

— возможности насосной установки лабораторного стенда по перемещению жидкости, обратив внимание на схемы последовательной и параллельной работы насосов.

Под параллельной работой понимают включение двух и более насосов, имеющих индивидуальный прием жидкости и подающих ее в один общий трубопровод. Параллельное соединение приводит к увеличению подачи.

Под последовательной работой понимают включение двух и более насосов в один общий трубопровод, причем каждый насос подает жидкость с нагнетания на прием следующего, что приводит к увеличению напора.

Необходимо самостоятельно выполнить схему лабораторного стенда. Входящие в состав схемы элементы должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ (приложение 4).

Параметры входящего в схему оборудования необходимо представить отдельным списком.

### **Оформление отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать наименование, назначение, принцип действия и точность измерения контрольно-измерительный приборов, входящих в состав лабораторного стенда

### **Лабораторная работа № 2**

#### **СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ «НАПОР-ПОДАЧА» ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА**

**Цель работы:** изучить свойства характеристики «напор-подача» центробежного насоса; закрепить знания по техническому использованию насоса.

Лабораторная работа выполняется на одном из насосов: НЦВ 25/30, подача  $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ , напор 30 м вод. ст., частота вращения  $2860 \text{ мин}^{-1}$ , мощность привода 4,1 кВт или НЦВ 25/20, подача  $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ , напор 20 м вод. ст., частота вращения  $2870 \text{ мин}^{-1}$ , мощность привода 3,1 кВт.



В работе также используются измерительные приборы: манометр, мановакуумметр, расходомер, трубопроводы, запорная и регулирующая арматура, емкости.

Принципиальная схема насосной установки для снятия характеристики «напор-подача» ( $H - Q$ ) центробежного насоса представлена на рис. 1.

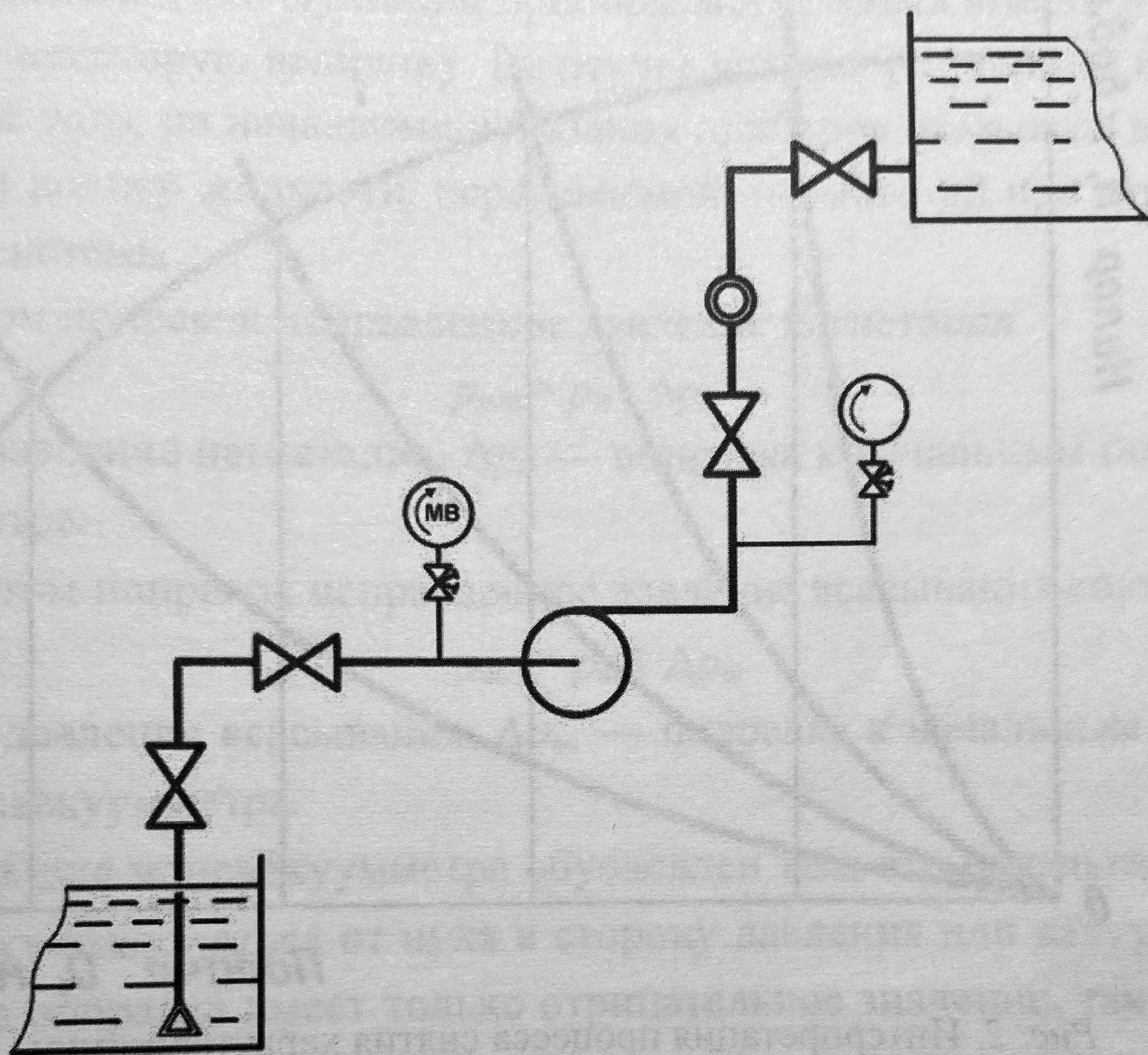


Рис. 1. Принципиальная схема установки для снятия характеристики «напор – подача» центробежного насоса

Характеристика «напор-подача» входит в паспортные данные насоса и представляя собой зависимость изменения напора от подачи.

Для получения характеристики «напор-подача» все изготавливаемые насосы проходят стендовые заводские испытания на воде по специальной программе.

В лабораторных условиях для получения характеристики «напор-подача» также проводят испытания, целью которых является получение достаточного количества точек для установления закономерности изменения напора насоса для подач в диапазоне от нулевой до номинальной.



Испытания на лабораторной установке проводят следующим образом. Задают количество режимов работы насоса не менее пяти, охватывая подачу от нулевой до номинальной. Чаще всего режимы работы задают через равномерные промежутки подач, что соответствует вертикальным линиям на рис. 2.

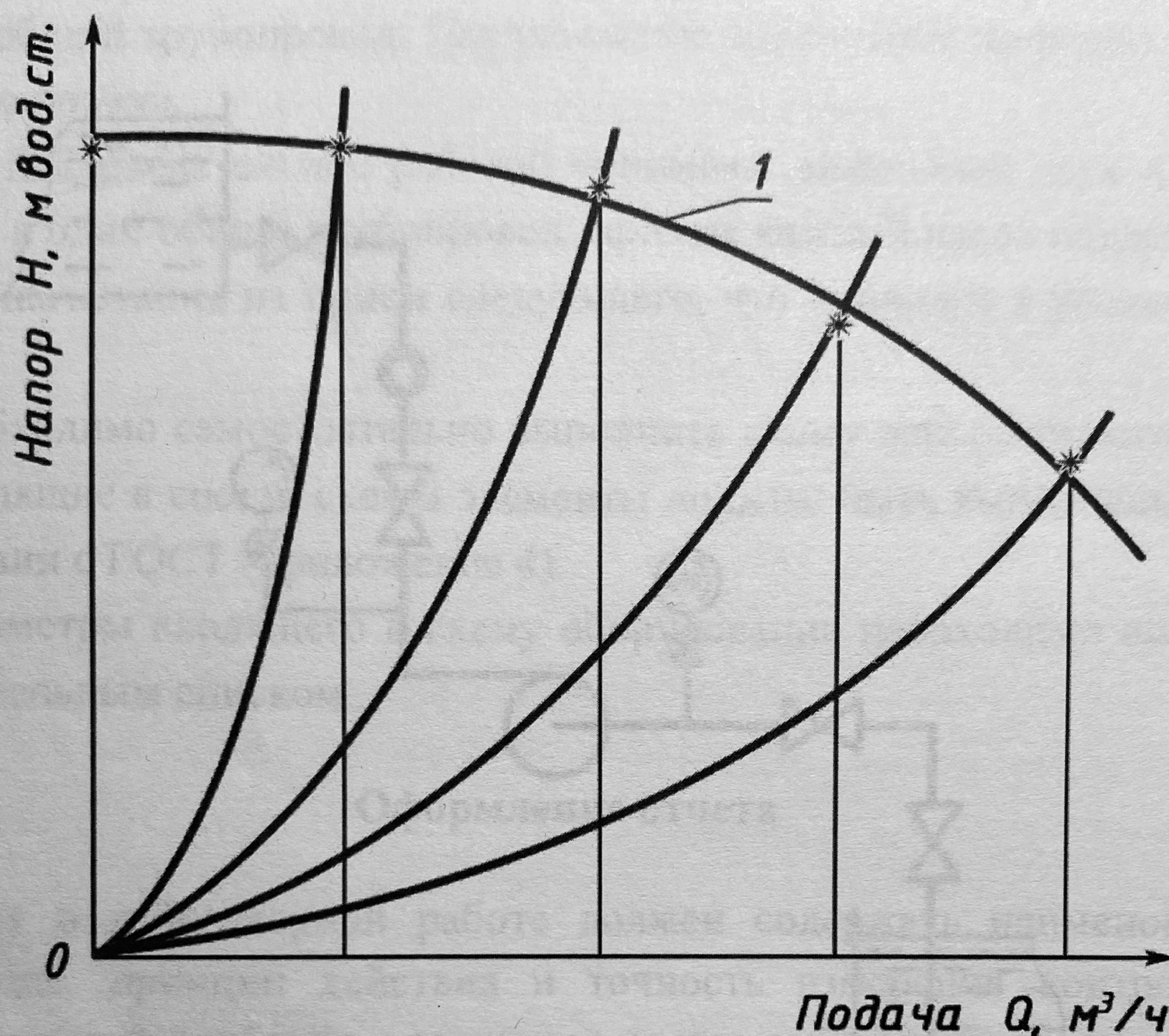


Рис. 2. Интерпретация процесса снятия характеристики «напор-подача» центробежного насоса:

(\*) — экспериментальные точки; 1 — характеристика «напор-подача» насоса

С увеличением числа режимов повышается точность получения характеристики «напор-подача». При заводских испытаниях минимальное число режимов устанавливают от 8 до 10, проходят их в прямом направлении изменения подач от нуля до номинальной и обратно.

На каждом режиме при проведении испытаний необходимо замерить напор насоса. Его величину наносят на график, откладывая значение напора на вертикальных линиях, соответствующих заданному режиму работы насоса (см. рис. 2).

Величина подачи при испытаниях устанавливается по расходомеру. Напор насоса замеряют по показаниям манометра и мановакуумметра. Напор насоса измеряется в м вод. ст., а манометр и мановакуумметр



имеют шкалу, выраженную в единицах давления. Поэтому сначала снимают величину давления, создаваемую насосом, а затем переходят к напору, выраженному в м вод. ст.

Замер значений давления всасывания и нагнетания насоса должен выполняться с учетом поправок, обусловленных неточностью начальных показаний манометра и мановакуумметра. Вследствие длительной или ненормальной эксплуатации приборы могут иметь вместо нулевых показаний некоторую величину. Ее неучет исказит результаты испытаний. Кроме того, на начальные показания приборов оказывает влияние начальный подпор жидкости, передаваемой от емкостей при открытых клапанах системы.

С учетом поправок исправленное давление нагнетания

$$p_{н.и} = p_n - \Delta p_n$$

где  $p_n$  — давление нагнетания;  $\Delta p_n$  — поправка к начальным показаниям манометра.

С учетом поправок исправленное давление всасывания составит

$$p_{вс.и} = p_{вс} \pm \Delta p_{вс}$$

где  $p_{вс}$  — давление всасывания;  $\Delta p_{вс}$  — поправка к начальным показаниям мановакуумметра.

Знак  $\pm$  для мановакуумметра обусловлен тем, что начальные показания могут отклоняться от нуля в сторону давления или вакуума. Для манометра поправка имеет только отрицательное значение, так как она может изменяться только в сторону давления.

С учетом вышеизложенного, давление, создаваемое насосом

$$p = p_{н.и} \pm \Delta p_{вс.и}$$

Знак «+» в формуле соответствует случаю, когда уровень жидкости в емкости на всасывании расположен ниже оси насоса (см. рис. 1), а знак «-» в формуле — когда уровень жидкости в емкости на всасывании расположен выше оси насоса.

Перевод давления создаваемого насосом в м вод. ст. осуществляется по соотношению

$$H = \frac{P}{\rho g}$$

где  $\rho$  — плотность перекачиваемой жидкости;  $g$  — ускорение свободного падения.



## Порядок выполнения работы

1. До начала испытаний необходимо ознакомиться с правилами техники безопасности, правилами технического использования центробежного насоса и схемой насосной установки, на которой будет выполняться лабораторная работа. Назначить руководителя для выполнения лабораторной работы.

2. Распределить обязанности группы (подгруппы) для выполнения лабораторной работы, включающие следующие процедуры:

- подготовку и ввод насосной установки в действие, наблюдение за работой;
- снятие показаний манометра, мановакуумметра, расходомера;
- проверочный расчет величины напора насоса;
- задание режимов работы насоса;
- ведение протокола испытаний.

3. Подготовка насосной установки к действию предполагают выполнение следующих процедур:

- убедиться, что емкости стенда подготовлены к работе;
- произвести внешний осмотр насоса, электродвигателя, трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных приборов, убедиться в их исправности;
- проверить плотность фланцевых и штуцерных соединений трубопроводов, сальников насоса и клапанов, контрольно-измерительных приборов;
- открыть клапаны на системе, необходимые для выполнения лабораторной работы;
- проверить наличие жидкости в насосе и приемном трубопроводе, при необходимости заполнить трубопроводы и насос;
- снять поправки к показаниям манометра и мановакуумметра при неработающем насосе, внеся их в протокол испытаний.

4. Запустить центробежный насос при закрытом нагнетательном клапане. Медленно открыть нагнетательный клапан и вывести насос на установившийся режим, который наступает примерно через 2 мин после изменения параметров.



5. Снять показания манометра и мановакуумметра на режиме холостого хода (при нулевой подаче).

6. Выполнить проверку правильности снятия показаний манометра и мановакуумметра. Для этого необходимо по формулам, приведенным в основных теоретических положениях, рассчитать напор насоса в режиме холостого хода. Их значение должно быть примерно равно 35 м вод. ст. для насоса НЦВ 25/30 и 25 м вод. ст. для насоса НЦВ 25/20. Если указанное значение напора выдержано, то можно продолжать лабораторную работу. В противном случае необходимо найти ошибку и только после этого продолжать выполнение работы.

Напор холостого хода является первой точкой характеристики «напор-подача». Для получения других точек делим паспортную подачу испытуемого насоса на участки, кратные  $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Таким образом, вторая точка характеристики будет получена при подаче  $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ , третья — при  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$  и т. д. Режимы устанавливаются путем открытия нагнетательного клапана.

7. На каждом режиме провести замер давлений на нагнетании и на всасывании. Результаты замеров заносятся в таблицу испытаний с последующим расчетом напора на каждом режиме

По двум параметрам: подаче и напору, строим характеристику «напор-подача» насоса. Готовая характеристика представляет собой среднее значение напоров для различных подач. Замеренные значения напоров могут лежать над или под кривой. Обработка результатов испытаний проводится по известному математическому методу наименьших квадратов.

Полученная характеристика «напор-подача» центробежного насоса относится к типу мягких характеристик, когда значительному изменению подачи соответствует относительно малое изменение напора.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ  
имени адмирала С.О. Макарова»  
Учебный городок 3



## Протокол испытаний центробежного насоса

| Величины                                  | Обозначение/<br>формула                 | Размерность       | Режимы работы |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|---------------|--|--|--|--|--|
|                                           |                                         |                   |               |  |  |  |  |  |
| Подача в систему                          | $Q$                                     | м <sup>3</sup> /ч |               |  |  |  |  |  |
| Давление нагнетания                       | $p_n$                                   | МПа               |               |  |  |  |  |  |
| Поправка к давлению нагнетания            | $\Delta p_n$                            | МПа               |               |  |  |  |  |  |
| Исправленное значение давления нагнетания | $p_{ни} = p_n - \Delta p_n$             | МПа               |               |  |  |  |  |  |
| Давление всасывания                       | $p_{вс}$                                | МПа               |               |  |  |  |  |  |
| Поправка к давлению всасывания            | $\Delta p_{вс}$                         | МПа               |               |  |  |  |  |  |
| Исправленное значение давления всасывания | $p_{всн} = p_{н.и} \pm \Delta p_{вс.и}$ | МПа               |               |  |  |  |  |  |
| Давление, создаваемое насосом             | $p = p_{ни} \pm p_{всн}$                | МПа               |               |  |  |  |  |  |
| Напор насоса                              | $H = \frac{P}{\rho g}$                  | м вод.ст.         |               |  |  |  |  |  |

### Оформление отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- формулировку цели работы;
- схему лабораторной насосной установки, выполненную в соответствии с ГОСТ условных обозначений в трубопроводной системе;
- описание последовательности выполнения работы;
- протокол испытаний;
- сопутствующие расчеты;
- готовую характеристику «напор-подача» центробежного насоса, выполненную на миллиметровке;
- выводы о выполненной работе.

Проанализировать вид характеристики «напор-подача» центробежного насоса, указать типы насосов, работающих по данной характеристике, и перечислить их.