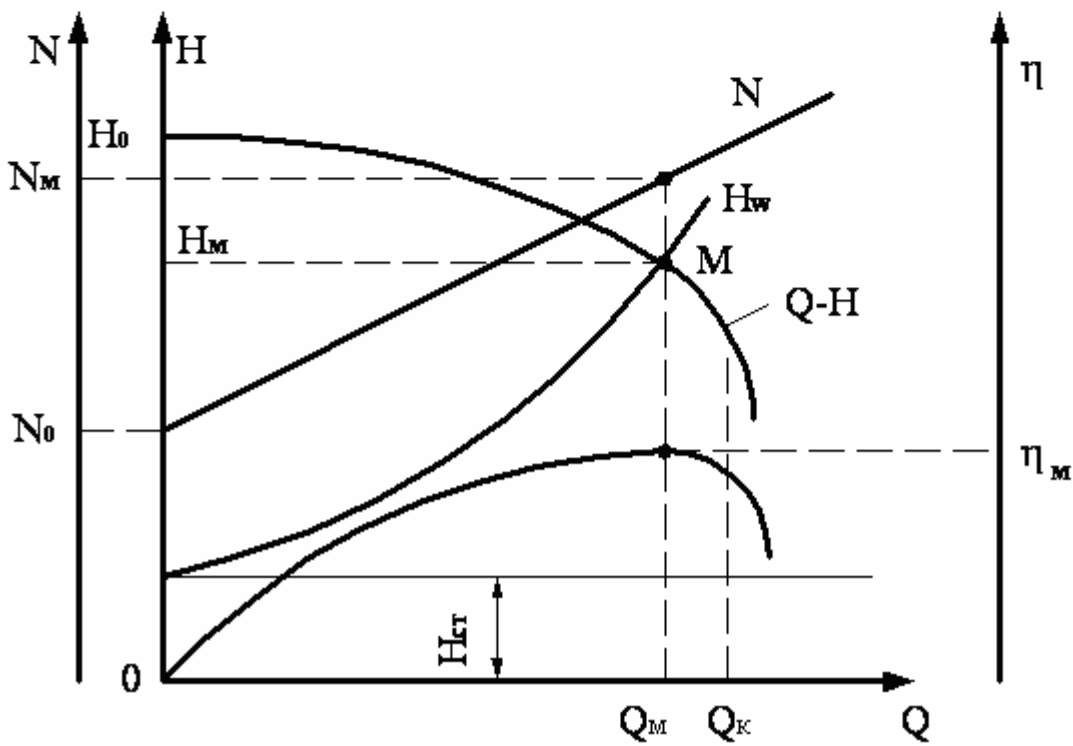


Рисунок 2.5 - Характеристика центробежного насоса

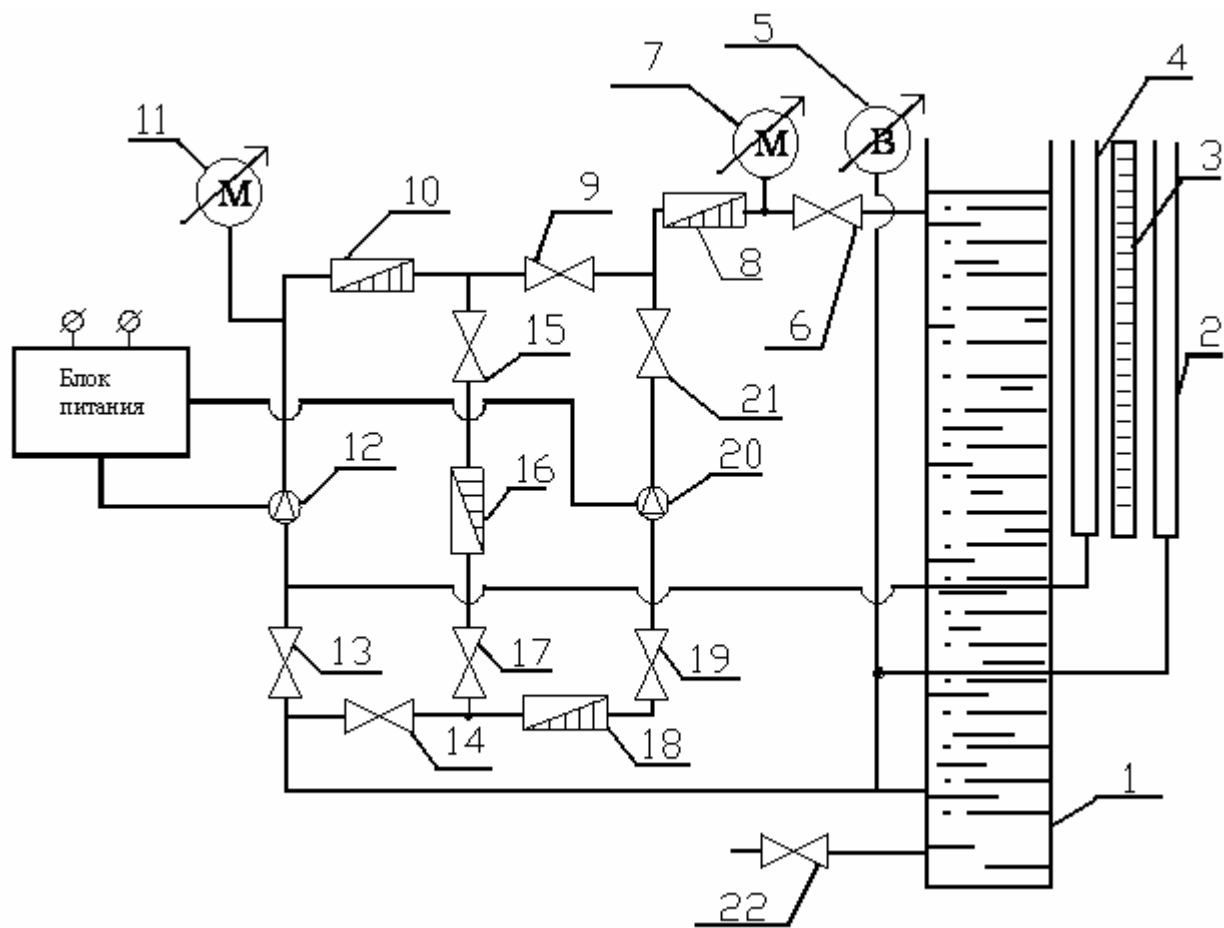


Рисунок 3.1 – Схема установки

- 1 бак;
- 2,4 – пьезометры;
- 3 – линейка измерительная;
- 5 – мановакуумметр;
- 6, 15 – вентили;
- 7, 16 – манометры;
- 8, 10, 16, 18 – счётчик воды;
- 9, 13, 14, 17, 19, 21, 22 - краны;
- 12, 20 – насосы центробежные.

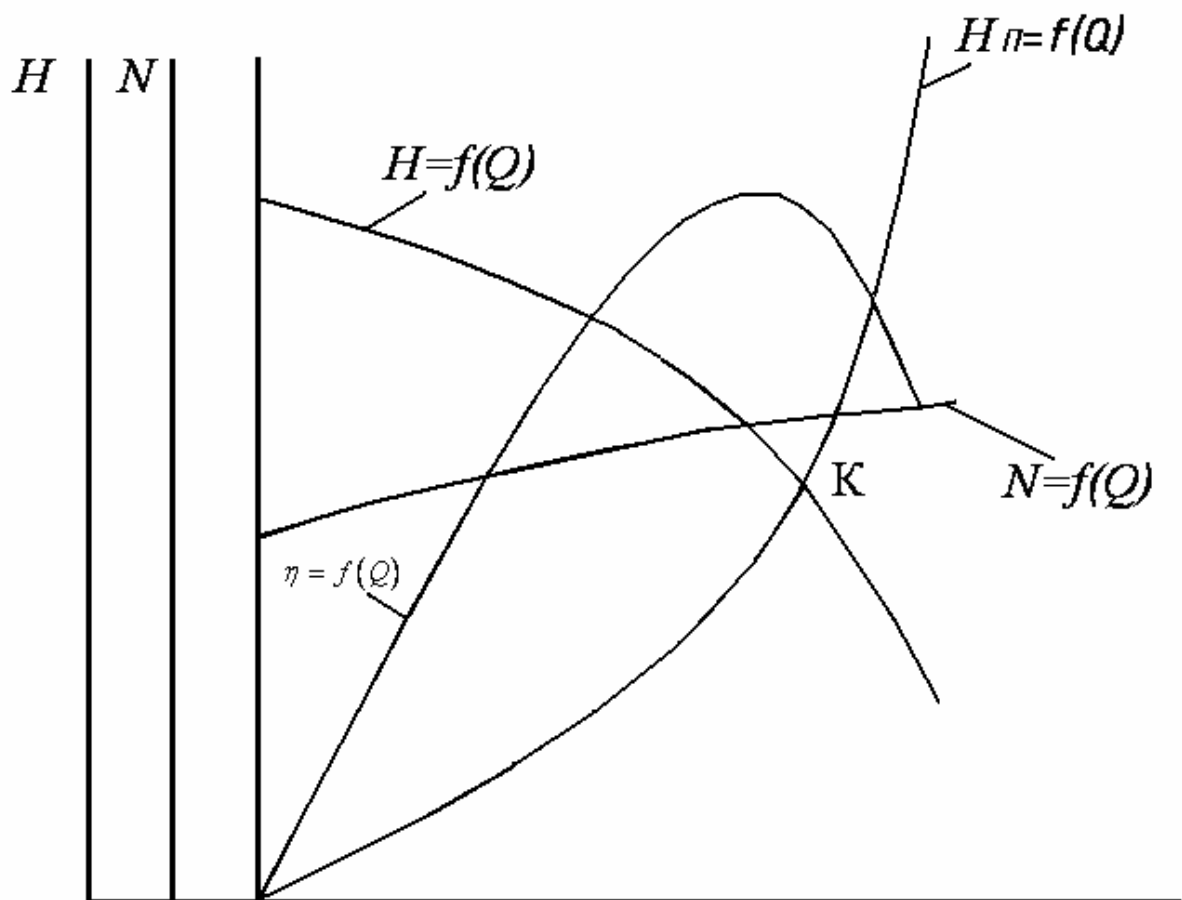


Рисунок 3.2 – Рабочие характеристики насоса

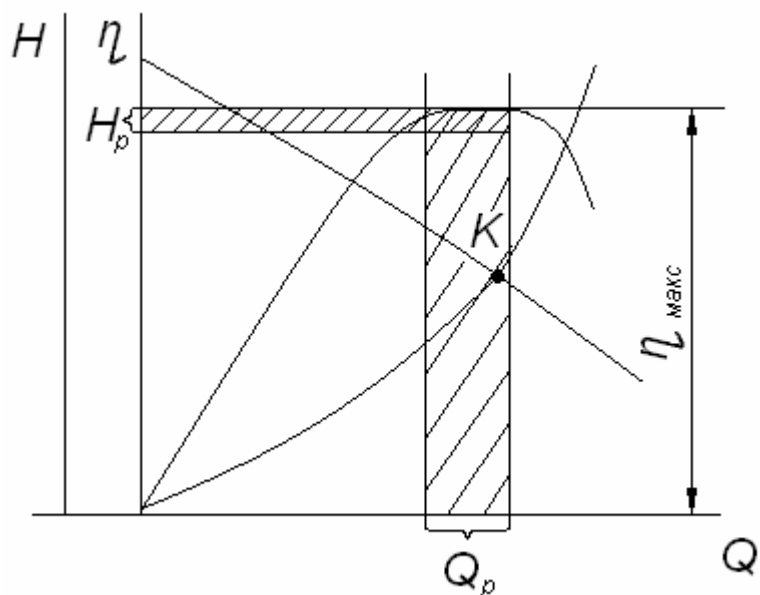


Рисунок 4.1 - Рабочие характеристики центробежного насоса с выделением рабочей зоны насоса (Q_p и H_p). $f(Q)$

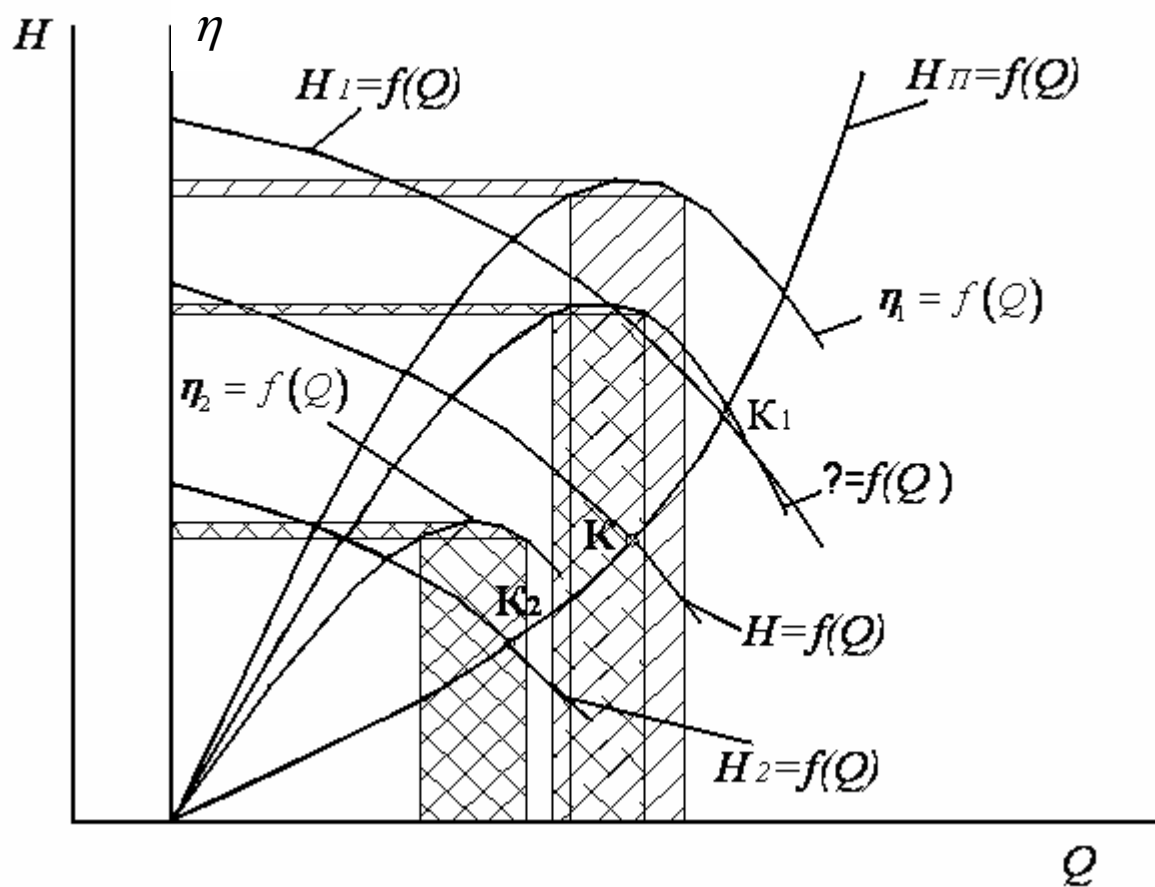


Рисунок 4.2 – Перемещение рабочей точки и рабочей зоны насоса при изменении частоты вращения n вала насоса (индекс 1-увеличение n , индекс 2-уменьшение n)