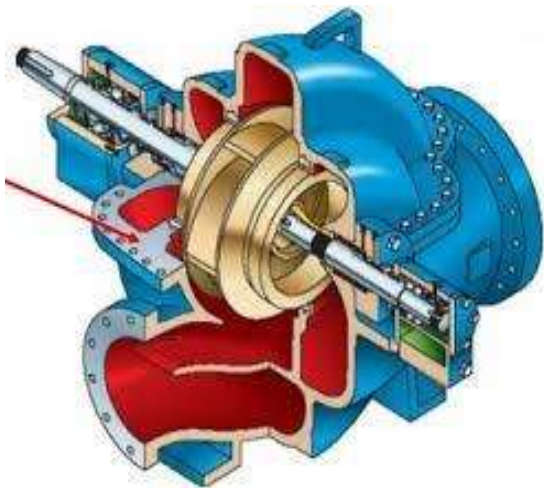


А.А. БОГАТЫЙ, Л.В. СВИТАЙЛО, В.В. ШЕВЧЕНКО

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

Инженерно-технологический институт

Богатый Александр Афанасьевич

Свитайло Любовь Витальевна

Шевченко Владимир Викторович

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Лабораторный практикум

для обучающихся по направлению подготовки

20.03.02 Природообустройство и водопользование

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Уссурийск 2018

УДК 621.65+628.12
ББК 31.56
Б – 732

Рецензент: И.И. Бородин, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой инженерного обеспечения предприятий АПК,

А.А. Богатый, канд. биол. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения

Л.В. Свитайло, канд. биол. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения

В.В. Шевченко, зав. лаб. кафедры водоснабжения и водоотведения

Насосные станции водоснабжения и водоотведения: лабораторный практикум для обучающихся по направлению подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование ФГБОУ ВО Приморская ГСХА /А.А. Богатый; Л.В. Свитайло; В.В. Шевченко; ФГБОУ ВО Приморская ГСХА. – Уссурийск, 2018. –114с.

В лабораторном практикуме рассматриваются устройство, принципы и методика испытания насосов. Особое внимание уделяется порядку выполнения лабораторных работ и обработке полученных данных в результате проведенных испытаний. Лабораторные работы выполняются на уникальных установках производственного назначения.

Лабораторный практикум состоит из теоретической части, 12 лабораторных работ и 4 приложений.

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

© А.А. Богатый, 2018

© Л.В. Свитайло, 2018

© В.В. Шевченко, 2018

© ФГБОУ ВО

Приморская ГСХА, 2018

Введение

В процессе обучения студент должен не просто получить определенный объем информации и дать « удачные» ответы на поставленные вопросы. Необходимо в обстановке творчества заставить человека думать, выносить собственные суждения и принимать решения в рамках учебного проекта.

Подача воды потребителям практически всегда осуществляется с помощью насосов и насосных станций. Рассредоточенность разнообразных знаний, технических нормативов, литературы и информации усложняет планомерную вузовскую подготовку

На учебной практике Вы познакомились с насосными станциями их оборудованием..

Приступая к лабораторным работам, необходимо прежде изучить теоретические аспекты темы, чтобы иметь представление об основных элементах работы.

Текст пояснительной записки, расчёты и схемы выполняются в отдельной тетради для лабораторных работ. Графики на миллиметровке. Общее оформление лабораторных работ должно отвечать требованиям стандарта.

В конце каждой лабораторной работы приводятся письменные ответы на контрольные вопросы и выводы.

Лабораторная работа 1

Конструкция и маркировка центробежных лопастных насосов типа К и Д



Рисунок 1.1 – Центробежные насосы, агрегаты, отдельные узлы и детали

Цель

Ознакомиться с конструкцией центробежных лопастных насосов

Задача

Изучить назначение и устройство центробежных насосов и насосных агрегатов, их маркировку, устройство отдельных узлов

Конструкция центробежных насосов

Консольные насосы типа К

Центробежные насосы консольного типа применяются при перекачивании чистой холодной воды в коммунальном и сельском хозяйстве, промышленности, на транспорте и пр.

Изготавливаются двух типов: К – с валом на отдельной опорной станине; КМ и ЕКМ – с удлинённым валом электродвигателя на который насажено рабочее колесо. В конструктивном отношении они представляют собой одноступенчатые насосы с односторонним всасыванием и горизонтальным исполнением. Выпускаются с различной производительностью – от 4,5 до 360 м³/ч при напорах от 9 до 90 м. Их КПД находится в пределах 50-84%; допустимый кавитационный запас 4-5,5м; коэффициент быстроходности $n_s=60-250$.

Консольные насосы (рисунок 1.2) состоят из корпуса 2, крышки корпуса 1, рабочего колеса 3, вала 7 и опорной стойки 8.

Рабочее колесо 3 с односторонним входом крепится на конце (консоли) вала 7 при помощи гайки и шпонки.

Подводящий канал насоса, выполненный в крышке корпуса 1, имеет вид прямоосного конфузора, обеспечивающего осевой вход жидкости на рабочее колесо. Вода, выброшенная из рабочего колеса, отводится по спиральному каналу (улитке) корпуса. Выход воды из напорного патрубка в напорный трубопровод расположен под углом 90° к оси подвода и может быть повернут на 90, 180 и 270°, в зависимости от крепления спирального корпуса шпильками к опорной стойке.

В опорной стойке при помощи распорной трубы и двух крышек закреплены шарикоподшипники 9 и 10, которые служат опорой для вала и фиксируют его расположение в осевом направлении таким образом, что колесо при вращении не касается корпуса. Смазка подшипников жидкая.

Высота стояния масла в ванне контролируется маслоуказателем.

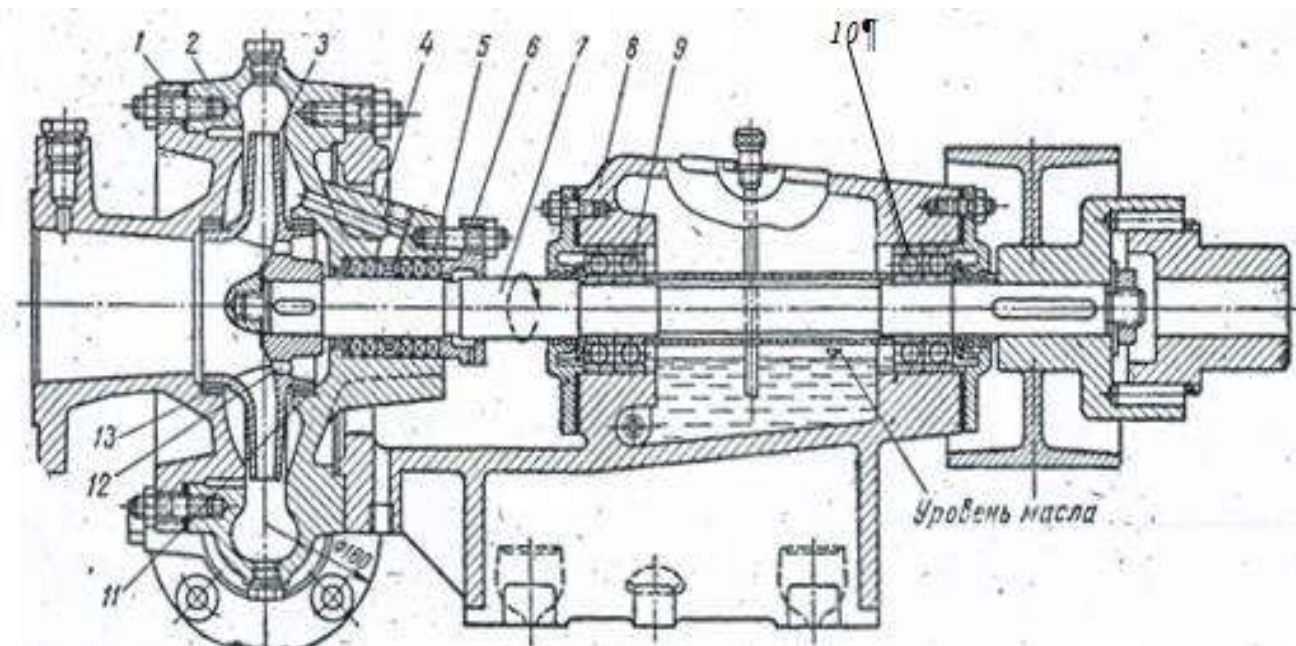


Рисунок 1.2 – Центробежный насос консольного типа:

1 – крышка корпуса; 2 – корпус; 3 – рабочее колесо; 4 – сальник;
5 – набивка; 6 – крышка сальника; 7 – вал; 8 – стойка; 9 и 10 – подшипники;
11 – задний диск; 12 – отверстия; 13 – уплотнение

Для уменьшения обратной (щелевой) утечки жидкости из отводящего канала во входное отверстие рабочего колеса (через пространство между передним его диском и стенкой корпуса) под влиянием разности давлений p_2 и p_1 применяется простейшая конструкция плоского кольцевого уплотнения у входа на рабочее колесо насоса 13.

Для разгрузки рабочего колеса от осевого давления с наружной стороны заднего диска 11 устраивают кольцевое уплотнение и разгрузочные отверстия 12 во втулке колеса.

При отсутствии разгрузочных отверстий в рабочем колесе небольших насосов добавочное уплотнение не применяется, и осевое давление воспринимается подшипниками.

С устройством кольцевых уплотнителей можно ознакомиться при рассмотрении деталей центробежных насосов.

Для плотного закрытия зазора между корпусом и валом (в месте его выхода наружу) устраивается сальниковое уплотнение, состоящее из корпуса сальника 4, крышки 6 и хлопчатобумажной набивки 5.

При наличии разгрузочных отверстий в рабочем колесе давление перед сальником понижается до величины, близкой к давлению со стороны всасывания p_1 ; поэтому для предотвращения подсоса воздуха через сальник в середине его набивки размещают кольцо гидравлического уплотнения, к которому подводится вода из напорной части корпуса. Подвод воды осуществляется по каналу в стенке корпуса или по особой наружной трубке.

Структура условного обозначения консольного насоса имеет вид: 1К80-50-200-с(т)УЗ.1: 1К-модернизированный консольный насос; 80 – диаметр входного патрубка, мм; 50 – диаметр выходного патрубка, мм; 200 – номинальный диаметр рабочего колеса, мм; уплотнение вала: (с) – сальниковое, (т) – торцевое; УЗ.1 – климатическое исполнение и категория размещения (приложение Б).

Насосы одноступенчатые с двухсторонним входом воды на колесо (Д).

Это центробежные, одноступенчатые с горизонтальным двусторонним подводом воды к рабочему колесу насоса. Корпус насоса чугунный.

Насосы типа Д по сравнению с насосами типов К и КМ имеют более высокие КПД. Они более удобные в эксплуатации благодаря наличию у них горизонтального разъёма.

Выпускаются с подачей $70\text{--}3600\text{ м}^3/\text{ч}$; напором $10\text{--}130\text{ м}$. Их КПД находится в пределах $73\text{--}88\%$; допустимый кавитационный запас $3\text{--}7,5\text{ м}$; коэффициент быстроходности $n^s = 60\text{--}190$.

Насос типа Д в разрезе представлен на рисунке 1.3. Он состоит из корпуса 1, крышки корпуса 8 и рабочего колеса 12. Колесо сидит на валу 3 между двумя защитными втулками 16 и закреплено шпонкой. Между двумя защитными втулками 16 и закреплено шпонкой.

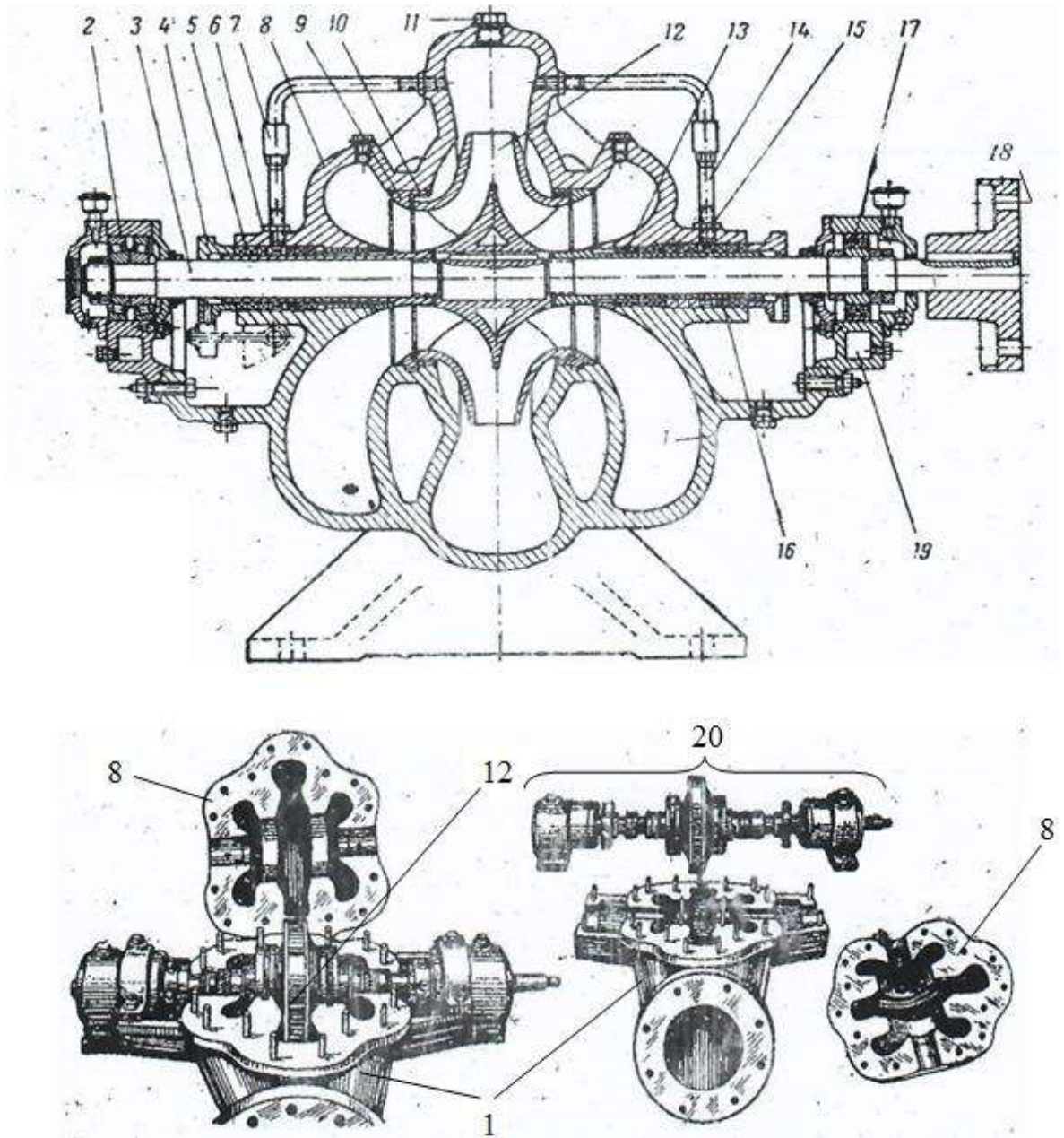


Рисунок 1.3 – Центробежный одноступенчатый насос с двухсторонним входом воды на колесо:

1 – корпус; 2 и 7 – подшипники; 3 – вал; 4 – крышка; 5 – набивка; 6 – уплотнение; 7 и 14 – трубки; 8 – крышка корпуса; 9 и 10 – кольца; 11 – пробка; 12 – рабочее колесо; 13 – грундбукса; 15 – отверстие; 16 – втулка; 18 – муфта; 19 – камера; 20 – ротор

Втулки защищают вал от износа и закрепляются на нём при помощи резьбы. Рабочее колесо – двухстороннего входа, поэтому в силу симметрии оно разгружено от осевых усилий. Небольшие осевые усилия, возникающие в процессе эксплуатации при неравномерном износе уплотнительных колец или по другим причинам, воспринимаются радиально-упорным подшипником, а у рассматриваемого насоса радиально - опорным шариковым подшипником.

Сальники состоят из корпуса, крышки 4, сальниковой набивки 5, кольца гидравлического уплотнения 6 и грундбуксы 13. Торцовая поверхность грундбуксы служит опорой для сальниковой набивки. Подтяжка сальника производится нажимной крышкой 4. Гидравлическое уплотнение осуществляется напорной водой, подводимой по трубкам 7 и 14 из отверстий 15 в крышке корпуса.

В качестве опор для вала на рисунке 1.3 показаны радиально-опорные подшипники 2 и 17, расположенные на кронштейнах корпуса 1. Смазка подшипников густая. У более крупных насосов типа Д применяются подшипники скользящего трения с жидкой кольцевой смазкой. Охлаждение подшипников водяное – через камеры 15. Вращение вала 3 – против часовой стрелки, если смотреть со стороны привода, при этом входной патрубок должен быть расположен с левой стороны.

Рабочие колеса насосов типа Д имеют лабиринтное уплотнение с одним зубом. Уплотняющий зазор выполнен между двумя уплотняющими кольцами 9 и 10, из которых одно неподвижное, закреплённое в корпусе, а другое подвижное, так как закреплено на рабочем колесе у входа.

Насосы типа Д в отличие от насосов типа К имеют полуспиральный подвод и спиральный отвод. Разъём корпуса горизонтально–продольный (рисунок 1.3), причём напорный и всасывающий трубопроводы подсоединяются к нижней части корпуса. Такая конструкция обеспечивает вскрытие, осмотр, ремонт, замену отдельных деталей или всего ротора 20 без демонтажа трубопроводов и электродвигателя. Для этого нужно только снять крышку насоса.

В верхней части крышки насоса имеется отверстие, закрытое пробкой 11. Это отверстие служит для присоединения трубки вакуум-насоса.

Структура условного обозначения насосов типа Д следующая: например– 1Д200-90УХЗ.1: 1–порядковый номер модернизации; Д–насос двустороннего входа; 200–подача насоса, м³/ч; 90–напор, м; УХЗ.1–климатическое исполнение и категория размещения.

Д2500-62а-Ст-2УХЛ4Э – Д–насос двустороннего входа; 2500–подача насоса, м³/ч; 62–напор, м; а–обозначение обточки рабочего колеса (а, б – уменьшенный диаметр); Ст–материал исполнения рабочего колеса (стальной) и уплотнительного кольца; 2–порядковый номер модернизации; УХЛ4–климатическое исполнение и категория размещения; Э–экспортное исполнение (приложение В).

Порядок выполнения работы:

Изучение конструкции насосов производится на натуральных образцах под руководством преподавателя, который объясняет назначение, принцип их работы. Устройство и название отдельных узлов и деталей насоса с частичной их разборкой со студентами.

После этого студенты самостоятельно изучают насос, собирают его. Делают детальное описание конструкции насосов типа К и Д. Вычерчивают схемы насосов и эскиз рабочего колеса. Оформляют письменные ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Как устроены и действуют консольные насосы?
2. Как маркируются консольные насосы?
3. Каково устройство и действие насосов типа Д?
4. Особенности маркировки насосов двустороннего входа?
5. Преимущество насосов двустороннего входа и их основные энергетические показатели?

Лабораторная работа 2

Выбор насосов по сводному полю Q — H и изучение их рабочих характеристик

Цель

Освоить принцип подбора насосов по каталогам и справочникам для их рационального применения и использования

Задача

1. Изучить методику анализа энергетических характеристик насосов
2. Уметь подбирать насосы по заданным параметрам

Основные теоретические положения

Подбор насосов производится с таким расчётом, чтобы обеспечивалась требуемая подача Q и напор H при наивысшем КПД насоса. Для этого проще пользоваться сводными полями Q - H (рисунок 2.1).

На этих графиках в координатах Q - H нанесены поля, ограничивающие область выгоднейшего применения по величине КПД, того или иного насоса.

Отклонение КПД насоса, выбранного для заданного режима работы, не должны превышать 5-10% от максимального его значения.

Поле насоса – (рекомендуемой областью применения) называется пространство ограниченное криволинейным четырёхугольником сторонами которого являются характеристики Q - H при номинальном размере рабочего колеса (верхняя) и при максимально допустимой срезке колеса (нижняя) стороны, и линиями соответствующим подачам в пределах рекомендуемых отклонений КПД (правая и левая).

Поэтому пересечение координат с искомыми Q и H в любой части (криволинейного четырёхугольника) поля будет означать приемлемость обозначенного на нём насоса

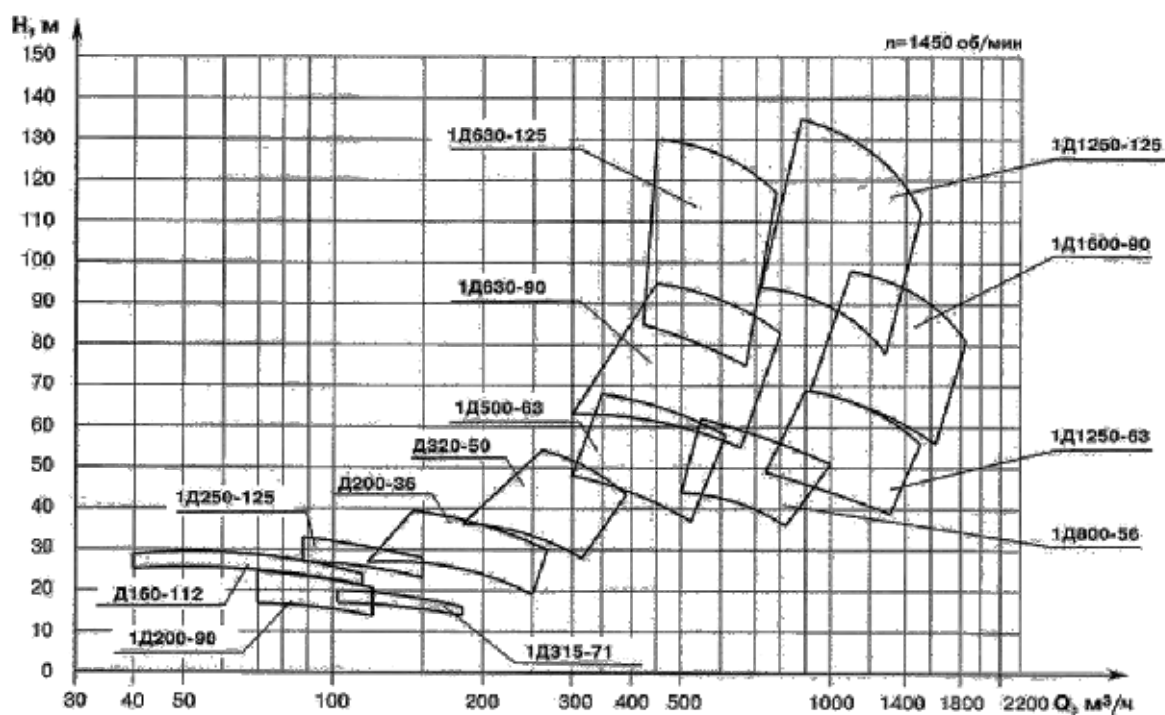
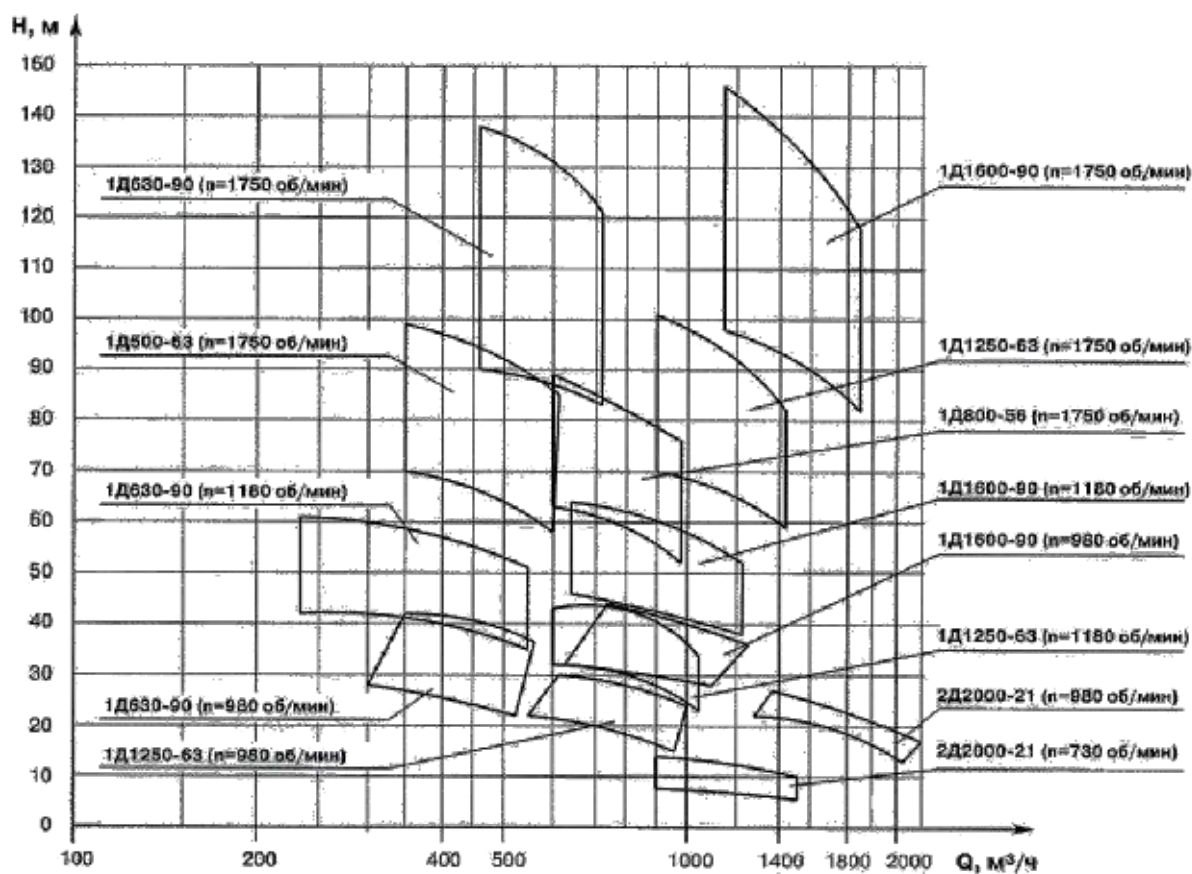


Рисунок 2.1 – Сводные поля Q-H насосов

Для сравнения лопастных насосов различных типов пользуются коэффициентом быстроходности n_s , объединяющим группы рабочих колёс по принципу их геометрического и кинематического подобия.

Форма характеристики Q-H зависит от коэффициента быстроходности n_s - чем больше коэффициент быстроходности, тем круче кривая Q-H. Коэффициент быстроходности определяется по формуле

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}, \quad (2.1)$$

где n – частота вращения, об/мин;

Q – оптимальная подача насоса по КПД, м³/с. (Для насоса двустороннего входа вместо Q следует принимать $Q/2$);

H – оптимальный напор насоса по КПД, м.

Независимо от типа или конструкции, насосы малой быстроходности ($n_s=50-80$) всегда используются при высоких напорах, а большой быстроходности ($n_s=400-1000$) при низких напорах. Исходя из этого рекомендуется возможность применения выбранного насоса.

Графическая характеристика насоса Q-H бывает стабильной или возрастающей.

Для стабильной характеристики устанавливается крутизна кривой Q-H по выражению

$$k = \frac{H_0 - H_x}{H_x} \cdot 100, \quad (2.2)$$

где H_0 – напор насоса при закрытой задвижке, м;

H_x – напор насоса при максимальном КПД, м.

Пологая характеристика имеет крутизну $8 \div 12$, крутопадающая – $25 \div 30\%$.

При выборе насосов по заданным Q-H иногда сталкиваются с отсутствием необходимых насосов в каталогах.

Тогда пользуются уравнением кривой пропорциональности

$$H=K_1 \cdot Q^2, \quad 2.3$$

где K_1 –коэффициент, характеризующий кривую пропорциональности.

В это уравнение подставляются заданные Q-H и находится коэффициент K_1 . Затем, задаваясь разными подачами Q, по этому же уравнению, определяются соответствующие им напоры H. Величина K_1 при подсчётах принимается одинаковой и равной найденному значению (таблица 2.2)

Таблица 2.2 – Координаты кривой пропорциональности

K_1						
Q						
Q^2						
H						

На одном графике строятся кривая пропорциональности и несколько кривых Q-H различных насосов (рисунок 2.2)

В результате кривая $H=K_1Q^2$ пройдёт через точку с заданными Q и H, и пересечёт несколько характеристик Q-H разных насосов.

Пользуясь уравнением пропорциональности $\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}$, устанавливается с какой частотой вращения тот или иной насос лучше всего может обеспечить требуемую подачу и напор.

Результаты расчётов и анализа заносятся в таблицу 2.1.

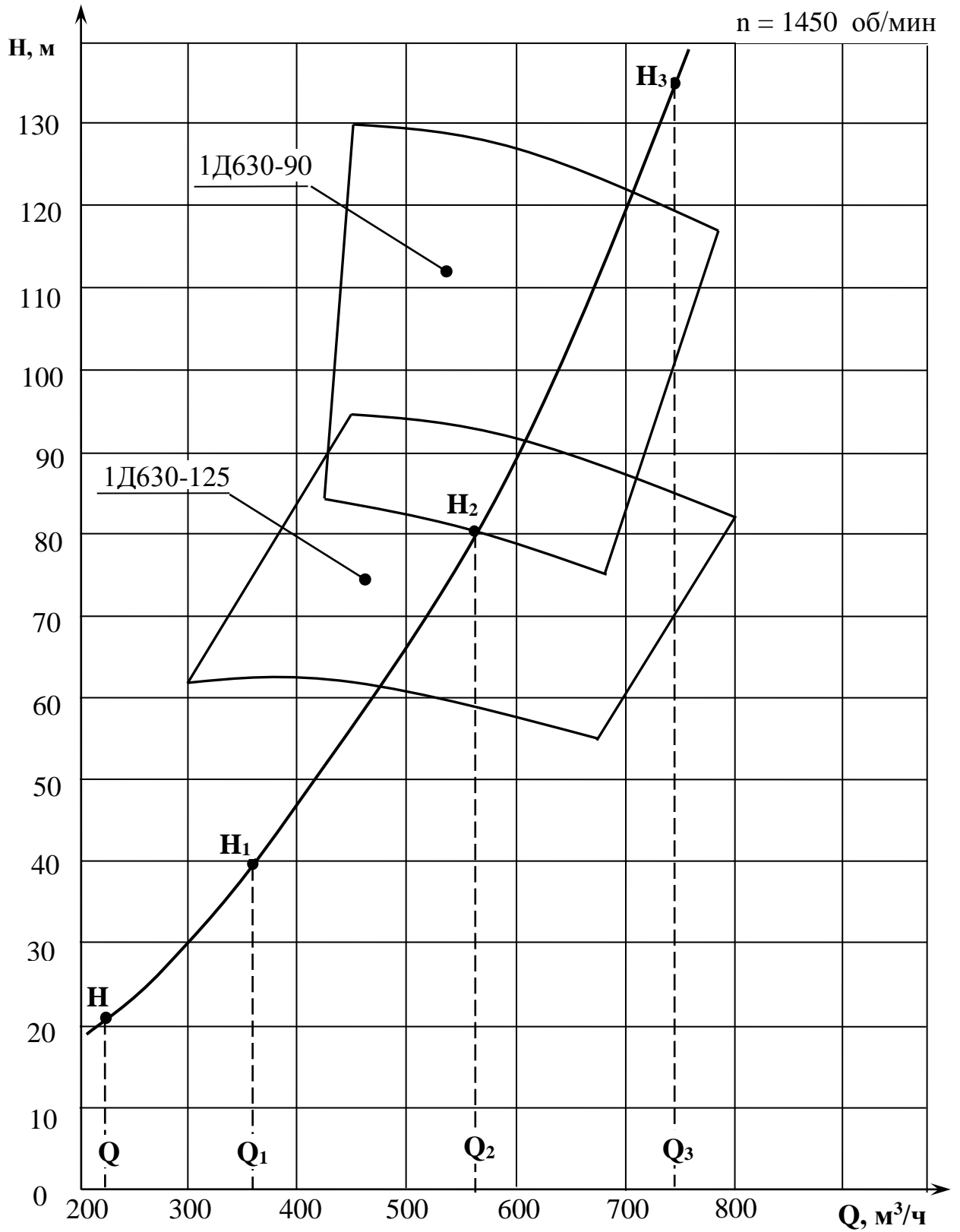


Рисунок 2.2 – Выбор насосов с использованием кривой пропорциональности

Необходимые расчёты, графические построения, пояснения к ним и выводы выполняются в тетради для лабораторных работ. Даются письменные ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что называется полем насоса?
2. Что называется оптимальной режимной точкой?
3. Что понимается под областью неустойчивой работы насоса?
4. Что такое помпаж и к чему он приводит?
5. При каких условиях обеспечивается устойчивая работа насоса с возрастающей характеристикой Q-H?
6. В каких системах рекомендуется применять насосы с пологой характеристикой?
7. В каких системах рекомендуется применять насосы с крутопадающей характеристикой?
8. В чём универсальность коэффициента быстроходности n_s ?

Лабораторная работа 3

Исследование условий всасывания центробежного насоса К 20/30 У2

Цель

Уяснить физический смысл и взаимосвязь высот всасывания насоса

Задача

Исследовать работу всасывающей линии насосной установки и построить зависимости: $h_{гвв} = f(Q)$; $h_{вак} = f(Q)$; $h_{вт} = f(Q)$; $\Delta h = f(Q)$; $H_{вп} = f(Q)$;
 $\xi_{сист} = f(Q)$



Рисунок 3.1 – Установка для исследования условий всасывания центробежного насоса К 20/30 У2

Основные теоретические положения

Геометрической высотой всасывания $h_{гвв}$ называется расстояние от горизонта воды источника до оси рабочего колеса центробежного насоса. Она положительна, если ось насоса расположена выше уровня воды в приемном резервуаре, отрицательна - если ниже

Геометрическая высота всасывания определяется по вакуумметру при закрытой задвижке на напорной линии (подача насоса $Q = 0$).

Прибор измеряет величину вакуума в кгс/см². Для ее перевода в метры водяного столба пользуются зависимостью

$$h_{ГВВ} = B \cdot 10, \quad (3.1)$$

где B – показания вакуумметра, кгс/см².

Вакуумметрической высотой всасывания $h_{\text{вак}}$ называется сумма приведенной высоты всасывания и скоростного напора во всасывающем трубопроводе

$$h_{\text{вак}} = H_{\text{пв}} + \frac{v_{\text{вт}}^2}{2g}, \quad (3.2)$$

где $v_{\text{вт}}$ – скорость во всасывающем трубопроводе, м/с.

Определяется $h_{\text{вак}}$ по показанию вакуумметра B (мановакуумметра $МВ$) на всасывающей линии насоса. Его показания переводятся в метры.

$$h_{\text{вак}} = B \cdot 10. \quad (3.3)$$

Величина потерь на гидравлические сопротивления $h_{\text{вт}}$ во всасывающем трубопроводе насоса

$$h_{\text{вт}} = H_{\text{пв}} - h_{\text{ГВВ}}. \quad (3.4)$$

Приведенной высотой всасывания $H_{\text{пв}}$ называется сумма геометрической высоты всасывания и потерь на гидравлические сопротивления во всасывающем трубопроводе насоса

$$H_{\text{пв}} = h_{\text{ГВВ}} + h_{\text{вт}}. \quad (3.5)$$

Приведённая высота всасывания равна

$$H_{пв} = h_{\text{вак}} - \frac{v_{\text{вт}}^2}{2g}, \quad (3.6)$$

где $\frac{v_{\text{вт}}^2}{2g}$ — скоростной напор во всасывающем трубопроводе, м.

Скорость во всасывающем трубопроводе $v_{\text{вт}}$ определяется по формуле

$$v_{\text{вт}} = \frac{Q}{F_{\text{вт}}} \quad (3.7)$$

где Q — подача насоса, м³/с. Снимается с тарировочной кривой (рисунок 3.3);

$F_{\text{вт}}$ — площадь поперечного сечения всасывающего трубопровода, м²,

$$F_{\text{вт}} = 0,785 \cdot d_{\text{вт}}^2$$

$d_{\text{вт}}$ — диаметр поперечного сечения всасывающего трубопровода, м.

Кавитационным запасом Δh называется превышение суммы статического напора, приведённого к точке замера давления перед насосом и кинетического напора потока, над напором насыщенных паров рабочей жидкости во всасывающем трубопроводе перед насосом.

$$\Delta h = \frac{P_a - P_{\text{пж}}}{\gamma} + \frac{v_{\text{вт}}^2}{2g} - h_{\text{вак}}, \quad (3.8)$$

где $\frac{P_a}{\gamma}$ — атмосферное давление, выраженное в метрах столба перекачиваемой жидкости (при нормальном давлении для воды — 10 метров);

$\frac{P_{\text{пж}}}{\gamma}$ — давление упругих паров перекачиваемой жидкости, м (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Значения упругости воды

Температура воды, t° С	5	10	20	30	40	50	60	70	80
Упругость паров воды, м.в.с.	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	2,02	3,17	4,82

Коэффициент сопротивления всасывающей линии определяется по выражению

$$\xi_{\text{вТ}} = \frac{h_{\text{вТ}}}{\frac{v_{\text{вТ}}^2}{2g}}. \quad (3.9)$$

Порядок выполнения работы

Работа выполняется на лабораторной установке (рисунок 3.1), схема которой приведена на рисунке 3.2.

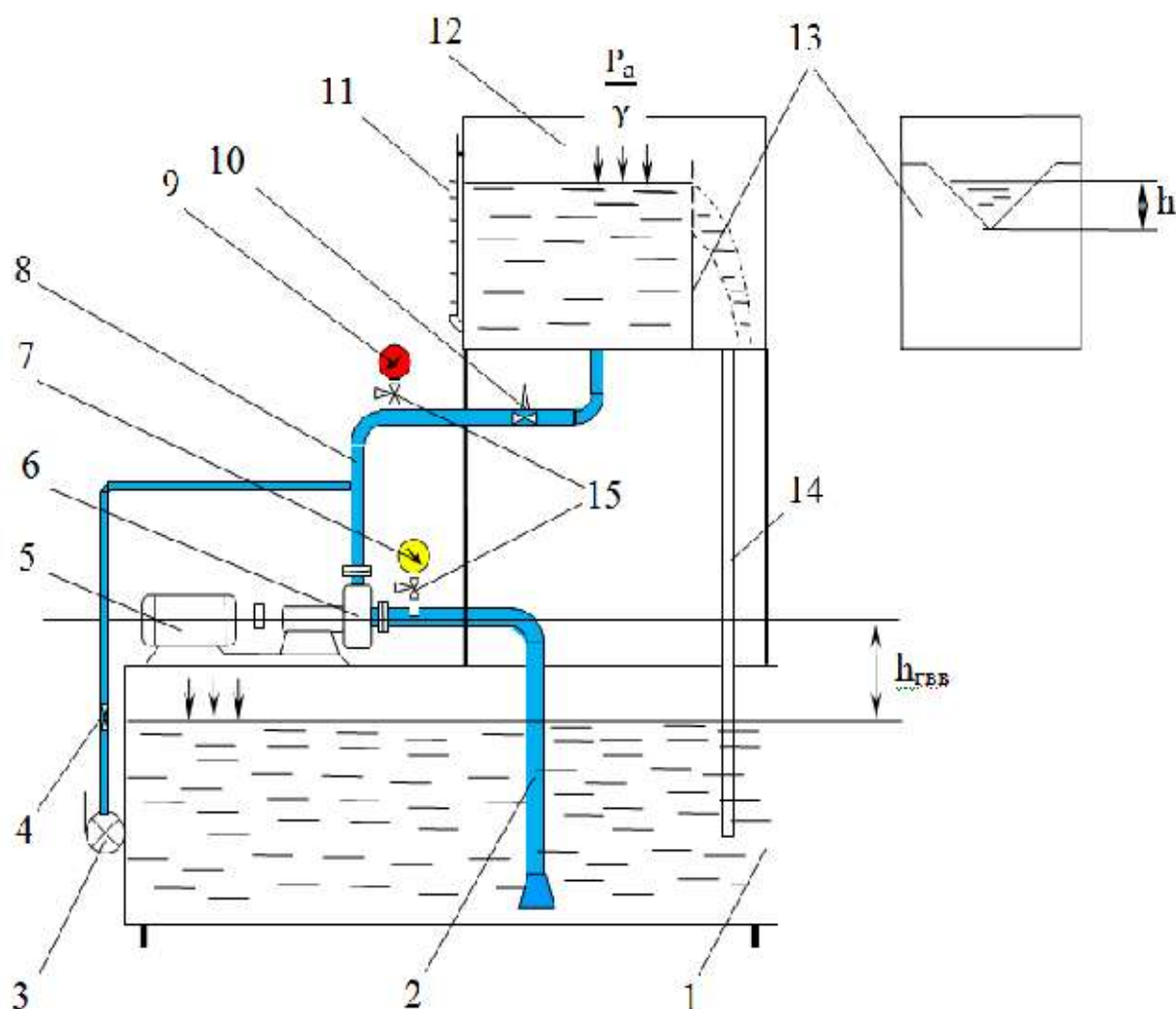


Рисунок 3.2 – Схема лабораторной установки для исследования условий всасывания центробежного насоса К 20/30 У2:

1 – приемный резервуар; 2 – всасывающий трубопровод с обратным клапаном; 3 – ручной насос; 4 – кран; 5 – электродвигатель; 6 – насос; 7 – вакуумметр; 8 – напорный трубопровод; 9 – манометр; 10 – электродвигатель; 11 – уровнемер; 12 – напорный резервуар; 13 – треугольный водослив; 14 – сбросная труба; 15 – трехходовой кран

Заполняется водой основной насос 6 и всасывающий трубопровод 2 ручным насосом 3 при открытом кране 4 до тех пор, пока не появится вода из трехходового крана 15 у манометра 9. После этого кран 4 закрывается и включается в работу основной насос. Электродвигатель 10 на напорном трубопроводе 8 должна быть закрыта. Снимаются показания вакуумметра 7 и записываются в таблицу 3.2.

Приоткрывается электродвигатель, при этом показания вакуумметра не должны изменяться более чем на $0,02 \text{ кгс/см}^2$. Снимаются показания вакуумметра; уровня воды над водосливом 13. Данные записываются в таблицу 3.2.

Данные действия выполняются 8 – 10 раз, до полного открытия электродвигателя.

По окончании опытов отключается электронасос и сбрасывается вода из напорного резервуара.

Таблица 3.2 – Результаты измерений

Показания	Ед. изм.	Номер опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Вакуумметра В	кгс/см ²								
Уровень воды над водосливом	м								

Таблица 3.3 – Постоянные величины

Отметка гребня водослива		м	
Диаметр всасывающего трубопровода	$d_{вТ}$	м	
Площадь поперечного сечения всасывающего трубопровода	$F_{вТ}$	м ²	

Подача насоса $Q_{оп}$ определяется по графику (рисунок 3.3).

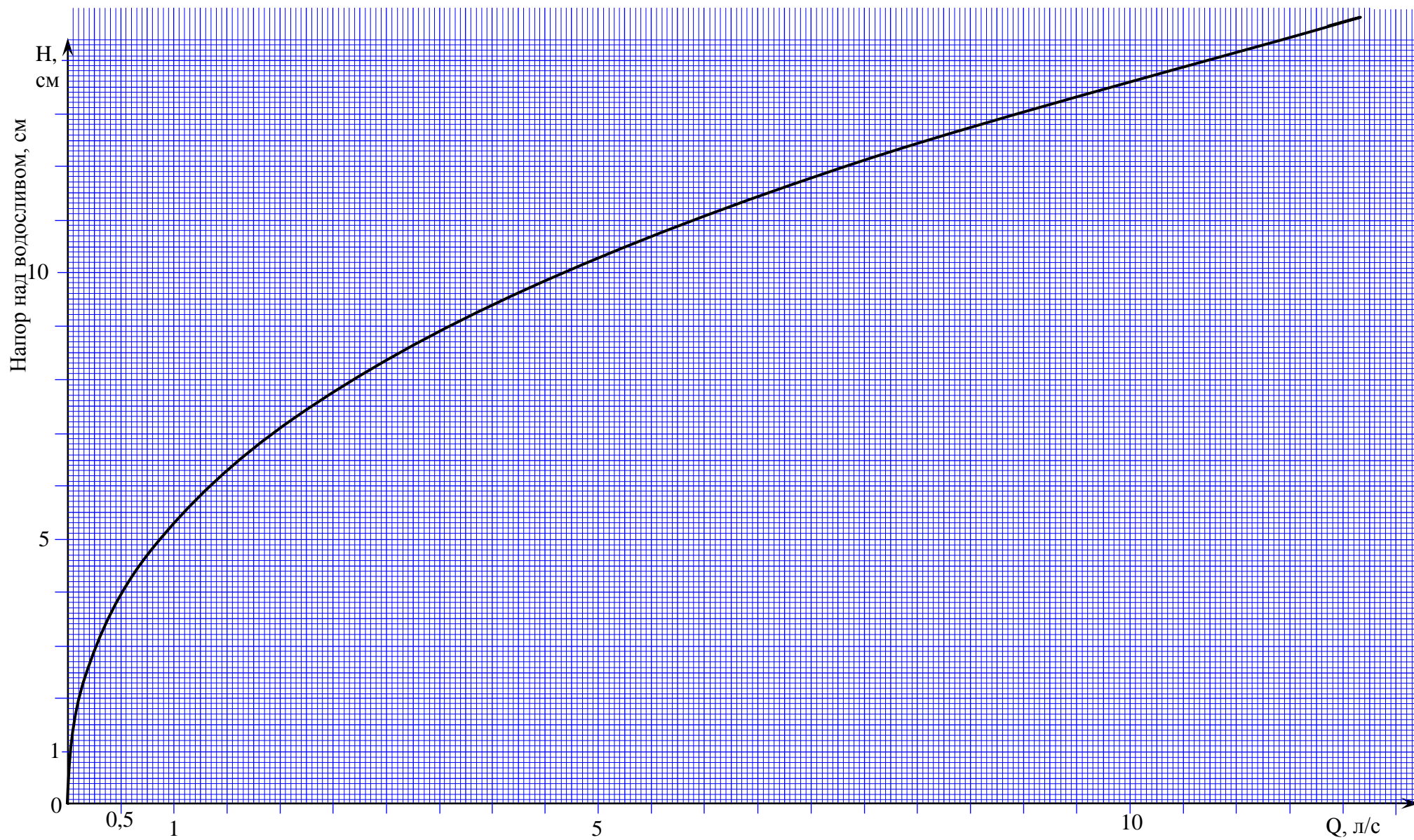


Рисунок 3.3 – Тарировочная кривая треугольного водослива

По результатам обработки опытных данных строятся графики (рисунок 3.4.)

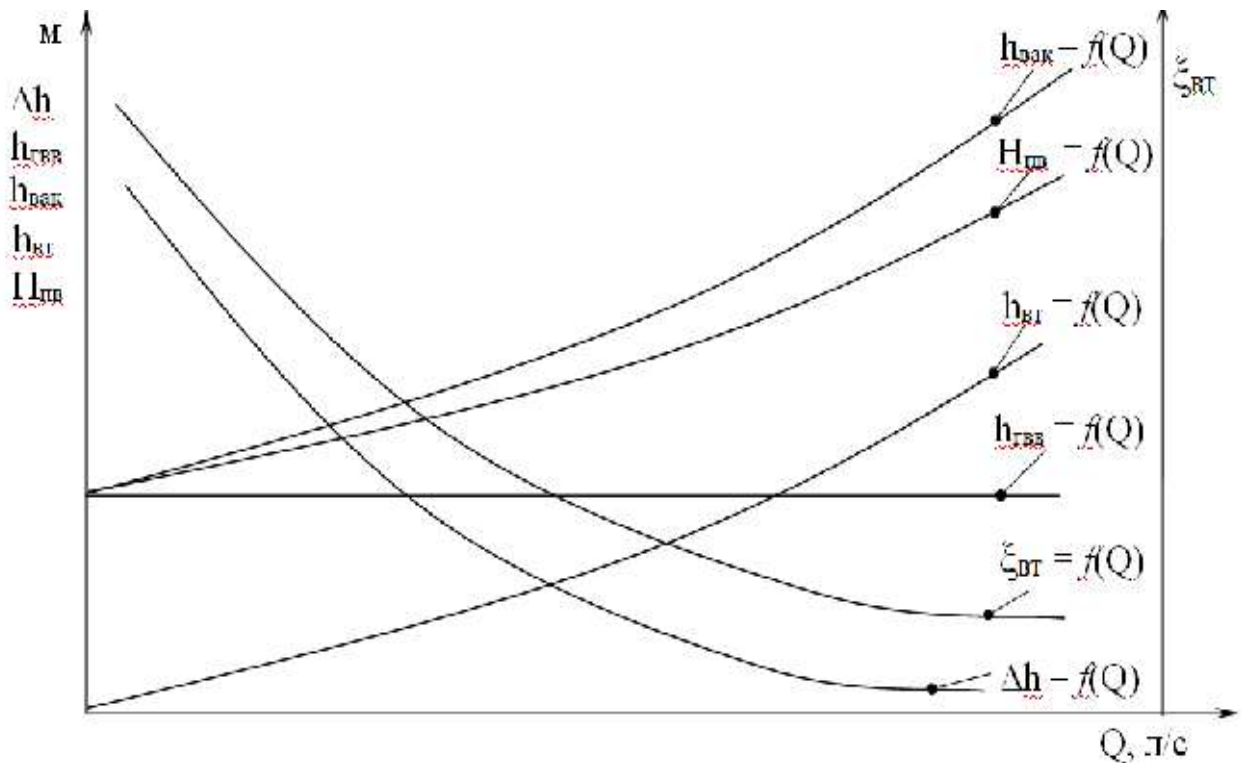


Рисунок 3.4 – Примерные графики, построенные по результатам обработки опытных данных

Контрольные вопросы

1. Какой порядок выполнения работы?
2. Что необходимо выполнить перед пуском основного насоса?
3. Что понимается под геометрической высотой всасывания?
4. Что понимается под вакуумметрической высотой всасывания?
5. Чем отличается приведённая высота всасывания от геометрической?
6. Что понимается под кавитационным запасом?
7. Как меняются исследованные параметры при изменении расходов воды через всасывающую линию насоса?

Лабораторная работа 4

Параметрические испытания центробежного насоса К 20/30 У2

Цель

Построить рабочие характеристики насоса

Задача

Выявить зависимости напора H , мощности P , и КПД насоса от расхода Q при постоянной частоте вращения рабочего колеса $n = const$ по опытным данным

Основные теоретические положения

Основными параметрами насосов являются: подача, напор, мощность и коэффициент полезного действия.

Подача насоса (Q) – объем жидкости, подаваемой насосом в напорный трубопровод в единицу времени. Выражается в $\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{м}^3/\text{с}$, л/с.

$$1 \text{ м}^3/\text{ч} = 1000 \text{ л/ч}; 3,6 \text{ м}^3/\text{ч} = 1 \text{ л/с}$$

Напор (H) – приращение удельной энергии перекачиваемой жидкости на участке от входа в насос до выхода из него или разность между удельными энергиями жидкости на выходе и входе в насос.

Напор (давление) выражается в метрах водяного столба (м.в.с.), атмосферах (атм), барах (бар), килограмм-сила на квадратный сантиметр ($\text{кгс}/\text{см}^2$) или мегапаскалях (МПа).

$$10 \text{ м.в.с.} = 1 \text{ кгс}/\text{см}^2 (1 \text{ техническая атм}) \approx 1 \text{ атм} \approx 1 \text{ бар} \approx 0,1 \text{ МПа}$$

$$1 \text{ бар} = 100000 \text{ Па} (0,1 \text{ МПа}) \approx 10,2 \text{ м}$$

$$1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па} = 1,01325 \text{ бар}$$

Напор насоса представляет собой сумму геометрической высоты подъема и гидравлических потерь, возникающих при движении

перекачиваемой жидкости по системе всасывающего и напорного трубопровода от нижнего уровня воды до верхнего.

Геометрическая высота подъема представляет собой разницу отметок верхнего и нижнего уровней воды.. Суммарные гидравлические потери для заданной подачи насоса определяются расчетом с учетом конструктивных особенностей: (диаметр, протяженность, материал, оборудование и других) всасывающего и напорного трубопроводов.

Полный напор насоса определяется по формуле

$$H = H_{\Gamma} + h_{\text{вс}} + h_{\text{нап}}, \quad (4.1)$$

где H – напор насоса, м;

H_{Γ} – геометрическая высота подъема, м;

$h_{\text{вс}}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе, м;

$h_{\text{нап}}$ – потери напора в напорном трубопроводе, м.

Геометрическая высота подъема насоса складывается из геометрической высоты всасывания ($h_{\text{ГВВ}}$) и геометрической высоты нагнетания ($h_{\text{ГН}}$).

$h_{\text{ГВВ}}$ – разность отметок уровня воды в приёмном резервуаре и оси рабочего колеса.

$h_{\text{ГН}}$ – разность отметок воды в напорном резервуаре и оси рабочего колеса.

Соотношение между полезной гидравлической энергией и подведенной механической энергией определяется коэффициентом полезного действия (КПД), который характеризует совершенство насоса.

Полезная мощность насоса ($P_{\text{п}}$) равна

$$P_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H, \quad (4.2)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³;

Q – подача насоса, м³/с;

H – напор насоса, м;

Потребляемая мощность (P) больше полезной мощности на величину всех потерь мощности в насосе. Эти потери оцениваются полным КПД насоса (η), который равен отношению полезной мощности насоса к потребляемой:

$$\eta = \frac{P_{\text{п}}}{P} . \quad (4.3)$$

Потребляемая насосом мощность будет равна

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta} . \quad (4.4)$$

Порядок выполнения работы:

Работа выполняется на лабораторной установке (рисунок 3.1), схема которой приведена на рисунке 4.1.

Заполняется водой основной насос 8 и всасывающий трубопровод 2 ручным насосом 3 при открытом кране 4 до тех пор, пока не появится вода из трехходового крана 17 у манометра 11. После этого кран 4 закрывается и включается в работу основной насос. Электродвигатель 12 на напорном трубопроводе 10 должна быть закрыта. Снимаются показания вакуумметра 9, манометра 11, тахометра 5, киловаттметра 6 и записываются в таблицу 4.1.

Приоткрывается электродвигатель, при этом показания вакуумметра не должны изменяться более чем на $0,02 \text{ кгс/см}^2$. Снимаются показания вакуумметра, манометра, тахометра, киловаттметра, уровня воды над порогом водослива 15. Данные записываются в таблицу 4.1.

Данные действия выполняются 8 – 10 раз, до полного открытия электродвигателя.

По окончании опытов отключается электронасос и сбрасывается вода из напорного резервуара.

Таблица 4.1– Результаты измерений

Показания	Ед. изм.	Номер опытов								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Вакуумметра	В	кгс/см ²								
Манометра	М	кгс/см ²								
Киловаттметра		Усл.ед.								
Тахометра	n	об/мин								
Уровня воды над водосливом		м								

Таблица 4.2–Постоянные величины

Отметка гребня водослива		м	
Диаметр всасывающего трубопровода	$d_{вт}$	м	
Площадь всасывающего трубопровода	$F_{вт}$	м ²	
Диаметр нагнетательного трубопровода	$d_{нт}$	м	
Площадь нагнетательного трубопровода	$F_{нт}$	м ²	
КПД двигателя	$\eta_{дв}$	%	
Коэффициент передачи мощности двигателя	$\cos \varphi$		
Расстояние между точками замера вакуума вакуумметром и давления манометром	z	м	

Обработка опытных данных

Пересчёт параметров Q , H , P на постоянное число оборотов осуществляется на основании закона динамического подобия

$$i_n = \frac{n}{n_{оп}} = \frac{Q}{Q_{оп}} = \sqrt{\frac{H}{H_{оп}}} = \sqrt[3]{\frac{P}{P_{оп}}}, \quad (4.5)$$

где i_n – коэффициент динамического подобия;

n – постоянная частота вращения, для которой строятся параметры;

Q , H , P – подача, напор, мощность при $n = \text{const}$;

$n_{оп}$, $Q_{оп}$, $H_{оп}$, $P_{оп}$ – частота вращения, подача, напор, мощность при проведении опытов.

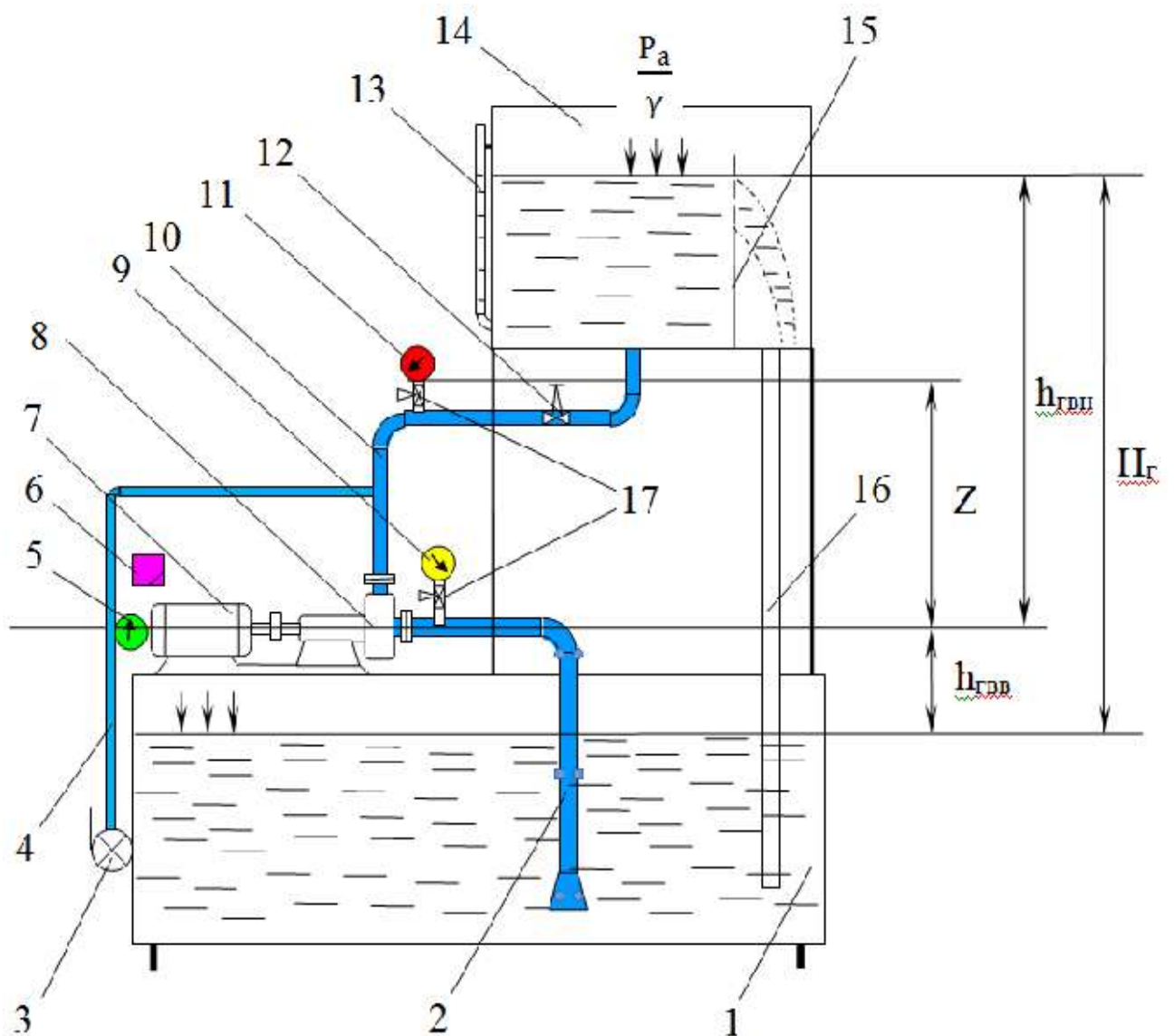


Рисунок 4.1–Схема лабораторной установки для параметрических испытаний центробежного насоса К 20/30 У2:

1 – приемный резервуар; 2 – всасывающий трубопровод с обратным клапаном; 3 – ручной насос; 4 – кран; 5 – тахометр; 6 – киловаттметр; 7 – электродвигатель; 8 – насос; 9 – вакуумметр; 10 – напорный трубопровод; 11 – манометр; 12 – электрозадвижка; 13 – уровнемер; 14 – напорный резервуар; 15 – треугольный водослив; 16 – сбросная труба; 17 – трехходовой кран

Напор насоса H определяется по показаниям вакуумметра и манометра

$$H = h_{\text{вак}} + h_{\text{ман}} + z + \frac{v_{\text{нт}}^2 - v_{\text{вт}}^2}{2g}, \quad (4.6)$$

где $h_{\text{вак}} = B \cdot 10$ – приведенные показания вакуумметра, м;

B – показания вакуумметра, кгс/см²;

$h_{\text{ман}} = M \cdot 10$ – приведенные показания манометра, м;

M – показания манометра, кгс/см²;

z – расстояние между точками замера вакуума вакуумметром и давления манометром, м;

$v_{\text{нт}}$ – скорость в нагнетательном трубопроводе, м/с;

$v_{\text{вт}}$ – скорость во всасывающем трубопроводе, м/с.

Подача насоса $Q_{\text{оп}}$ определяется по графику (рисунок 3.3).

Потребляемая насосом мощность $P_{\text{оп}}$ определяется по формуле

$$P_{\text{оп}} = KW \cdot 0,1 \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \cos \varphi, \quad (4.7)$$

где KW – показания киловаттметра в условных единицах;

0,1 – переводной коэффициент;

$\eta_{\text{дв}}$ – КПД электродвигателя;

$\cos \varphi$ – коэффициент передачи мощности двигателя.

Коэффициент полезного действия насоса при $n = \text{const}$ определяется по формуле

$$\eta = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H}{P} \cdot 100. \quad (4.8)$$

Результаты обработки заносятся в таблицу 4.3

Таблица 4.3–Результаты обработки опытных данных

Наименование величин	Ед. изм.	Номер опытов							
		1	2	3	3	5	6	7	8
Напор над водосливом	м								
Подача насоса $Q_{оп}$	м ³ /с								
Коэффициент динамического подобия $i_{п}$									
Подача насоса при $n = const$	м ³ /с								
Вакуумметрическая высота всасывания $h_{вак}$	м								
Скорость во всасывающем трубопроводе $v_{вт}$	м/с								
Скоростной напор во всасывающем трубопроводе $\frac{v_{вт}^2}{2g}$	м								
Манометрическая высота нагнетания $h_{ман}$	м								
Скорость в нагнетательном трубопроводе $v_{нт}$	м/с								
Скоростной напор в нагнетательном трубопроводе $\frac{v_{нт}^2}{2g}$	м								
Напор насоса $H_{оп}$	м								
Коэффициент динамического подобия $i_{п}^2$									
Напор насоса при $n = const$	м								
Мощность насоса $P_{оп}$	кВт								
Коэффициент динамического подобия $i_{п}^3$									
Мощность на валу насоса при $n = const$	кВт								
К.П.Д. насоса η	%								

По результатам обработки данных на миллиметровке строятся графики опытных энергетических характеристик $H_{оп}-Q$, $P_{оп} - Q$ и $\eta - Q$ при $n = const$ (рисунок 4.2).

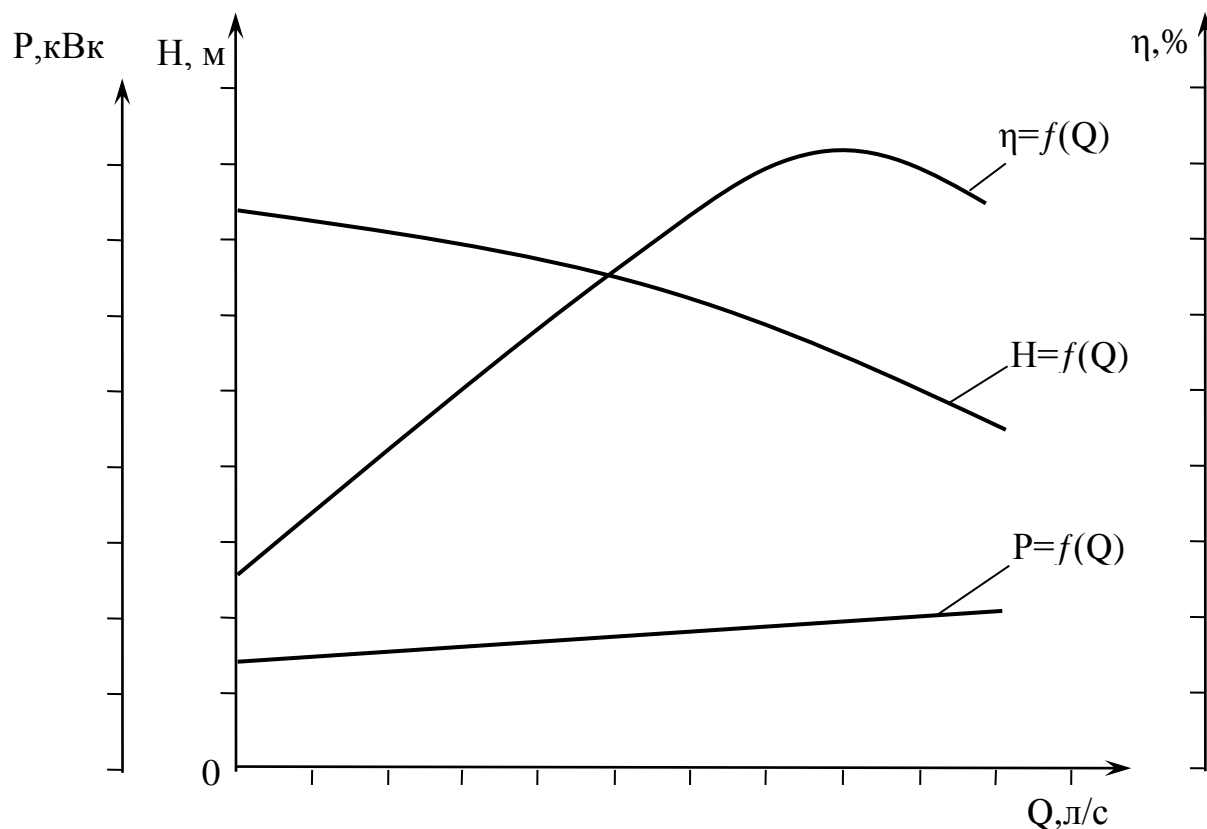


Рисунок 4.2– Графики опытных энергетических характеристик

Контрольные вопросы

1. Назовите технические показатели испытываемого насоса.
2. Что такое подача насоса и как она определяется при испытаниях?
3. Что такое напор насоса и как его определить по показаниям приборов?
4. Что такое потребляемая и полезная мощность насоса?
5. Что такое КПД насоса? Какие потери учитывает КПД насоса?
6. Что называется энергетической характеристикой насоса?
7. Показания каких приборов необходимы для определения потребляемой и полезной мощности насоса?
8. Как изменяются подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения рабочего колеса?

Лабораторная работа 5

Параллельная работа двух одинаковых центробежных насосов К 8/18-У2



Рисунок 5.1 – Установка с одинаковыми центробежными насосами

Цель

Изучить условия параллельного включения одинаковых насосов в сеть

Задача

1. Провести испытания и построить энергетическую характеристику $Q-H$ центробежного насоса
2. Провести испытания и построить энергетическую характеристику $Q-H_{1+2}$ двух центробежных насосов, работающих параллельно на общий трубопровод

Основные теоретические положения

Параллельная работа насосов применяется, когда подача одного насоса не обеспечивает требуемый расход воды или водопотребление неравномерно в течение суток, что требует регулирования подачи в широком диапазоне.

Для параллельной работы чаще всего применяются насосы с одинаковыми характеристиками.

Компоновка установок при параллельной работе осуществляется симметрично и несимметрично.

Симметричная компоновка подразумевает, что насосы подключаются к напорному трубопроводу на близком расстоянии друг от друга. Следовательно, потери напора от каждого насоса до напорного водовода равны и насосы развивают одинаковые напоры.

При несимметричной – насосы устанавливаются на значительном расстоянии друг от друга (разные насосные станции) поэтому потери напора от каждого из насосов до присоединения к общему водоводу разные и напоры одинаковых насосов разные.

При симметричной компоновке и параллельной работе насосов суммарная рабочая характеристика получается сложением подач при одинаковом напоре.

Порядок выполнения работы

Испытания проводятся на установке (рисунок 5.1). Оба насоса установлены на одинаковой высоте от уровня воды в приёмном резервуаре. Запорно-регулирующая арматура позволяет быстро изменить режим их работы.

Схема лабораторной установки представлена на рисунке 5.2.

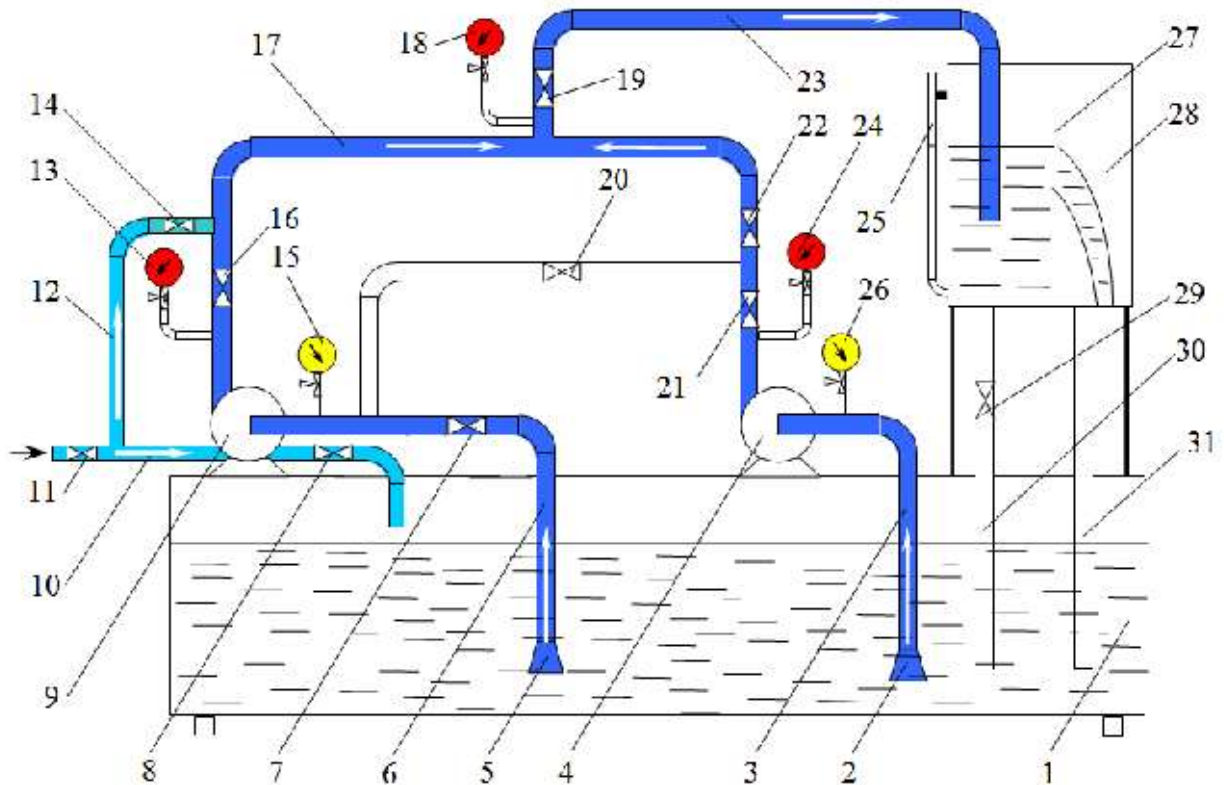


Рисунок 5.2–Схема работы параллельно работающих двух одинаковых насосов :

1 – приёмный резервуар; 2, 5 – обратный клапан; 3, 6 – всасывающий трубопровод; 4, 9 – насос К8/18-У2; 7, 8, 11, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 29 – запорно-регулирующая арматура; 10, 12 – трубопровод для заполнения бака и насосов; 13, 18, 24 - манометры; 15, 26 – мановакуумметры; 17, 23; - напорный трубопровод; 25 –уровнемер; 27 – треугольный водослив; 28 – напорный резервуар; 30, 31 – сбросные трубы

Перед началом работы заполняется приёмный резервуар и оба насоса водой путем открытия кранов 11, 8, 14 на трубопроводе 10, 12. Кран 20 закрыт. Краны 7, 16, 19, 22, 21 должны быть открыты. После заполнения водой приёмного резервуара и насосов, все краны перекрываются, кроме 7.

Приступают к первому этапу выполнения работы.

Включается в работу насос 9. Когда в нём повысится давление открывается кран 16 полностью. Регулирование подачи насоса ведется краном 19 – от нуля до максимальной. При этом снимаются показания мановакуумметра 15 и манометра 18, уровня воды над водосливом 27.

Выполняются 6 – 8 замеров при разных подачах. Результаты измерений заносятся в таблицу 5.1, а обработанные результаты в таблицу 5.3.

Таблица 5.1– Результаты измерений при работе одного насоса

Показания	Ед. изм.	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Мановакуумметра, 15 МВ	кгс/см ²								
Манометра 18, М	кгс/см ²								
Уровня воды над водосливом	м								

Расстояние между точками замера вакуума мановакуумметром и давления манометром $z = \underline{\hspace{2cm}}$, м;

Отметка гребня водослива $\underline{\hspace{2cm}}$, м.

После выполнения замеров переходят ко второму этапу.

Кран 19 медленно закрывается. Включается в работу второй насос. Краны 21 и 22 открываются полностью, когда повысится давление.

Регулирование работы установки осуществляется краном 19, при этом снимаются показания мановакуумметров 15, 26 и манометра 18, а также уровень воды над водосливом 27. Проводится 6 – 8 замеров при разных подачах – от нуля до максимальной.

Результаты измерений заносятся в таблицу 5.2.

Результаты обработки опытных данных сводятся в таблицу 5.4

Таблица 5.2–Результаты измерений при параллельной работе двух одинаковых насосов

Показания	Ед. изм.	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Мановакуумметра 15 МВ	кгс/см ²								
Мановакуумметра 26 МВ	кгс/см ²								
Манометра 18 М	кгс/см ²								
Уровня воды над водосливом	м								

$$d_{HT} = \text{_____ м}; d_{вст} = \text{_____ м}$$

Подача насоса Q определяется по тарировочной кривой треугольного водослива (рисунок 3.3).

Расчетные формулы

$$H = h_{\text{вак}} + h_{\text{ман}} + Z + \frac{v_{HT}^2 - v_{BT}^2}{2g}, \quad (5.1)$$

$$h_{\text{вак}} = MB \cdot 10, \quad (5.2)$$

$$h_{\text{ман}} = M \cdot 10, \quad (5.3)$$

$$F_{BT} = 0,785 \cdot d_{BT}^2, \quad (5.4)$$

$$F_{HT} = 0,785 \cdot d_{HT}^2, \quad (5.5)$$

$$v_{BT} = \frac{Q}{F_{BT}}, \quad (5.6)$$

$$v_{HT} = \frac{Q}{F_{HT}}. \quad (5.7)$$

При работе двух насосов при определении напора H, разница скоростных напоров не учитывается, так как $d_{HT} = d_{вст}$.

Таблица 5.3—Результаты обработки опытных данных при работе насоса К 8/18-У2

Наименование величин	Ед. изм.	Номер опытов							
		1	2	3	3	5	6	7	8
Напор над водосливом	м								
Подача насоса $Q_{оп}$	м ³ /с								
Вакуумметрическая высота всасывания $h_{вак}$	м								
Скорость во всасывающем трубопроводе $v_{вт}$	м/с								
Скоростной напор во всасывающем трубопроводе $\frac{v_{вт}^2}{2g}$	м								
Манометрическая высота нагнетания $h_{ман}$	м								
Скорость в нагнетательном трубопроводе $v_{нт}$	м/с								
Скоростной напор в нагнетательном трубопроводе $\frac{v_{нт}^2}{2g}$	м								
Напор насоса $H_{оп}$	м								

Таблица 5.4—Результаты обработки опытных данных при параллельной работе двух одинаковых насосов

Наименование величин	Ед. изм.	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Напор над водосливом	м								
Подача насосов Q_{1+2}	м ³ /с								
Вакуумметрическая высота всасывания $h_{вак}$	м								
Манометрическая высота нагнетания $h_{ман}$	м								
Напор насосов H_{1+2}	м								

По данным таблиц 5.3 на миллиметровке (рисунок 5.3) строятся характеристики $(Q-H)_{1,2}$ одного и суммарная $(Q-H)_{1+2}$ двух насосов при их параллельной работе.

По данным таблицы 5.4 строится общая характеристика $(Q-H)_{1+2}^1$ при параллельной работе двух насосов.

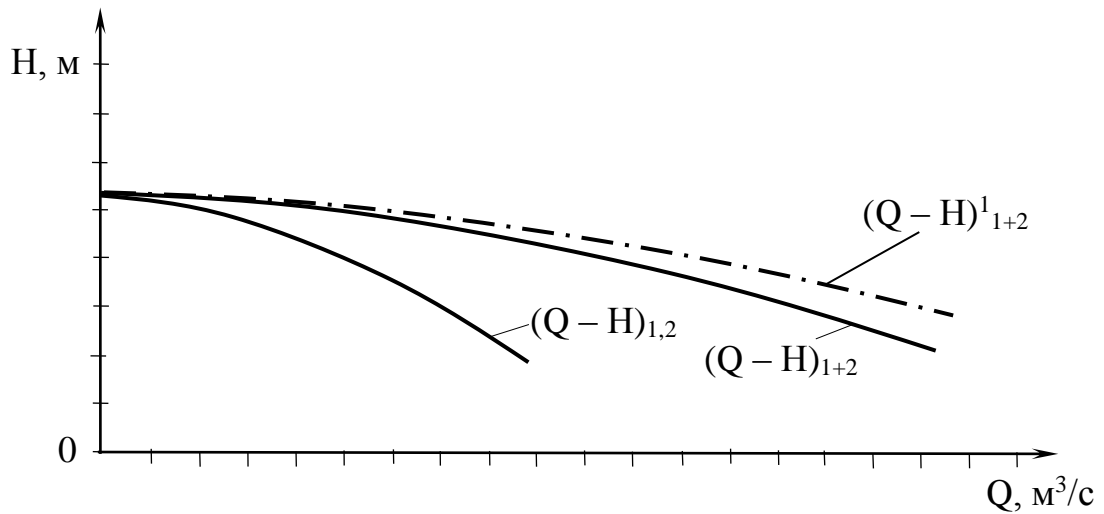


Рисунок 5.3—Характеристики одинаковых насосов при параллельной работе

Контрольные вопросы

1. Для чего применяется параллельная работа насосов?
2. В каком случае возможна параллельная работа центробежных насосов?
3. Как строится общая характеристика нескольких параллельно работающих одинаковых насосов на один трубопровод?
4. При каких характеристиках трубопроводов может быть эффективной параллельная работа одинаковых насосов?
5. Как изменяется суммарная подача параллельно работающих насосов?

Лабораторная работа 6

Последовательная работа двух одинаковых центробежных насосов

К 8/18-У2

Цель

Изучить условия последовательного включения одинаковых насосов в сеть

Задача

Провести испытания и построить энергетическую характеристику одного $(Q-H)_{1,2}$ и двух $(Q-H)_{1+2}$ центробежных насосов, работающих последовательно на общий трубопровод

Основные теоретические положения

Последовательной называется работа насосов, при которой один насос подает перекачиваемую жидкость во всасывающий патрубок (иногда во всасывающий трубопровод) другого насоса, а последний подает ее в напорный трубопровод.

Последовательное соединение двух (или нескольких) насосов применяется при необходимости получить напор больше того, который может быть создан одним насосом. На этом принципе построены все многоступенчатые насосы.

Обязательным условием последовательного включения насосов является приблизительное равенство рабочих частей характеристик $Q-H$.

Суммарную графическую характеристику $Q-H$, последовательно работающих насосов, получают сложением напоров каждого насоса при произвольно фиксированных одинаковых подачах

Порядок выполнения работы

Испытания проводятся на установке (рисунок 5.1). Оба насоса установлены на одинаковой высоте от уровня воды в приёмном резервуаре. Запорно-регулирующая арматура позволяет быстро изменить режим их работы.

Схема лабораторной установки представлена на рисунке 6.1.

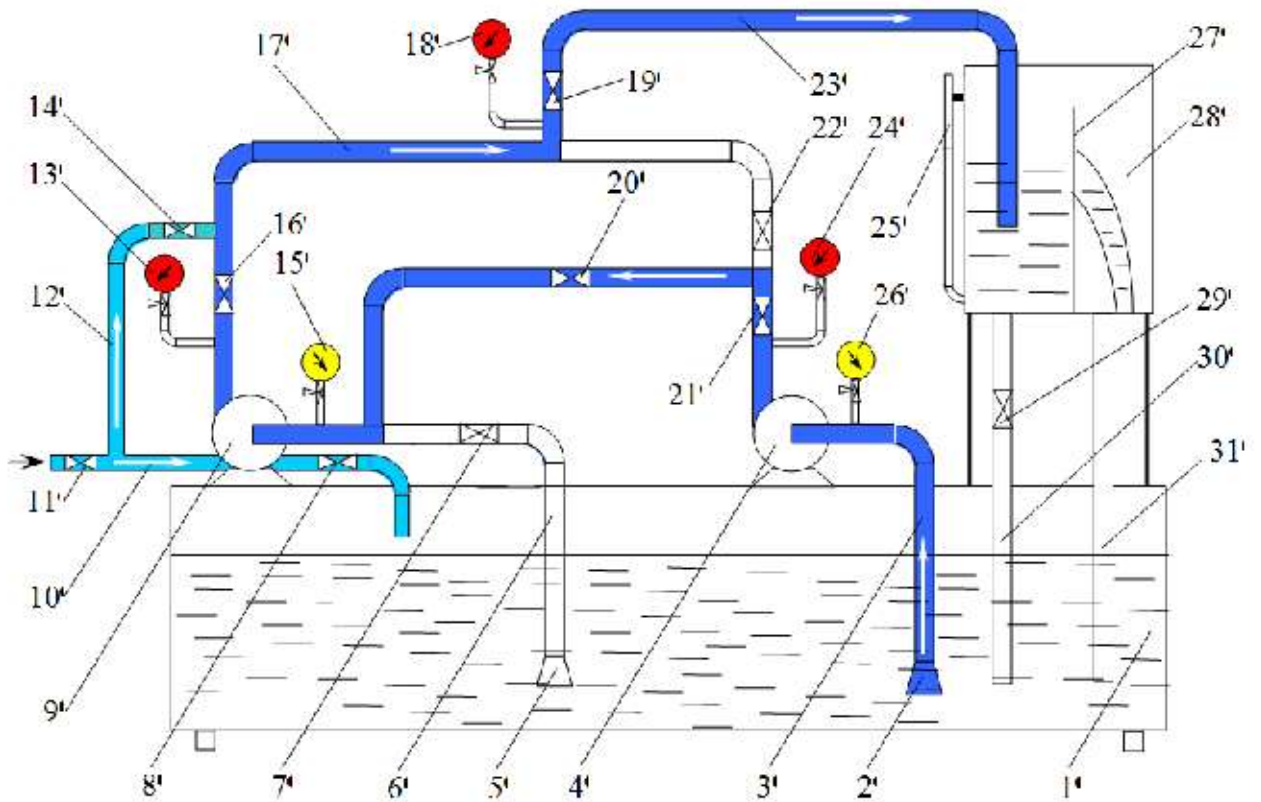


Рисунок 6.1—Схема работы двух одинаковых насосов, работающих последовательно:

1 – приемный резервуар; 2, 5 – обратный клапан; 3, 6 – всасывающий трубопровод; 4, 9 – насос К8/18-У2; 7, 8, 11, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 29 – запорно-регулирующая арматура; 10, 12 – трубопровод для заполнения бака и насосов; 13, 18, 24 – манометры; 15, 26 – мановакуумметры; 17, 23 – напорный трубопровод; 25 – уровнемер; 27 – треугольный водослив; 28 – напорный резервуар; 30, 31 – сбросные трубы

Перед началом работы заполняется приёмный резервуар и оба насоса водой путем открытия кранов 11, 8, 14 на трубопроводе 10, 12. Краны 16, 20, 21 открыты, кран 7 закрыт. После заполнения водой приёмного резервуара и насосов все краны перекрываются.

Включается в работу насос 4. Когда в нём повысится давление, открываются последовательно краны 21 и 20 полностью. Вода поступает во всасывающую магистраль насоса 9. Насос 9 включается тогда, когда в нём повысится давление, свидетельствующее о нормальной работе насоса 4.

После пуска насоса 9 открывается полностью кран 16. Регулирование работы установки осуществляется краном 19 – от нуля до максимальной подачи. При этом снимаются показания мановакуумметра 26 и манометра 18, а также уровень воды над водосливом 27. Проводится 6-8 замеров. Результаты измерений заносятся в таблицу 6.1. Результаты обработки опытных данных сводятся в таблицу 6.2.

Таблица 6.1–Результаты измерений при последовательной работе двух одинаковых насосов

Показания	Ед. изм.	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Мановакуумметра 26 МВ	кгс/см ²								
Манометра 18 М	кгс/см ²								
Уровня воды над водосливом	м								

Отметка гребня водослива – ___ м; $z =$ ___ м; $d_{нт} =$ ___ м; $d_{вст} =$ ___ м.

Подача насоса Q определяется по тарировочной кривой треугольного водослива (рисунок 3.3).

Расчетные формулы

$$H = h_{\text{вак}} + h_{\text{ман}} + z, \quad (6.1)$$

$$h_{\text{вак}} = MB \cdot 10, \quad (6.2)$$

$$h_{\text{ман}} = M \cdot 10. \quad (6.2)$$

При работе двух насосов при определении напора H , разница скоростных напоров не учитывается, так как $d_{нт} = d_{вст}$.

Таблица 6.2–Результаты обработки опытных данных при последовательной работе двух одинаковых насосов

Наименование величин	Ед. изм.	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Напор над водосливом	м								
Подача насосов Q_{1+2}	м ³ /с								
Вакуумметрическая высота всасывания $h_{\text{вак}}$	м								
Манометрическая высота нагнетания $h_{\text{ман}}$	м								
Напор насосов H_{1+2}	м								

По данным таблицы 5.3, на миллиметровке (рисунок 6.2) строится характеристика насоса $(Q-H)_{1,2}$ и суммарная $(Q-H)_{1+2}$. По таблице 6.2 строится общая характеристика при их последовательной работе $(Q-H)_{1+2}^1$.

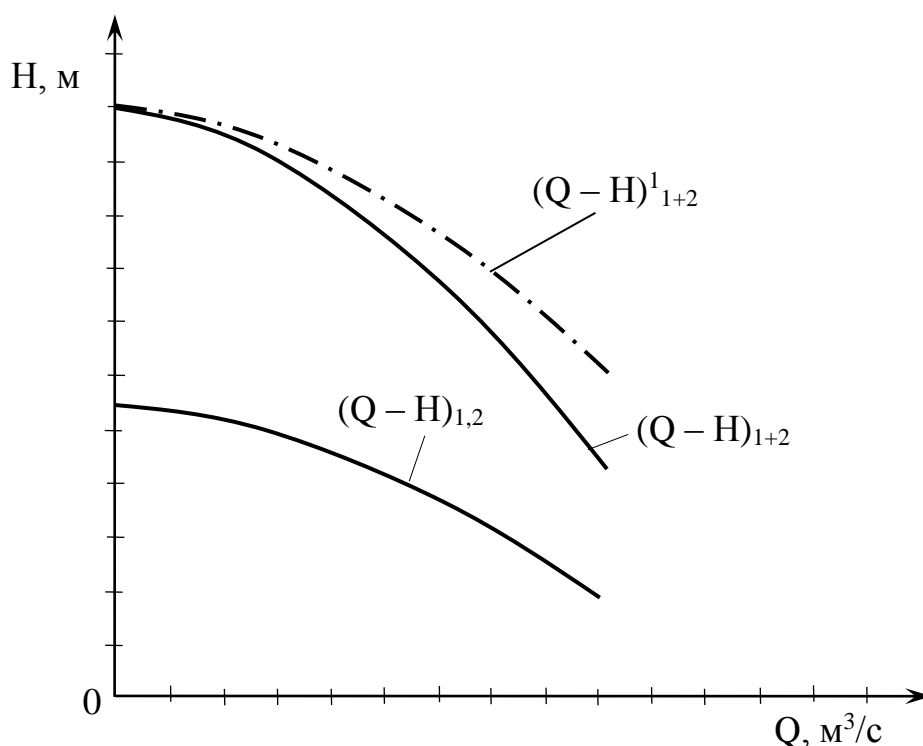


Рисунок 6.2–Характеристики одинаковых насосов при последовательной работе

Контрольные вопросы

1. Когда применяется последовательная работа насосов?
2. Каков порядок действий при включении двух последовательно соединённых насосов?
3. Как строится суммарная характеристика двух последовательно работающих насосов?
4. Почему необходимо стремиться к максимальному упрощению трубопровода на участке от напорного патрубка первого насоса до всасывающего патрубка второго насоса?
5. Какие условия ограничивают применение насосов для последовательной работы?
6. Что необходимо предусмотреть, если последовательно соединённые насосы установлены в одном здании насосной станции?

Лабораторная работа 7

Параллельная работа двух разных центробежных насосов

К 8/18-У2 и X50-32-125 ЛСУ4

Цель

Изучить условия параллельного включения разных насосов в сеть

Задача

1. Провести испытания и построить энергетическую характеристику $Q - H$ центробежного насоса X50-32-125 ЛСУ4
2. Провести испытания и построить энергетическую характеристику $(Q - H)_{1+2}$ двух разных центробежных насосов, работающих параллельно на общий трубопровод



Рисунок 7.1 – Установка с разными центробежными насосами

Основные теоретические положения

Параллельная работа насосов применяется, когда подача одного насоса не обеспечивает требуемый расход воды или водопотребление неравномерно в течение суток, что требует регулирования подачи в широком диапазоне

Для параллельной работы чаще всего применяются насосы с одинаковыми характеристиками, но возможна комплектация станций разными насосами. В таком случае подбираются насосы приблизительно с одинаковыми энергетическими характеристиками в рабочем диапазоне $Q - H$.

Порядок выполнения работы

Испытания проводятся на установке (рисунок 7.1.). Оба насоса установлены на одинаковой высоте от уровня воды в приёмном резервуаре. Запорно-регулирующая арматура позволяет быстро изменить режим их работы. Схема лабораторной установки представлена на рисунке 7.2.

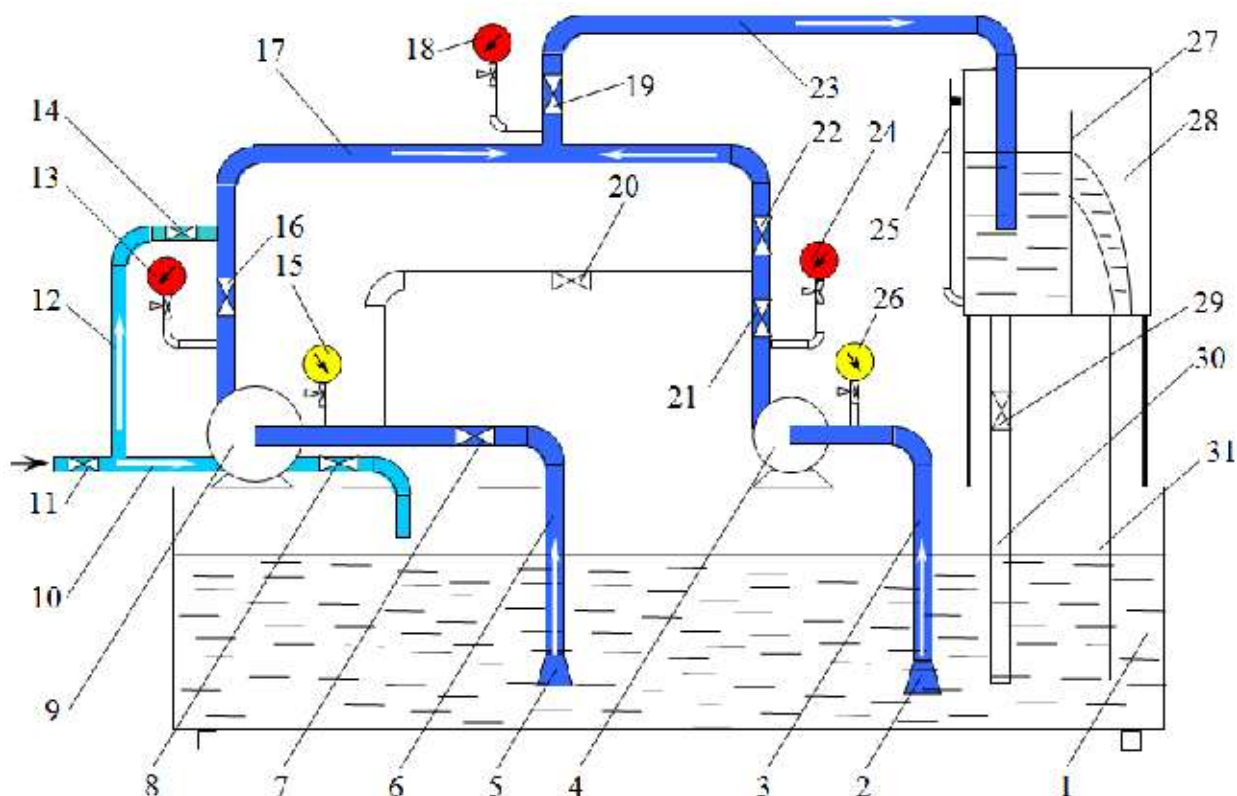


Рисунок 7.2–Схема работы двух разных насосов, работающих параллельно:

1 – приемный резервуар; 2, 5 – обратный клапан; 3, 6 – всасывающий трубопровод; 4, – насос К 8/18-У2; 7, 8, 11, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 29 – запорно-регулирующая арматура; 9 – насос Х50-32-125 ЛСУ 4 ; 10, 12 – трубопровод для заполнения бака и насосов; 13,18,24 - манометры с трехходовыми кранами; 15,26 - мановакуумметры; 17, 23; - напорный трубопровод; 25 – уровнемер; 27 – треугольный водослив; 28 – напорный резервуар; 30, 31 – сбросные трубы

Перед началом работы заполняется приёмный резервуар и оба насоса водой путем открытия кранов 11, 8, 14 на трубопроводе 10, 12. Кран 20 закрыт. Краны 7, 16, 19, 22, 21 должны быть открыты. После заполнения водой приёмного резервуара и насосов, все краны перекрываются, кроме 7.

Приступают к первому этапу выполнения работы. Включается в работу насос 9. Когда в нём повысится давление, открывается кран 16 полностью. Регулирование подачи насоса ведется краном 19 – от нуля до максимальной. При этом снимаются показания вакуумметра 15 и манометра 18, уровень воды над водосливом 27.

Выполняются 6 – 8 замеров при разных подачах – от нуля до максимальной. Результаты измерений заносятся в таблицу 7.1, а обработанные результаты в таблицу 7.3.

Таблица 7.1–Результаты измерений при работе насоса X50-32-125

Показания	Ед. изм.	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Мановакуумметра 15 МВ	кгс/см ²								
Манометра 18 М	кгс/см ²								
Уровня воды над водосливом	м								

Отметка гребня водослива – _____ м; z = _____ м.

После выполнения замеров переходят ко второму этапу.

Кран 19 медленно закрывается. Включается в работу второй насос 4. Краны 21 и 22 открываются полностью, когда повысится давление.

Регулирование работы установки осуществляется краном 19, при этом снимаются показания вакуумметров 15, 26 и манометра 18, а также уровень воды над водосливом 27. Проводится 6 – 8 замеров при разных подачах – от нуля до максимальной.

Результаты измерений заносятся в таблицу 7.2. Результаты обработки опытных данных сводятся в таблицу 7.4

Таблица 7.2–Результаты измерений при параллельной работе насосов К 8/18-У2 и X50-32-125 ЛСУ4

Показания	Ед. изм.	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Мановакуумметра 15 МВ ₁	кгс/см ²								
Мановакуумметра 26 МВ ₂	кгс/см ²								
Манометра 18 М	кгс/см ²								
Уровня воды над водосливом	м								

$$d_{HT} = \text{_____ м}; d_{BCT} = \text{_____ м}.$$

Подача Q определяется по тарировочной кривой треугольного водослива (рисунок 3.3).

Расчетные формулы

$$H = h_{\text{вак}} + h_{\text{ман}} + z + \frac{v_{HT}^2 - v_{BT}^2}{2g}, \quad (7.1)$$

$$h_{\text{вак}} = MB \cdot 10, \quad (7.2)$$

$$h_{\text{ман}} = M \cdot 10, \quad (7.3)$$

$$F_{BT} = 0,785 \cdot d_{BT}^2, \quad (7.4)$$

$$F_{HT} = 0,785 \cdot d_{HT}^2, \quad (7.5)$$

$$v_{BT} = \frac{Q}{F_{BT}}, \quad (7.6)$$

$$v_{HT} = \frac{Q}{F_{BT}}. \quad (7.7)$$

Таблица 7.3–Результаты обработки опытных данных при работе насоса X50-32-125

Наименование величин	Ед. изм.	Номер опытов							
		1	2	3	3	5	6	7	8
Напор над водосливом	м								
Подача насоса $Q_{оп}$	м ³ /с								
Вакуумметрическая высота всасывания $h_{вак}$	м								
Скорость во всасывающем трубопроводе $v_{вт}$	м/с								
Скоростной напор во всасывающем трубопроводе $\frac{v_{вт}^2}{2g}$	м								
Манометрическая высота нагнетания $h_{ман}$	м								
Скорость в нагнетательном трубопроводе $v_{нт}$	м/с								
Скоростной напор в нагнетательном трубопроводе $\frac{v_{нт}^2}{2g}$	м								
Напор насоса $H_{оп}$	м								

Таблица 7.4–Результаты обработки опытных данных при параллельной работе насосов К 8/18-У2 и X50-32-125 ЛСУ 4

Наименование величин	Ед. изм.	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Напор над водосливом	м								
Подача насосов Q_{1+2}	м ³ /с								
Вакуумметрическая высота всасывания $h_{вак}$	м								
Манометрическая высота нагнетания $h_{ман}$	м								
Напор насосов H_{1+2}	м								

По данным таблиц 5.3, 7.3 на миллиметровке (рисунок 7.3) строятся характеристики $(Q-H)_1$, $(Q-H)_2$ двух насосов и их суммарная $(Q-H)_{1+2}$.

По таблице 7.4 строится их общая характеристика при параллельной работе $(Q-H)_{1+2}^1$.

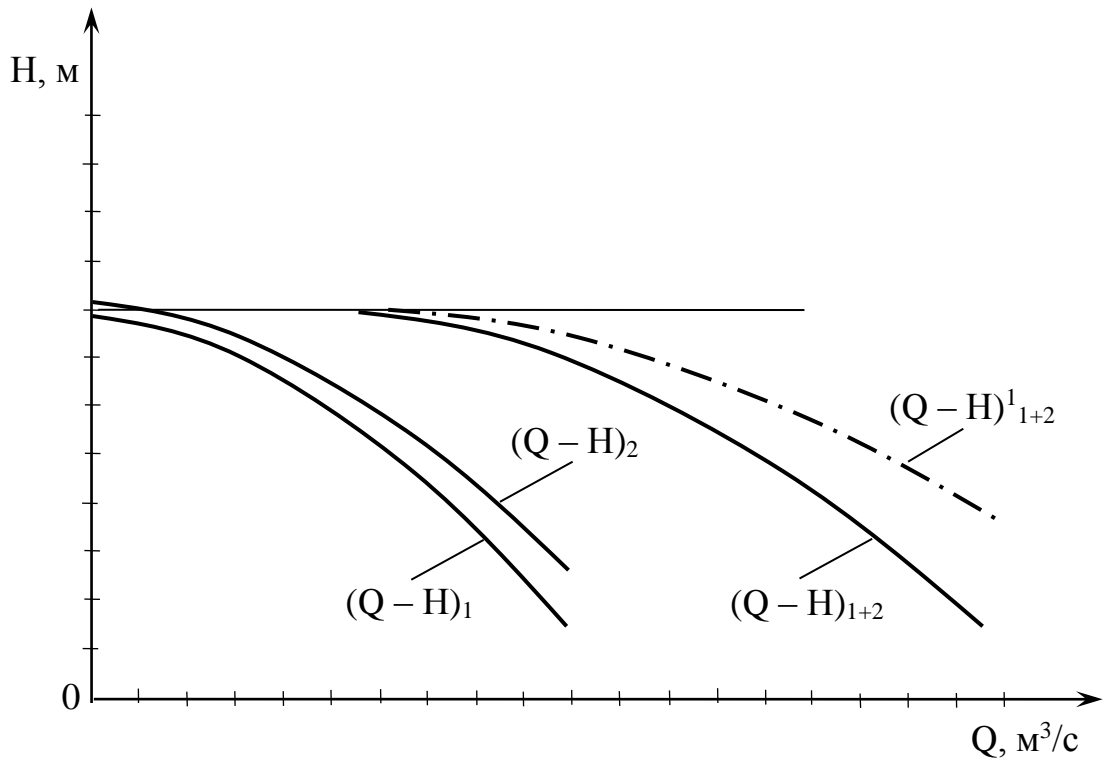


Рисунок 7.3—Характеристики разных насосов при параллельной работе

Контрольные вопросы

1. В каком случае возможна параллельная работа разных центробежных насосов?
2. Как строится общая характеристика нескольких разных, параллельно работающих насосов на один трубопровод?
3. При каких характеристиках трубопроводов может быть эффективной параллельная работа разных насосов?
4. Как изменяется суммарная подача параллельно работающих разных насосов?

Лабораторная работа 8

Последовательная работа двух разных центробежных насосов К 8/18-У2 и X50-32-125 ЛСУ 4

Цель

Изучить условия последовательного включения разных насосов в сеть

Задача

Провести испытания и построить энергетическую характеристику одного $(Q - H)_{1,2}$ и двух $(Q - H)_{1+2}$ центробежных насосов, работающих последовательно на общий трубопровод

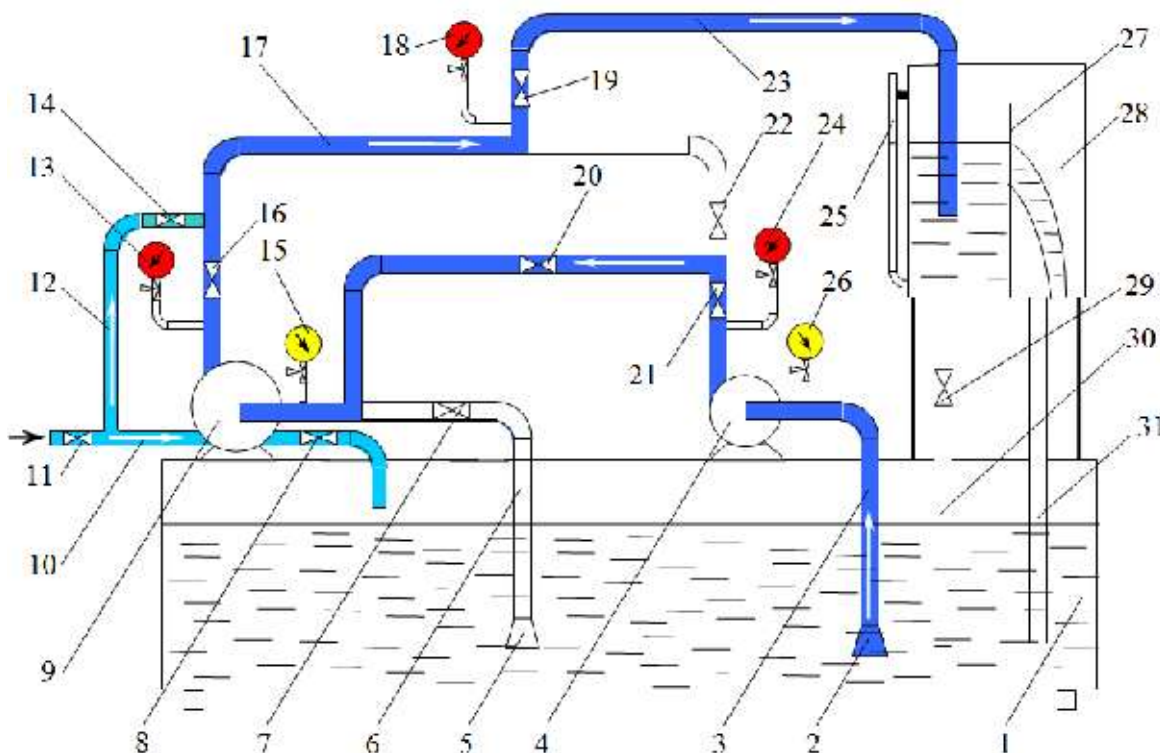


Рисунок 8.1–Схема работы двух разных насосов, работающих последовательно:

1 – приемный резервуар; 2, 5 – обратный клапан; 3, 6 – всасывающий трубопровод; 4– насос К 8/18-У2; 7, 8, 11, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 29 – запорно-регулирующая арматура; 9 –насос X50-32-125 ЛСУ 4; 10, 12 – трубопровод для заполнения бака и насосов; 13, 18, 24 - манометры с трехходовыми кранами; 15, 26 - мановакуумметры; 17, 23; - напорный трубопровод; 25 – уровнемер; 27 – треугольный водослив; 28 – напорный резервуар; 30, 31 – сбросные трубы

Порядок выполнения работы:

Испытания проводятся на установке (рисунок 7.1). Оба насоса установлены на одинаковой высоте от уровня воды в приёмном резервуаре. Запорно-регулирующая арматура позволяет быстро изменить режим их работы. Схема лабораторной установки представлена на рисунке 8.1.

Перед началом работы заполняется приёмный резервуар и оба насоса водой путем открытия кранов 11, 8, 14 на трубопроводе 10, 12. Краны 16, 20, 21 открыты, кран 7 закрыт. После заполнения водой приёмного резервуара и насосов все краны, перекрываются.

Включается в работу насос 4. Когда в нём повысится давление, открываются последовательно краны 21 и 20 полностью. Вода поступает во всасывающую магистраль насоса 9. Насос 9 включается тогда, когда в нём повысится давление, свидетельствующее о нормальной работе насоса 4.

После пуска насоса 9 открывается полностью кран 16. Регулирование работы установки осуществляется краном 19 – от нуля до максимальной подачи. При этом снимаются показания мановакуумметра 26 и манометра 18, а также уровень воды над водосливом 27. Проводится 6 – 8 замеров при разных подачах – от нуля до максимальной.

Результаты измерений заносятся в таблицу 8.1. Результаты обработки опытных данных сводятся в таблицу 8.2.

Расчетные формулы

$$H = h_{\text{вак}} + h_{\text{ман}} + z, \quad (8.1)$$

$$h_{\text{вак}} = B \cdot 10, \quad (8.2)$$

$$h_{\text{ман}} = M \cdot 10. \quad (8.3)$$

При работе двух насосов при определении напора H , разница скоростных напоров не учитывается, так как $d_{\text{нт}} = d_{\text{вст}}$

Таблица 8.1– Результаты измерений при последовательной работе двух разных насосов

Показания	Ед. изм.	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Вакуумметра 26 В	кгс/см ²								
Манометра 18 М	кгс/см ²								
Уровня воды над водосливом	см								

Отметка гребня водослива – ____ м; $z =$ ____ м; $d_{нт} =$ ____ м; $d_{вст} =$ ____ м.

Подача Q определяется по тарировочной кривой треугольного водослива (рисунок 3.3).

Таблица 8.2–Результаты обработки опытных данных при последовательной работе двух разных насосов

Наименование величин	Ед. изм.	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Напор над водосливом	м								
Подача насосов Q_{1+2}	м ³ /с								
Вакуумметрическая высота всасывания $h_{вак}$	м								
Манометрическая высота нагнетания $h_{ман}$	м								
Напор насосов H_{1+2}	м								

По данным таблиц 5.3 и 7.3 на миллиметровке (рисунок 8.2) строятся характеристики $(Q-H)_1$, $(Q-H)_2$ двух насосов. и их суммарная $(Q-H)_{1+2}$. По таблице 8.2 строится общая характеристика $(Q-H)_{1+2}^1$ при последовательной работе двух разных насосов.

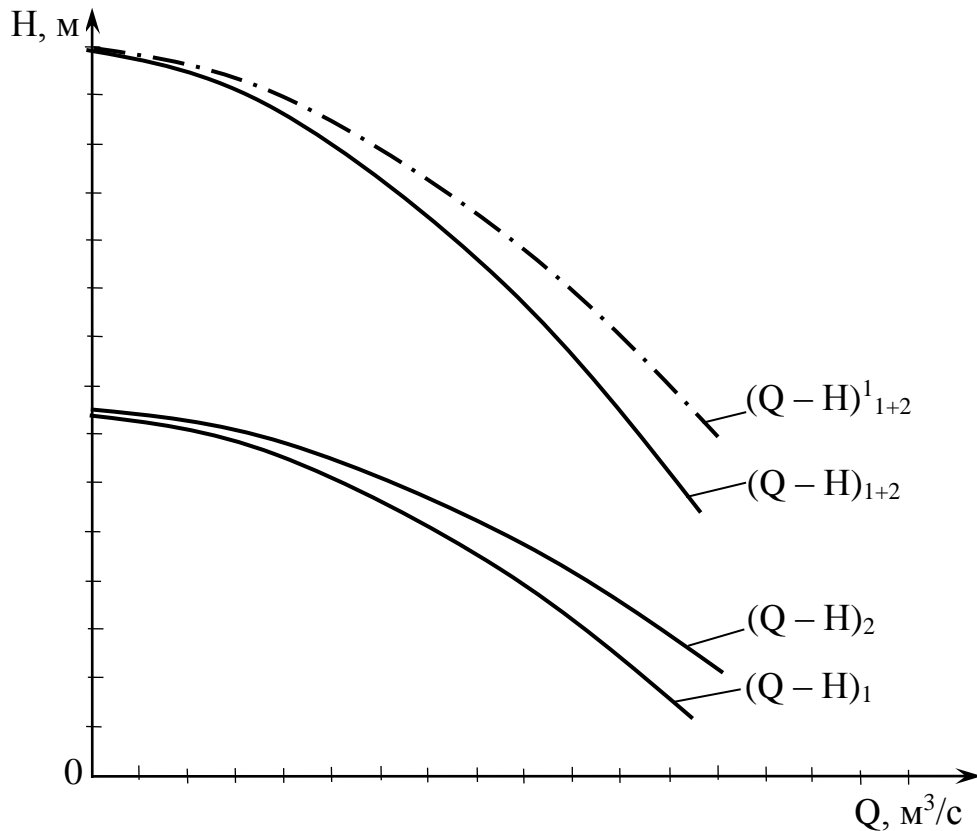


Рисунок 8.2 – Характеристики разных насосов при последовательной работе

Контрольные вопросы

1. Когда применяется последовательная работа насосов?
2. Каков порядок действий при включении двух последовательно соединённых насосов?
3. Как строится суммарная характеристика двух последовательно работающих насосов?
4. Почему необходимо стремиться к максимальному упрощению трубопровода на участке от напорного патрубка первого насоса до всасывающего патрубка второго насоса?
5. Какие условия ограничивают применение насосов для последовательной работы?
6. Что необходимо предусмотреть, если последовательно соединённые насосы установлены в одном здании насосной станции?

Лабораторная работа 9

Изучение конструкции и работы погружных скважинных насосов типа ЭЦВ



Рисунок 9.1 – Установка с погружными скважинными насосами

Цель

Ознакомиться с конструкцией и условиями работы погружных скважинных насосов

Задача

1. Изучить устройство погружных скважинных насосов типа ЭЦВ
2. Построить энергетические характеристики испытуемого скважинного насоса и сравнить их с каталожными
3. Исследовать работу насосов в параллельном режиме

Основные теоретические положения

Насосы ЭЦВ многоступенчатые, секционные, вертикальные, с закрытым лопастным колесом одностороннего входа.

Применяются для оборудования скважин глубиной от 10 до 700м и подачи воды в сеть с водонапорной башней (рисунок 9.2). Кроме того они могут применяться для оборудования шахтных насосных станций, совмещённых с водосборным колодцем, на каптажах, устанавливаются в сборных резервуарах для подачи воды в безбашенную сеть (рисунок 9.3).

Номинальная подача насосов составляет 4 – 1000 м³/ч при напорах от 15 до 650м.

Их марка, например ЭЦВ6–10–80, означает – электрический центробежный насос водоподъёмный. Цифра 6 представляет величину диаметра рабочей колонны обсадных труб в мм, уменьшенную в 25 раз, цифра 10 – подача в м³/ч; цифра 80 – напор насоса в м.

Его рабочие органы (рабочие колёса и направляющие аппараты), защитные цилиндры, пробки, изолирующие кольца и другие детали делаются из пластмассы. Радиальные подшипники и подпятники – резино-металлические (рисунок 9.4).

Радиальные и упорные подшипники насоса и электродвигателя смазываются и охлаждаются водой.

Насосы оснащены обратными клапанами, которые удерживают столб воды в трубопроводе при остановках насоса и облегчают повторный запуск электронасосного агрегата.

Для обеспечения нормальной работы насос заглубляется в воду под динамический уровень на 1–1,5м и удерживается в скважине на водоподъёмной трубе в подвешенном состоянии.

Величина подпора даётся в технической характеристике для каждой марки насоса отдельно.

Электродвигатель типа ПЭДВ состоит из статора, ротора, подшипниковых щитов, пяты, подпятника и диафрагмы.

Пята и подпятник – элементы упорного подшипника, предназначенного для восприятия осевых усилий. Диафрагма, установленная в днище двигателя, служит для уравнивания перепада давлений между внутренней полостью электродвигателя и окружающей средой.

Герметизация двигателя от перекачиваемой воды обеспечивается резиновыми кольцами, манжетами и диафрагмой.

Энергия к электродвигателю, расположенному в скважине ниже насоса, подводится сверху по специальному кабелю прикреплённому поясами к водоподъёмному трубопроводу. Нижняя часть электродвигателя должна находиться выше фильтра скважины не менее чем на 1 м.

Входное отверстие для воды находится между двигателем и насосом и защищено сеткой.

Установка состоит из центробежного насоса с погружным электродвигателем ПЭДВ, токоподводящего кабеля, водоподъёмного трубопровода, оборудования устья скважины (герметичного оголовка, трёхходового крана, манометра, задвижки, поясов), системы автоматического управления и защиты.

Для транспортирования воды от водозаборных (каптажных) сооружений устраиваются сборные водоводы.

Схемы сборных водоводов в плане весьма разнообразны и могут быть линейными (тупиковыми), кольцевыми и парными. Это оказывает большое влияние на режим работы каждого, отдельного погружного скважинного насоса и на производительность всего водозабора.

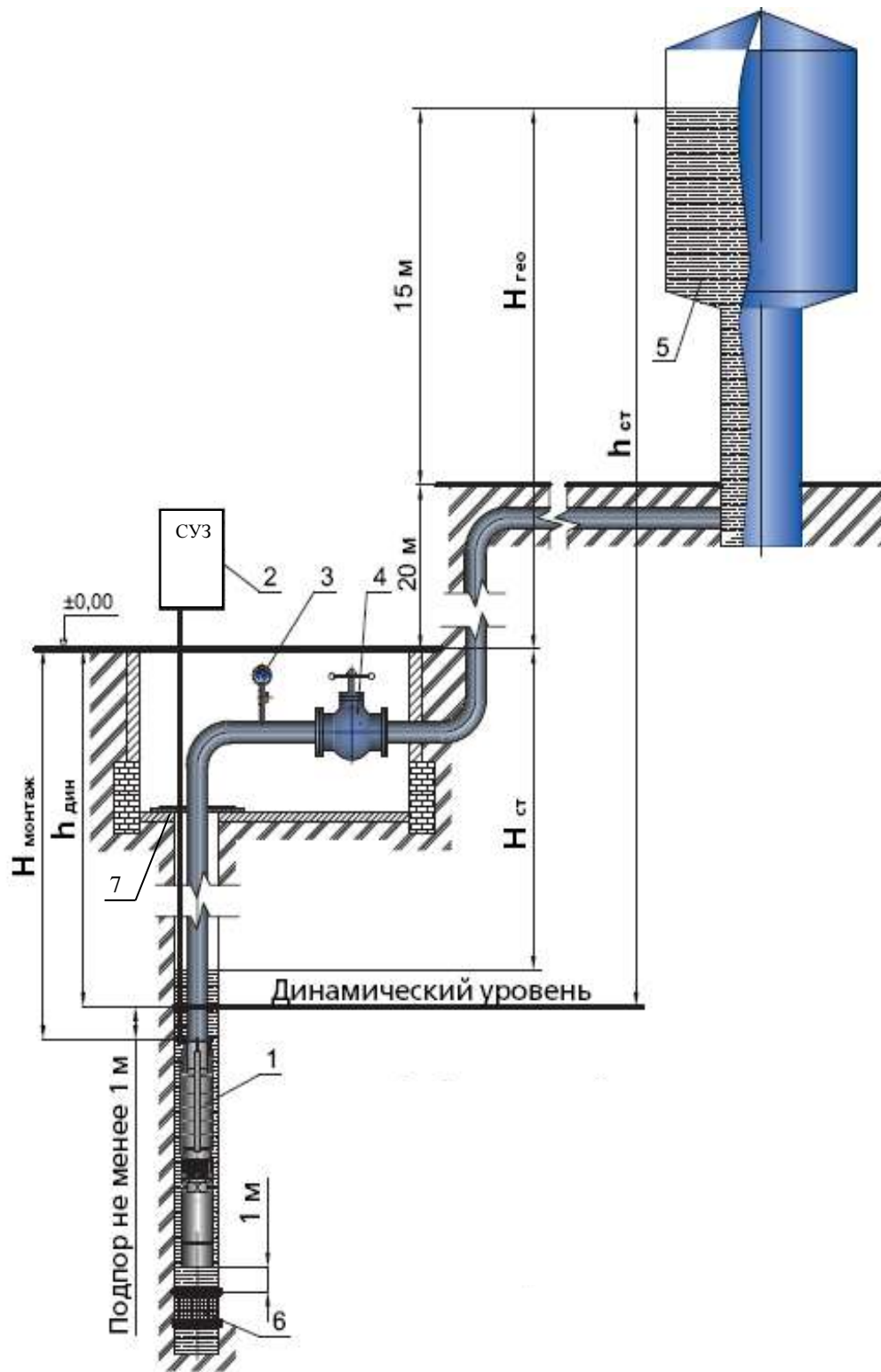


Рисунок 9.2– Схема скважинного водозабора подземных вод с водонапорной башней:

1 – скважинный насос; 2 – станция управления и защиты; 3 – манометр; 4 – задвижка; 5 – водонапорная башня; 6 – фильтр скважины; 7 – герметичный оголовок

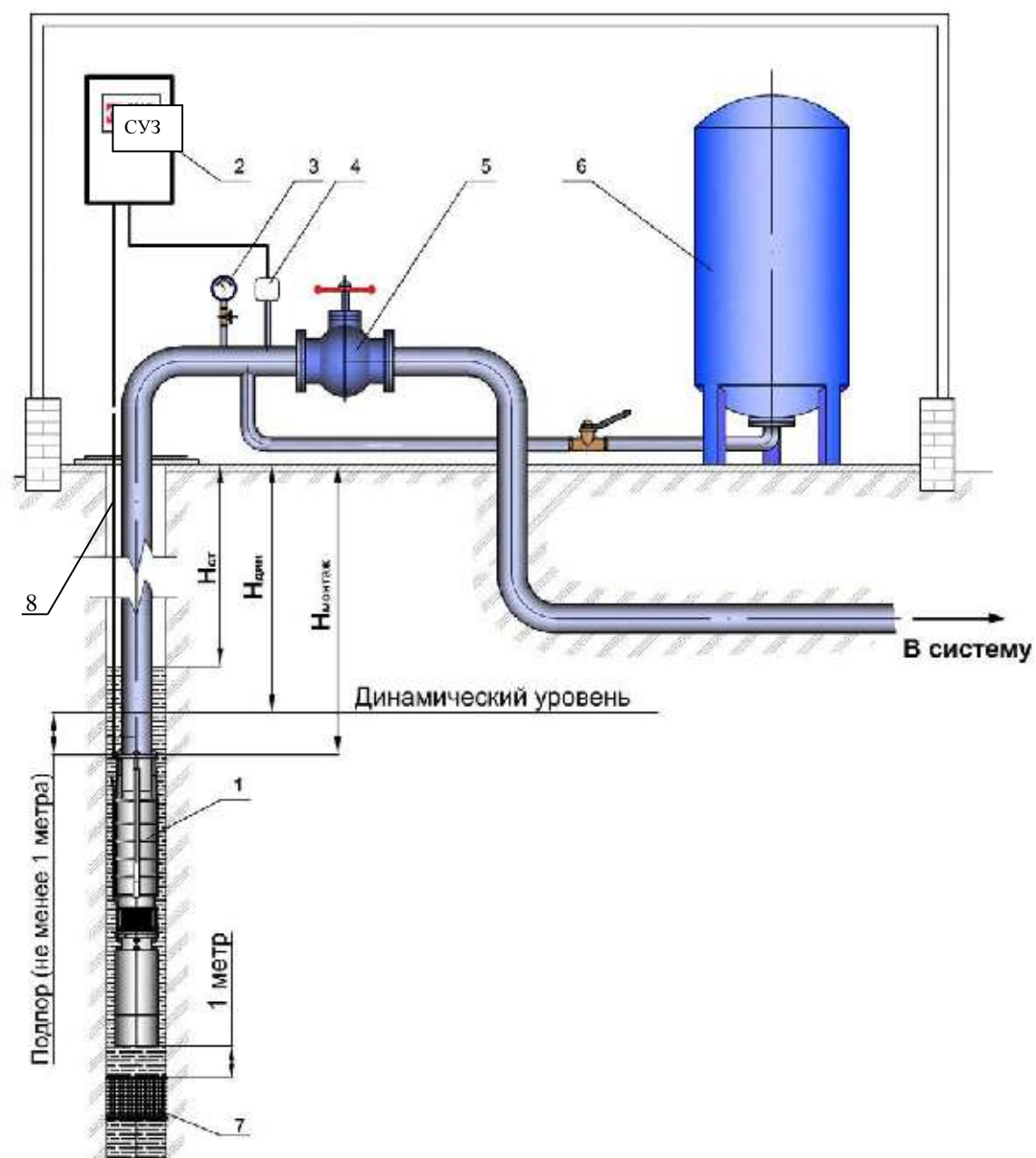


Рисунок 9.3—Схема скважинного водозабора подземных вод с гидроаккумулятором:

1 – скважинный насос; 2 – станция управления и защиты; 3 – манометр;
4 – реле давления; 5 – задвижка; 6 – гидравлический гидроаккумулятор;
7 – фильтр скважины; 8 – герметичный оголовок

Порядок выполнения работы

Испытания проводятся на установке (рисунок 9.1). Два насоса установлены в приёмном резервуаре. Запорно-регулирующая арматура позволяет быстро изменить режим их работы.

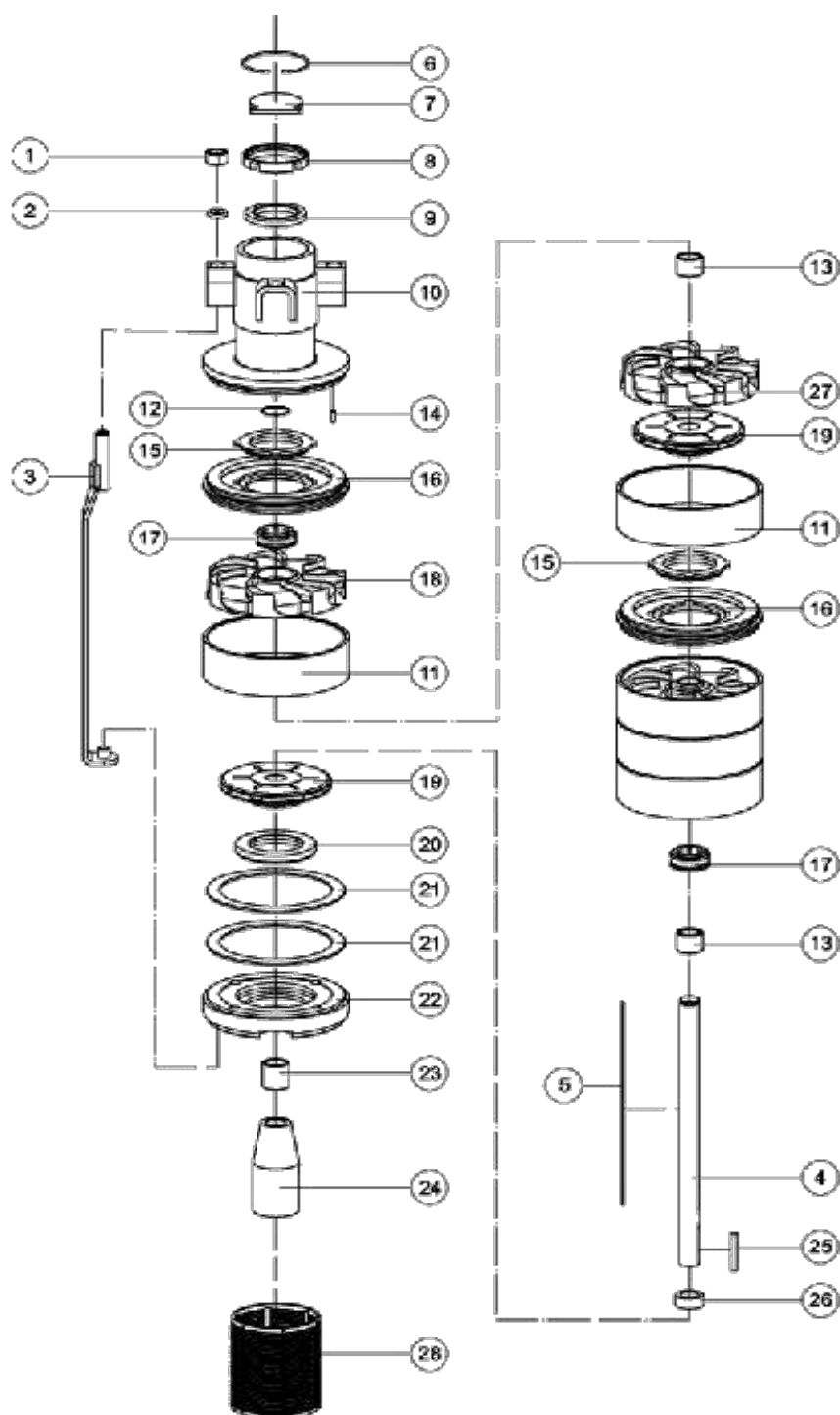


Рисунок 9.4– Конструкция насоса ЭЦВ

1 – гайка; 2–шайба; 3–стяжка; 4 – вал; 5 – шпонка; 6 – кольцо пружинное; 7 – клапан; 8 – кольцо; 9 – кольцо уплотнительное; 10 – патрубок напорный; 11 – кольцо; 12 – кольцо стопорное; 13 – втулка распорная; 14 – штифт; 15 – втулка; 16 – диафрагма; 17 – подшипник; 18 – отвод (направляющий аппарат); 19 – рабочее колесо; 20 – втулка; 21 – кольцо; 22 – фланец заборный; 23 – втулка; 24 – муфта; 25 – шпонка; 26 – кольцо упорное; 27 – отвод лопаточный; 28 – фильтр

Вначале необходимо ознакомиться с общим устройством погружных скважинных насосов (рисунок 9.4). Составить общую схему и зарисовать в тетради.

Затем переходят к исследованию работы насосов ЭЦВ.

Перед началом испытаний заполняется приёмный резервуар и оба насоса водой. После заполнения резервуара закрываются краны 6, 15 и включается в работу насос 4. Схема лабораторной установки представлена на рисунке 9.5.

Регулирование подачи насоса ведется краном 6, при этом снимаются показания манометра 7, амперметра 13 и уровень воды над водосливом 11.

Выполняются 6 – 8 замеров при разных подачах – от нуля до максимальной.

Результаты измерений заносятся в таблицу 9.1, а обработанные результаты в таблицу 9.3.

Таблица 9.1 – Результаты измерений при работе одного насоса

Показания	Ед. изм.	Номера опытов									
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Манометра 7	М	кгс/см ²									
Амперметр 13	I	А									
Уровня воды над водосливом		м									

Отметка гребня водослива – ____, м; $z =$ ____, м; $d_{нт} =$ ____ м;

Подача Q определяется по тарировочной кривой треугольного водослива (рисунок 9.3).

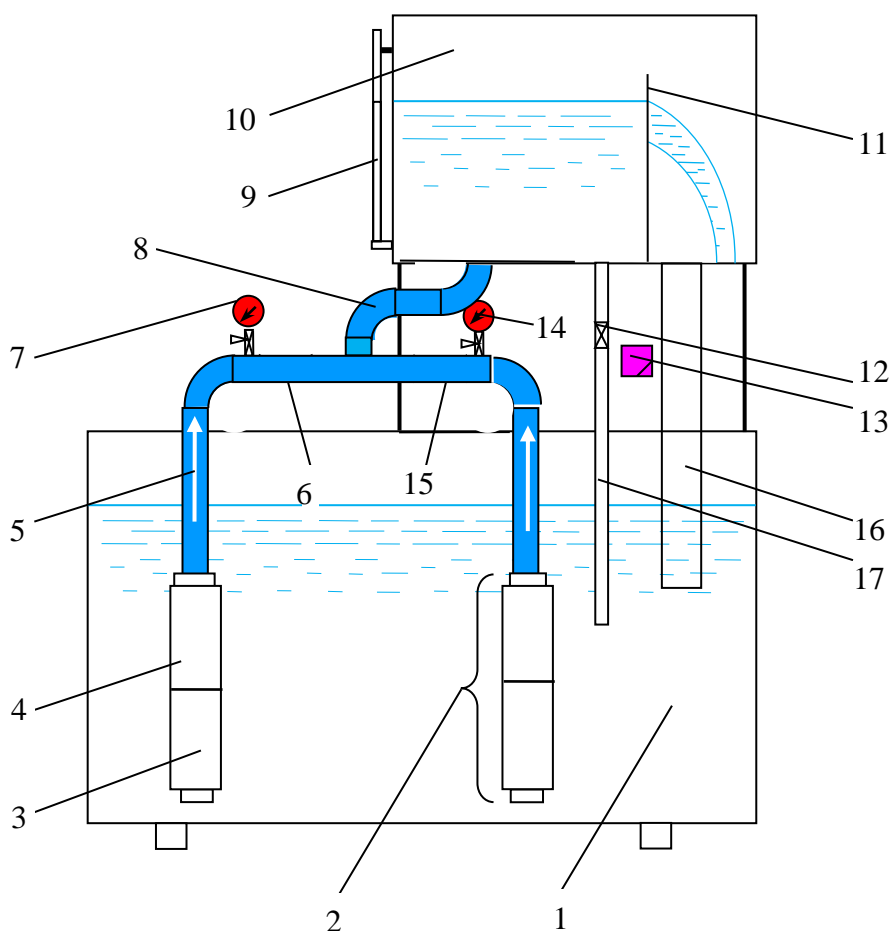


Рисунок 9.5 – Схема работы установки с погружными скважинными насосами типа ЭЦВ

1 – приемный резервуар; 2 – насос ЭЦВ 6 – 16 - 75;
 3 – электродвигатель; 4 – насос ЭЦВ; 5 – напорный трубопровод;
 6, 12, 15 – запорная арматура; 7, 14 – манометры; 8 – сборный трубопровод;
 9 – уровнемер; 10 – напорный резервуар; 11 – треугольный водослив;
 13 – амперметр; 16,17 – сбросные трубопроводы.

После выполнения замеров включается в работу насос 2. Краном 15 регулируется его подача, при этом снимаются показания манометров 7 и 14, а также отметка уровня воды над водосливом 11. Проводится 6 – 8 замеров при разных подачах – от нуля до максимальной. Результаты измерений и вычислений заносятся в таблицу 9.4.

Расчетные формулы

$$H_{\text{оп}} = h_{\text{ман}} + z + \frac{v_{\text{нт}}^2}{2g}, \quad (9.1)$$

$$h_{\text{ман}} = M \cdot 10, \quad (9.2)$$

$$v_{\text{нт}} = \frac{Q_{\text{оп}}}{F_{\text{вт}}}, \quad (9.3)$$

$$F_{\text{нт}} = 0,785 \cdot d_{\text{нт}}^2. \quad (9.4)$$

Потребляемая мощность насоса вычисляется по зависимости

$$P = 3 \cdot I \cdot V \cdot \cos\varphi \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \alpha, \quad (9.5)$$

где I – сила тока, ампер;

V – напряжение сети – 380 вольт;

$\cos\varphi = 0,83$ – коэффициент мощности;

$\eta_{\text{дв}} = 0,88$ – коэффициент полезного действия двигателя;

α – переводной коэффициент, (0,001).

Коэффициент полезного действия насоса

$$\eta_{\text{оп}} = \frac{9,81 \cdot Q_{\text{оп}} \cdot H_{\text{оп}}}{P_{\text{оп}}}, \quad (9.6)$$

где $H_{\text{оп}}$ – напор насоса, м;

$Q_{\text{оп}}$ – подача насоса, м³/с;

$P_{\text{оп}}$ – мощность, кВт.

Таблица 9.2 – Паспортные данные насоса ЭЦВ 6-16-75

Q	л/с	0	1,39	2,78	4,76	5,56
H	м	100	95	91	77	69
N	кВт	3,7	4,1	4,8	5,3	5,4
η		0	28	50	67	70

По данным таблиц 9.2 на миллиметровке (рисунок 9.6) строятся паспортные характеристики $(Q-H)_{1,2}$, $(Q-P)$ одного насоса и суммарная двух насосов при их параллельной работе $(Q-H)_{1+2}$. По данным таблицы 9.3 и 9.4 строятся характеристики $(Q-H)_{1,2}^1$, $(Q-H)_{1+2}^1$ и $(Q-P)^1$

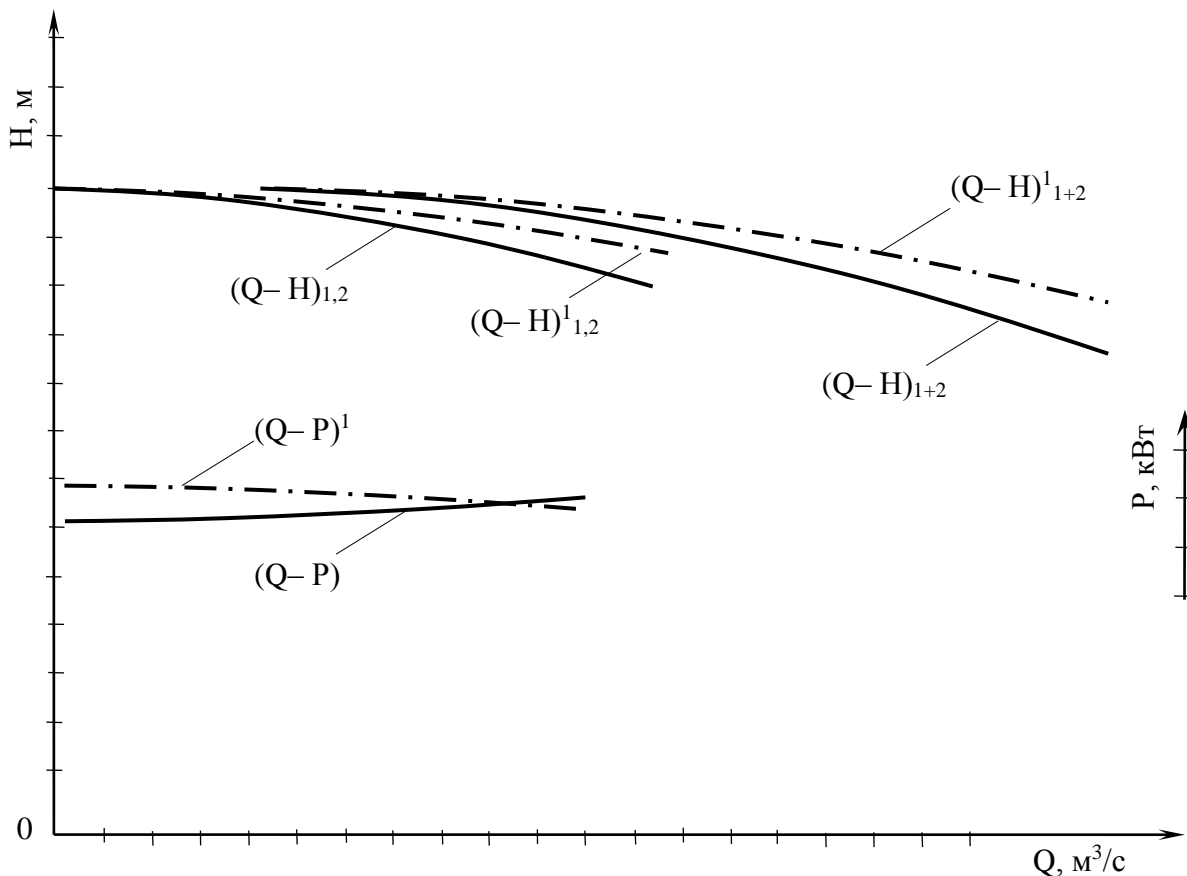


Рисунок 9.6 – Характеристики насосов ЭЦВ при различных режимах

Контрольные вопросы

1. Где применяются погружные скважинные насосы типа ЭЦВ?
2. Для чего применяется герметичный оголовок?
3. Что такое – подпор насоса?
4. Какие отличия в энергетических характеристиках установлены?
5. Дайте расшифровку марки опытного погружного скважинного насоса.

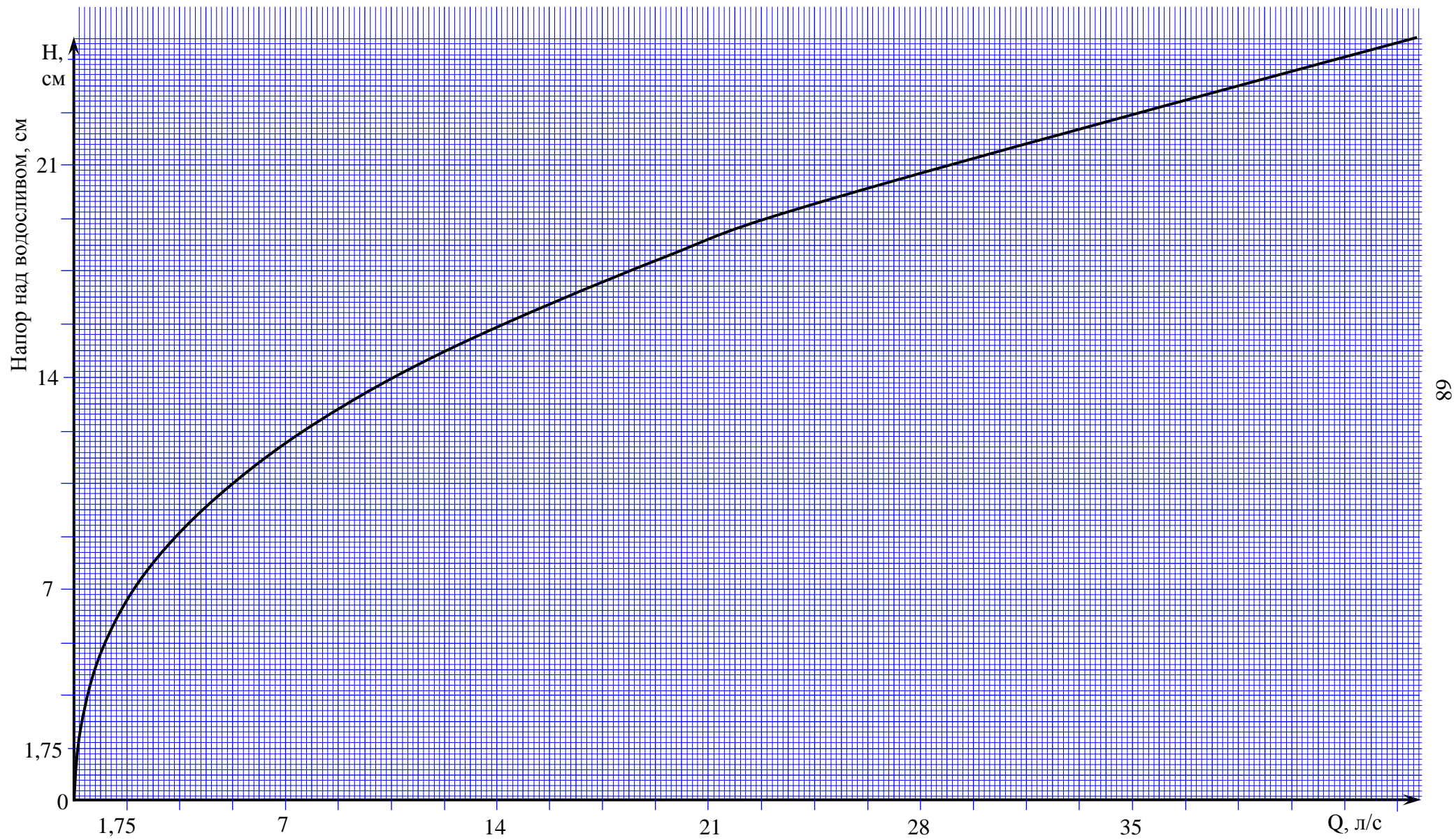


Рисунок 9.7 – Тарировочная кривая треугольного водослива

Лабораторная работа 10

Испытание водокольцевого вакуум-насоса ВВН 1,5–1,5 УХЛ 4



Рисунок 10.1 – Установка для испытания водокольцевого вакуум-насоса

Цель работы

Изучить методику испытания водокольцевого вакуум-насоса

Задача

Построить характеристики $Q = f(B)$ и $N = f(B)$ по результатам испытания водокольцевого вакуум-насоса при изменении величины вакуума (В) с постоянной частотой вращения

Основные теоретические положения

Водокольцевые вакуумные насосы предназначены для создания вакуума в насосах или в других аппаратах. Они также могут быть использованы как воздуходувки для создания невысокого напора (3-22 м) при использовании сжатого воздуха в технологическом процессе очистки воды.

Спроектированы водокольцевые насосы по очень простой схеме. Вал рабочего колеса установлен эксцентрично в цилиндрическом корпусе насоса.

Перед пуском корпус насоса заполняется водой примерно до оси вала. При вращении лопасти рабочего колеса захватывают воду, и под действием центробежных сил она отбрасывается к стенкам корпуса насоса, образуя концентрическое водяное кольцо. В верхней точке корпуса, где лопасть рабочего колеса соприкасается с корпусом насоса, нижняя граница водяного кольца соприкасается со ступицей рабочего колеса, а в диаметрально противоположной точке водяное кольцо максимально удалено от ступицы колеса, и погруженными в воду остаются лишь концы лопаток. Образовавшееся серповидное пространство между втулкой рабочего колеса и водяным кольцом и является рабочей полостью. Эта полость разделена лопатками рабочего колеса на отдельные ячейки. При вращении рабочего колеса (по ходу часовой стрелки) объемы ячеек в зоне всасывания увеличиваются и создается вакуум. Под действием вакуума воздух по входному патрубку через всасывающее окно поступает в рабочую полость. При дальнейшем вращении рабочего колеса объемы ячеек в зоне нагнетания уменьшаются, воздух в них сжимается и через нагнетательное окно по выходному патрубку подается в воздухоотборник или выбрасывается в атмосферу. Для поддержания постоянного объема водяного кольца и для отвода тепла, образующегося при сжатии воздуха и трении уплотнителей, в корпус насоса непрерывно подается вода из водопровода или из циркуляционного бачка.

Охлаждающая вода вводится в корпус насоса через полость гидравлического затвора сальника в месте максимального выхода лопаток колеса из водяного кольца. Расход охлаждающей воды составляет для насосов типов ВВН 0,07-1 л/с., Чтобы избежать износа торцов крышек и корпуса насоса, охлаждающая вода должна быть чистой, без механических примесей.

Подача насосов составляет 6,6-450 л/с (0,4-27 м³/мин) при температуре воздуха перед всасывающим патрубком 20°С и при температуре воды, поступающей в водокольцевой насос 15 °С, максимальный вакуум – 80-97%, максимальный напор – 3-22 м, напор перед всасывающим патрубком - 10 м.

Водокольцевые насосы не чувствительны к запыленности воздуха (газа) и не требуют его очистки, допускают попадание в насос жидкости вместе с засасываемой средой. Они могут применяться для отсасывания взрывоопасных газов, так как в рабочем пространстве насоса отсутствуют трущиеся металлические поверхности и масло.

Порядок выполнения работы:

Испытания водокольцевого вакуум-насоса проводятся на установке (рисунок 10.1), схема которой приведена на рисунке 10.2.

Водокольцевой насос 1 охлаждается и заполняется чистой водой, поэтому, прежде всего, необходимо открыть кран 2 подвода воды так, чтобы поплавков ротаметра 3 показывал предельное значение. Сброс излишков воды осуществляется через расширительный бак 16 с отводящей трубой. Кнопкой управления 9 запускается в работу электродвигатель насоса. При этом краны 10, 11 и 13 должны быть закрыты. Открываются краны 10 и 11, кран 11 закрывается. Снимаются показания приборов (вакуумметра 6, амперметра 8 и дифманометра 7). Затем приоткрывается кран 13 чтобы изменились показания вакуумметра и дифманометра. Изменение режимов работы осуществляются 6—8 раз, до полного открытия крана 13. Данные показания приборов заносятся в таблицу 10.1.

По окончании опытов выключается насос 1, перекрывается кран подачи воды 2 и запорные краны 13.

Обработка опытных данных

Величина вакуума, развиваемая насосом, выражается в процентах

$$V_n = V \cdot 100. \quad (10.1)$$

Подача насоса по воздуху определяется по показаниям дифманометра и выражается в м³/мин

$$Q = \text{ДП} \cdot K, \quad (10.2)$$

где ДП – показания дифманометра;

K – коэффициент перевода.

Потребляемая мощность насоса вычисляется по формуле

$$P = 3 \cdot I \cdot V \cdot \text{Cos}\varphi \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \alpha, \quad (10.3)$$

где I – сила тока, ампер;

V – напряжение сети – 380 вольт;

Cosφ – коэффициент мощности, снимается с характеристики двигателя;

η_{дв} – коэффициент полезного действия двигателя;

α – переводной коэффициент, (0,001).

Результаты обработки сводятся в таблицу 10.2.

Таблица 10.2 – Результаты обработки опытных данных

Наименование величин	Ед. изм	Номера опытов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Вакуум в процентах V_n	%								
Подача насоса по воздуху Q ,	м ³ /мин								
Мощность насоса P	кВт								

По данным таблицы 10.2 строятся графики зависимости, общий вид которых приведен на рисунке 10.3.

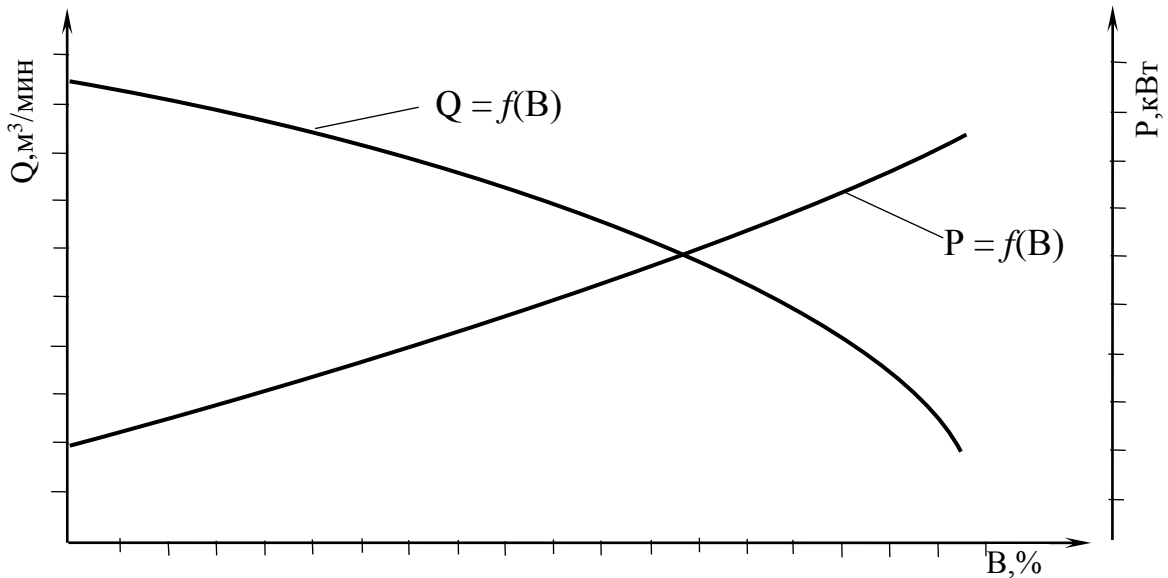


Рисунок 10.3–Характеристики водокольцевого вакуум-насоса

Контрольные вопросы

1. Назначение вакуумных насосов?
2. Принцип действия вакуумных насосов?
3. Порядок проведения испытаний насоса ВВН – 1,5?
4. Что обозначает сочетание ВВН – 1,5?
5. Каково назначение дифманометра?
6. Что понимается под рабочей полостью вакуумных насосов?
7. Как реагируют вакуумные насосы на запылённость воздуха?

Лабораторная работа 11
Кавитационные испытания центробежного насоса
К45–55а–УХЛ4 на закрытом стенде



Рисунок 11.1 – Установка для кавитационных испытаний центробежных насосов

Цель

Изучить методику кавитационных испытаний центробежного насоса

Задача

1. Определить допустимый кавитационный запас $\Delta h_{\text{доп}}$ и вакуумметрическую высоту всасывания $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ при заданной подаче Q и при постоянной частоте вращения насоса n
2. Построить в результате испытаний кавитационную характеристику насоса

Основные теоретические положения

Кавитацией называется нарушение сплошности потока жидкости, обусловленное появлением в ней пузырьков или полостей, наполненных паром и газом. Кавитация возникает, когда абсолютное давление в потоке падает до давления насыщенных паров жидкости при данной температуре. При этом из жидкости интенсивно выделяются пузырьки, заполненные парами жидкости и растворенными в ней газами (жидкость закипает). Обычно выделение газа из жидкости незначительно и не оказывает существенного влияния на технические параметры работы насосов, поэтому кавитацию называют паровой. В дальнейшем под термином кавитация будем подразумевать паровую кавитацию.

Выделяющиеся из жидкости в местах пониженного давления пузырьки, заполненные паром, уносятся потоком и, попадая в область с повышенным давлением, конденсируются. При этом частицы жидкости, окружающие пузырьки пара, с весьма большими скоростями устремляются в пространство, занимаемое ранее паром. Происходит столкновение частиц жидкости, сопровождающееся мгновенным местным повышением давления, достигающим сотен и даже тысяч атмосфер. Если конденсация происходит у стенок каналов насоса, то материал стенок быстро разрушается. Причем в первую очередь разрушаются те места, в которых имеются микроскопические трещины на поверхности стенок.

Внешним проявлением кавитации является наличие шума, вибрации, падение напора, подачи, мощности и КПД. При интенсивном проявлении кавитации наступает полный срыв работы насоса. Очевидно, что работа насоса в кавитационном режиме недопустима.

Возникновение и характер кавитационных явлений определяются кавитационным запасом Δh – превышением удельной энергии жидкости при входе в насос над удельной энергией её насыщенных паров

Кавитационные испытания проводятся для получения характеристики,

которая показывает зависимость подачи, напора, КПД, мощности от вакуумметрической высоты всасывания $h_{\text{вак}}$.

Для каждого насоса и режима его работы имеется максимальное значение $h_{\text{вак}}$, выше которого начинается кавитация. Поэтому испытания заключаются в определении критической $h_{\text{вак}}$, во всём диапазоне режимов, возможных при работе данного насоса.

В определённых границах изменения $h_{\text{вс}}$ значения Q , H , P остаются неизменными.

При некотором значении $h_{\text{вс}}$ появляются шумы и потрескивания, указывающих на начало местной кавитации. Изменений Q и H ещё не наблюдается.

Дальнейшее понижение $h_{\text{вс}}$ ведёт к уменьшению значения Q , H , P и усилению кавитации и срыву работы насоса.

Характер снижения кривых при кавитационных испытаниях зависит от типа рабочего колеса.

У центробежных лопастных насосов с $n_s < 100$ кривые Q , H , P почти не изменяются с уменьшением давления на всасывании и резко падают при кавитационном срыве. У насосов с $n_s = 100-350$ кривые снижаются постепенно до тех пор, пока не будет достигнута точка кавитационного срыва.

Начальная стадия кавитации определяется критическим кавитационным запасом $\Delta h_{\text{кр}}$, при котором в насосе наблюдается падение напора на 2%.

Определение величины $\Delta h_{\text{кр}}$ производится по экспериментальной графической зависимости ($H = f(\Delta h)$) при $Q = \text{const}$, $n = \text{const}$

$$\Delta h = \frac{P_a - P_{\text{пж}}}{\gamma} + \frac{v_{\text{вт}}^2}{2g} - h_{\text{вак}}, \quad (11.1)$$

где $\frac{P_a}{\gamma}$ – атмосферное давление, выраженное в метрах столба перекачиваемой жидкости (при нормальном давлении для воды – 10 метров);

$\frac{P_{пж}}{\gamma}$ – давление упругих паров перекачиваемой жидкости, м (таблица 3.1)

$v_{вт}$ – скорость во всасывающем трубопроводе, м/с;

$h_{вак}$ – вакуумметрическая высота всасывания, м

Напор насоса определяется по формуле

$$H = h_{вак} + h_{ман} + z + \frac{v_{нт}^2 - v_{вт}^2}{2g}, \quad (11.2)$$

где $h_{ман}$ – манометрический напор, м;

$v_{нт}$ – скорость воды в напорном трубопроводе, м/с;

z – расстояние по вертикали между точками замеров давлений, м.

Скоростной напор определяется из соотношения

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{8 \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d^4}. \quad (11.3)$$

Согласно стандарта кривая $H = f(\Delta h)$ должна быть построена не менее чем по 16 опытным точкам при 8 точках горизонтальной ветви характеристики. Для лабораторной работы достаточно 8 точек.

Испытания проводятся на установке закрытого типа (рисунок 11.1), схема которой представлена на рисунке 11.2. Испытания можно выполнять, в зависимости от поставленной задачи, на нижнем (а) или верхнем контуре (б).

На установках закрытого типа изменение $h_{вак}$ осуществляется разрежением над верхним уровнем жидкости в резервуаре с помощью вакуум-насоса.

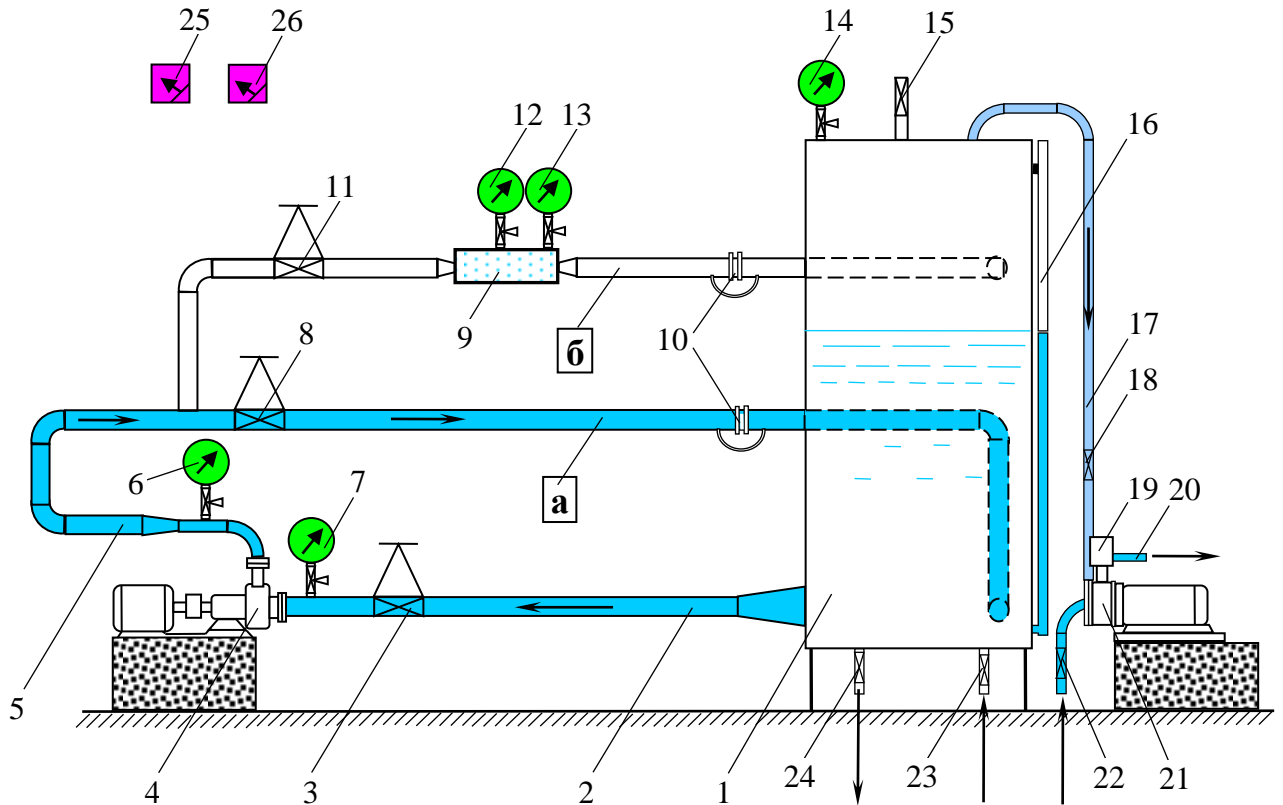


Рисунок 11.1—Схема установки для кавитационных испытаний центробежных насосов:

а– нижний контур; б–верхний контур; 1 – резервуар; 2 – всасывающий трубопровод; 3, 8, 11 – задвижки с электроприводом; 4 – центробежный насос; 5 – напорный трубопровод; 6, 7, 12, 13, 14 – мановакуумметры; 9 – смотровое окно; 10 – дифманометры; 15, 18, – вентили; 16 – уровнемер; 17 – воздушный трубопровод; 19 – расширительный бак; 20 – трубопровод для отвода избытка воды; 21 – водокольцевой вакуум-насос; 22 – вентиль на подводящем трубопроводе к вакуум-насосу; 23 – трубопровод с вентилем для заполнения резервуара; 24 – вентиль для сброса воды из резервуара; 25 – вольтметр; 26 – амперметр

Порядок выполнения работы:

Заполняется резервуар 1 водой через трубопровод 23. Степень заполнения бака контролируется по уровнемеру 16 при открытом вентиле 15.

При работе на нижнем контуре мановакуумметры 12,13,

электрозадвижка 11 и дифманометр 10 перекрываются.

Включается вакуум-насос 21. Поддерживается величина вакуума $0,4 \text{ кг·с/см}^2$ при помощи вентиля 15 и 18. Контроль осуществляется по мановакуумметру 14.

Запускается насос 4 при полностью открытой задвижке 3 на всасывающем трубопроводе 2. С помощью задвижки 8 на напорном трубопроводе 5, и дифманометра 10 устанавливается заданная подача Q .

Показания мановакуумметра 6, 7, дифманометра 10, вольтметра 25, амперметра 26 записываются в таблицу 11.1

Таблица 11.1–Результаты измерений

Показания	Ед. изм	Номера опытных точек								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Мановакуумметра 7	В	кг·с/см^2								
Мановакуумметра 6	М	кг·с/см^2								
Дифманометра 10	Q	$\text{м}^3/\text{ч}$								
Вольтметра 25	V	вольт								
Амперметра 26	I	А								

Прикрывается задвижка на всасывающем трубопроводе до тех пор, пока показания мановакуумметра 7 не изменятся на некоторую заданную величину. При этом для сохранения постоянной подачи насоса Q задвижка на напорном трубопроводе приоткрывается. Когда режим установится, записываются показания приборов.

Операцию по предыдущему пункту повторяется 2–3 раза, пока показания мановакуумметра 6 на напорном трубопроводе не начнут снижаться заметно быстрее чем мановакуумметра 7.

Интервал снижения показания мановакуумметра 7 при дальнейшем прикрытии задвижки на всасывающем трубопроводе уменьшается в 4-6 раз, чтобы снять показания приборов еще на 3–5 опытных точках, которые располагаются на «падающей» ветви (область участка) характеристики $H = f(\Delta h)$, (рисунок 11.3).

Таблица 11.2–Расчет кавитационного запаса

Наименование величин	Ед. изм	Номера опытных точек							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Вакуумметрическая высота всасывания $h_{\text{вак}}$	м								
Манометрическая высота нагнетания $h_{\text{ман}}$	м								
Скоростной напор во всасывающем трубопроводе $\frac{v_{\text{вт}}^2}{2g}$	м								
Разность скоростных напоров	м								
Напор насоса H	м								
Кавитационный запас Δh	м								
Мощность насоса P	кВт								

В таблице 11.2 приводятся результаты расчетов кавитационного запаса, на основании которых строятся графики $H=f(\Delta h)$, $P=f(\Delta h)$, $Q=f(\Delta h)$ (рисунок 11.3). По нему определяется величина $\Delta h_{\text{кр}}$, как двухпроцентное падение напора H .

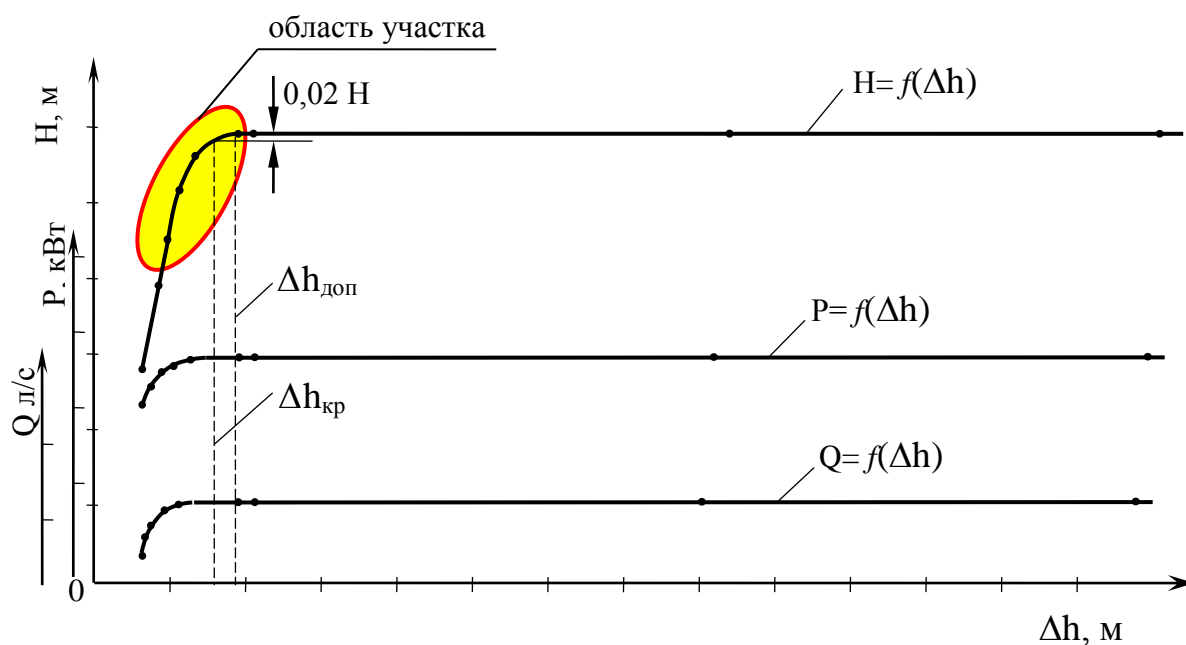


Рисунок 11.3 – Кавитационные характеристики центробежного насоса

Допустимый кавитационный запас напора согласно стандарта подсчитывается по формуле

$$\Delta h_{\text{доп}} = \alpha \cdot K_{\text{б}} \cdot K_{\text{ж}}, \quad (11.4)$$

где α – коэффициент, зависящий от величины $\Delta h_{\text{кр}}$, (таблица 11.3);

$K_{\text{б}}$ – коэффициент, зависящий от быстроходности насоса, (таблица 11.4)

$K_{\text{ж}}$ = коэффициент, зависящий от рода жидкости, для воды $K_{\text{ж}} = 1$.

Таблица 11.3–Зависимость величины α от $\Delta h_{\text{кр}}$

$\Delta h_{\text{кр}}$	0	2	4	7	8	10	12	14	16
α	1,60	1,37	1,20	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,06

Таблица 11.4–Зависимость величины $K_{\text{б}}$ от n_s

n_s	300	180	75	40
$K_{\text{б}}$	1,100	1,094	1,052	1,014

Допустимая вакуумметрическая величина всасывания подсчитывается по формуле

$$H_{\text{вак}}^{\text{доп}} = \frac{P_a - P_{\text{пж}}}{\gamma} + \frac{v_{\text{в}}^2}{2g} - \Delta h_{\text{доп}}. \quad (11.5)$$

Контрольные вопросы

1. Что такое кавитация, каковы её внешние признаки?
2. Что называется кавитационным запасом Δh и как его определить при испытаниях?

3. Что называется критическим кавитационным запасом $\Delta h_{кр}$?
4. Что называется допусаемым кавитационным запасом $\Delta h_{доп}$?
5. Что такое высота всасывания и как она связана с кавитацией?
6. Что называется кавитационной характеристикой и как она изображается графически?
7. Что называется частной кавитационной характеристикой и как её получить при испытаниях?
8. Как получают кавитационную характеристику центробежного насоса?

Лабораторная работа 12

Гидравлический удар в напорных трубопроводах



Рисунок 12.1—Установка для изучения гидравлического удара

Цель работы

Уяснить причины, вызывающие гидравлический удар

Задача работы

Определить величину повышения давления в напорной сети в коротком и длинном трубопроводах

Основные теоретические положения

При быстром открытии или закрытии запорных механизмов на напорном трубопроводе, остановки турбины или насоса происходит резкое изменение давления, распространяющееся с большой скоростью по трубопроводу. Возникает гидравлический удар.

Гидравлическим ударом называется повышение или понижение гидродинамического давления в напорном трубопроводе, вызванное изменением во времени величины скорости движения жидкости.

Это может привести к аварии на трубопроводе или подающем оборудовании при отсутствии специальных защитных мер. Вообще гидравлический удар может возникнуть от многих факторов, а гидравлический удар, возникающий при резком закрытии задвижки, называется прямым.

Н.Е. Жуковский (1898) установил, что при мгновенном закрытии задвижки, максимальное повышение давления в трубопроводе достигает величины

$$\Delta H = \frac{v_0 \cdot \alpha}{g}, \quad (12.1)$$

где ΔH - повышение давления воды в трубопроводе сверх напора, м;
 v_0 – первоначальная скорость движения потока воды в трубопроводе, м/с;
 α – скорость распространения ударной волны в трубопроводе, м/с.

Скорость распространения ударной волны в воде α зависит от материала стенок трубопровода и объемного модуля упругости жидкости. Величину α можно определить по формуле

$$\alpha = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{2,1 \cdot 10^4 \cdot d}{E \cdot \delta}}}, \quad (12.2)$$

где E – модуль упругости материала стенок, кгс/см², для стали $2,1 \cdot 10^6$;
 d – внутренний диаметр трубопровода, см;
 δ – толщина стенок трубопровода, см.

Величина α редко превышает 1000 м/с, при максимальном ее значении 1425 м/с. Снижается она в основном, из-за наличия в воде нерастворенного воздуха и газов (таблица 12.1).

Таблица 12.1 – Значения скорости распространения ударной волны

Диаметр трубопровода	Расчетное значение α , м/с	
	наибольшее	наименьшее
< 100	1200	600
100 – 600	1100	550
> 600	1000	500

Порядок выполнения работы:

Испытания проводятся на установке, изображенной на рисунке 12.1, схема которой представлена на рисунке 12.2

Испытания проводятся по двум схемам: *а)* движение воды по короткому трубопроводу; *б)* по удлиненному трубопроводу.

При схеме *a*, открывается задвижка 17 на подводящем трубопроводе, при закрытых задвижках 11, 18 и вентилях 15, открываются вентили 13 и 14, пробковый кран 7. При этом вода попадает в приемный бак 8 с водосливом 9. По трубопроводу будет проходить определенный расход, излишек подаваемой воды будет уходить в баке 1 через перелив 2. Проходящий расход замеряется водосливом 9 в баке 8. В водомерном баке 5 устанавливается определенный уровень воды. Включатся в работу самописец. При установившемся расходе и уровне воды, резко закрывается пробковый кран 7 и снимаются показания манометра 6. Для контроля, опыт повторяется 2 – 3 раза. Рассчитывается величина гидравлического удара и сравнивается с полученной в результате опытов.

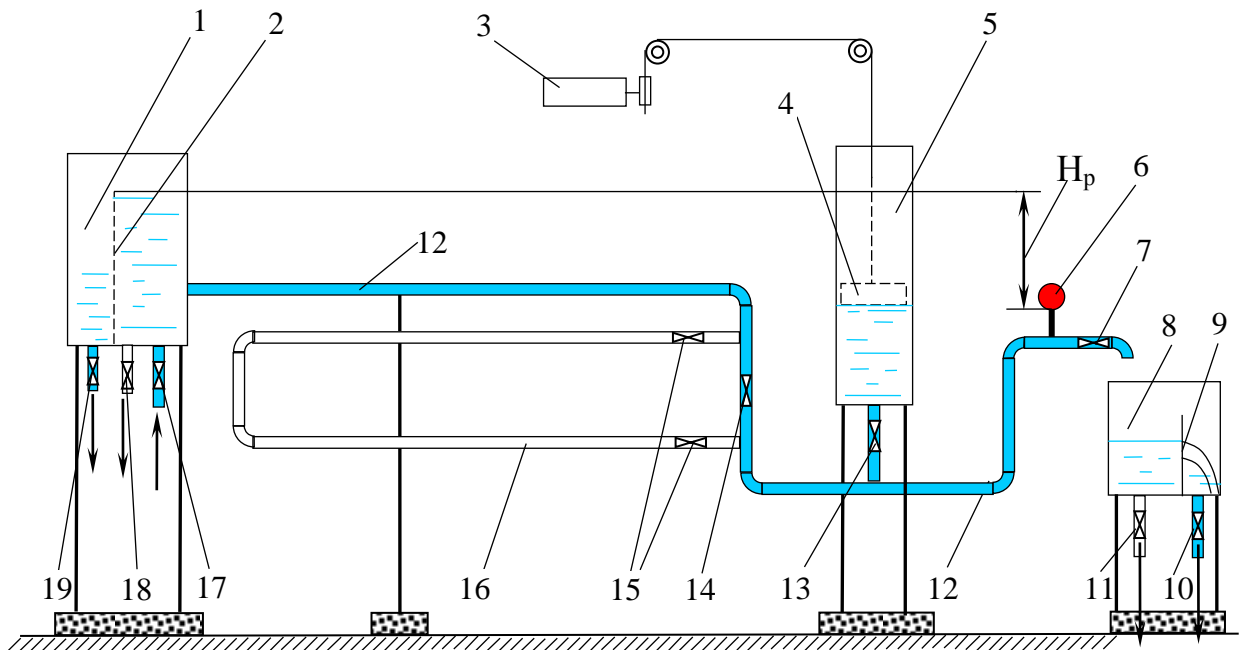


Рисунок 12.2 – Схема установки для изучения гидроудара:

1 – напорный бак; 2 – переливной водослив для поддержания постоянного уровня; 3 – самописец уровня воды «Валдай»; 4 – поплавок самописца; 5 – уровнемерный бак; 6 – манометр на напорном трубопроводе; 7 – регулировочный пробковый кран на напорном трубопроводе; 8 – приемный бак с треугольным водосливом —9; 10, 11, 18 и 19 – задвижки для сброса воды; 12 – основная напорная линия; 13 – вентиль к уровнемерному баку; 14 – вентиль переключения; 15 – вентили на дополнительной напорной линии —16; 17 – задвижка на подводящем трубопроводе.

При схеме б, закрывается вентиль 14, открываются вентили 15 и пускается вода по длинному трубопроводу. Проводятся испытания также как и при схеме а.

Результаты замеров заносятся в таблицу 12.2, а результаты расчетов в таблицу 12.3 и 12.4.

Таблица 12.2 – Результаты измерений

Показания	Ед. изм	Номера опытов		
		1	2	3
схема а				
Уровня воды над водосливом,	м			
Манометра М	кг·с/см ²			
Отсчета по самописцу	м			
схема б				
Уровн воды над водосливом	м			
Манометра М	кг·с/см ²			
Отсчета по самописцу	м			

Отметка гребня водослива – _____, м

Таблица 12.3 – Результаты вычислений по схеме а

Наименование величин	Ед. изм	Номера опытов		
		1	2	3
Расход Q	м ³ /с			
Напор при гидравлическом ударе по опытам Н _{оп}	м			
Скорость в трубе v ₀	м/с			
Скорость распространения ударной волны α	м/с			
Напор в трубопроводе расчетный Н _р	м			

Таблица 12.4 – Результаты вычислений по схеме б

Наименование величин	Ед. изм	Номера опытов		
		1	2	3
Расход, Q	м ³ /с			
Напор при гидроударе по опытам Н _{оп}	м			
Скорость в трубе v ₀	м/с			
Скорость распространения ударной волны α	м/с			
Напор в трубопроводе расчетный Н _р	м			

Находится процент отклонения напоров при гидравлическом ударе и делается вывод самостоятельно.

$$\frac{H_p - H_{оп}}{H_{оп}} \cdot 100\%, \quad (12.3)$$

Контрольные вопросы

1. Какие факторы вызывают гидравлический удар в трубопроводе?
2. От чего зависит скорость распространения ударной волны?
3. Что вызывает возникновение прямого гидравлического удара?
4. Какой трубопровод называется простым?
5. Какие причины вызывают отклонение расчетного напора от опытного?

Приложение А

Техника безопасности при проведении лабораторных работ

1. К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, изучающие теоретический курс дисциплины Насосные станции водоснабжения и водоотведения, ознакомленные с настоящей инструкцией.

2. При выполнении лабораторной работы необходимо строго соблюдать дисциплину и четко выполнять указания преподавателей и руководителей лаборатории.

3. Включать двигатели насосных агрегатов можно только с разрешения и в присутствии преподавателей и руководителей лаборатории.

4. При выполнении лабораторной работы запрещается:

а) отступать от методики выполнения данной работы;
б) прикасаться к вращающимся деталям насосных установок;
в) снимать крышки с электрических приборов (магнитных пускателей, амперметров, ваттметров и т.д.);

г) открывать и закрывать задвижки и краны, не предусмотренные методикой выполнения данной работы;

д) подходить к другим лабораторным установкам, приборам, макетам;

е) самовольно разбирать или приводить в действие макеты и установки, не предусмотренные методикой выполнения данной работы.

5. После завершения лабораторной работы, необходимо отключить электродвигатели, подачу воды.

Приложение Б

НАСОСЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОНСОЛЬНЫЕ типа К и ЭЛЕКТРОНАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ НА ИХ ОСНОВЕ

НАЗНАЧЕНИЕ

Насосы центробежные консольные типа 1К 8/18, 1К 20/30 и агрегаты электронасосные на их основе предназначены для перекачивания воды (кроме морской), а также других жидкостей, сходных с водой по плотности, вязкости и химической активности, с температурой от -10 до +85 °С, рН=6÷9, с содержанием твердых включений не более 1% по массе и не более 0,2 мм по размеру.



Насосы (агрегаты) не предназначены для эксплуатации во взрыво- и пожароопасных помещениях.

СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ

Пример обозначения:

1К 8/18 а УЗ.1

модернизации

консольный

подача, м³/ч

напор, м

номинальный диаметр рабочего колеса, мм

«м»– увеличенный, «а», «б»– уменьшенный диаметр

рабочего колеса (в основном исполнении не указывается)

обозначение климатического исполнения и категории размещения

1 К XX / XX x УЗ.1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

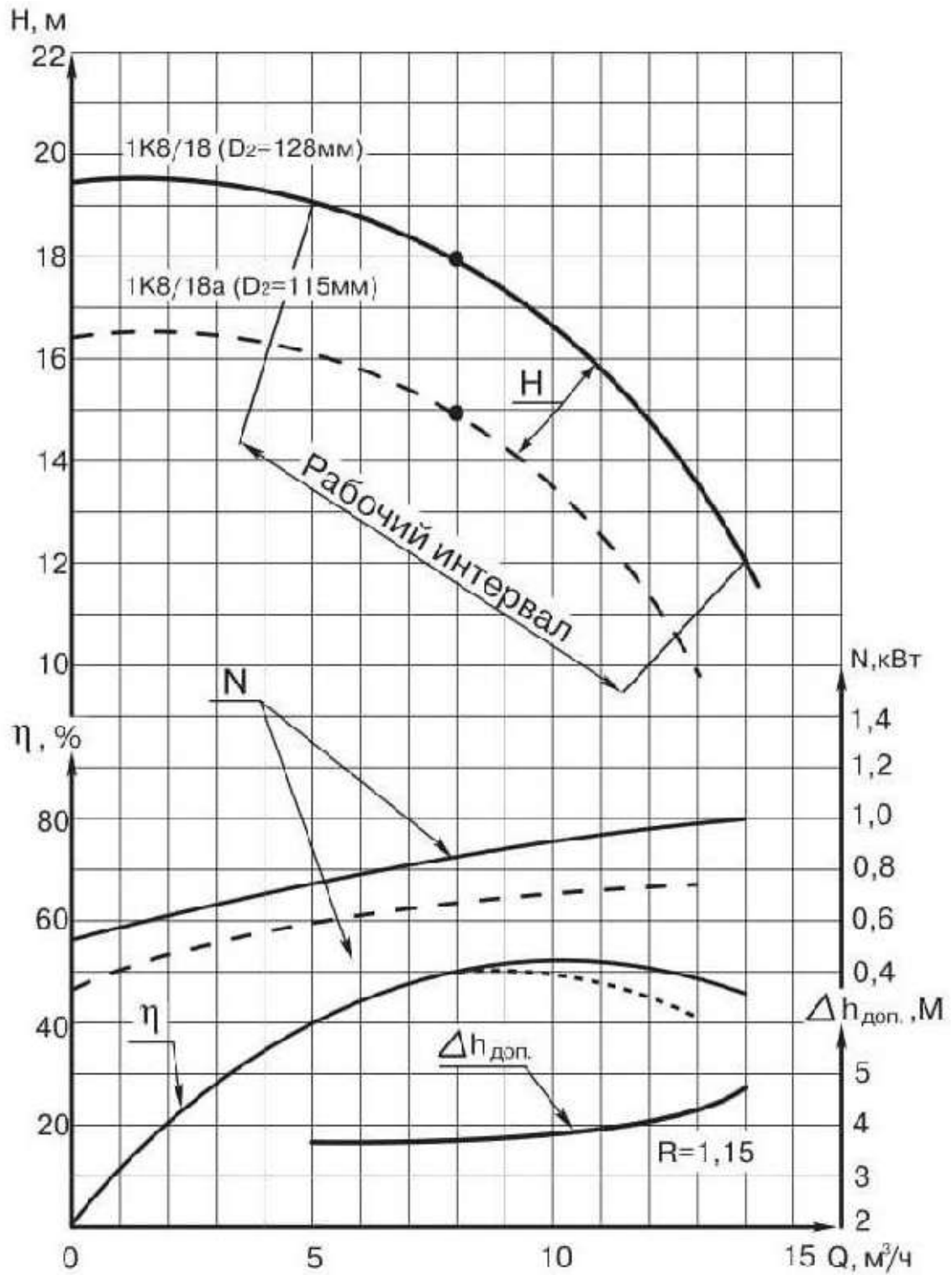
наименование показателя	1К 8/18	1К 20/30
подача, м ³ /ч (л/с)	8 (2,2)	20 (5,6)
напор, м	18	30
частота вращения, с ⁻¹ (об/мин)	48 (2900)	
давление на входе в насос, МПа (кгс/см ²), не более	0,25 (2,5)	
допускаемый кавитационный запас, м, не более	3,8	
утечка через сальниковое уплотнение, м ³ /ч (л/с)	(0,3÷1,5)×10 ⁻³ (0,3÷1,5)	
КПД насоса, %, не менее	53	64
потребляемая мощность насоса, кВт	1,2	3,5
электропитание	~ 220/380 В; 50 Гц	

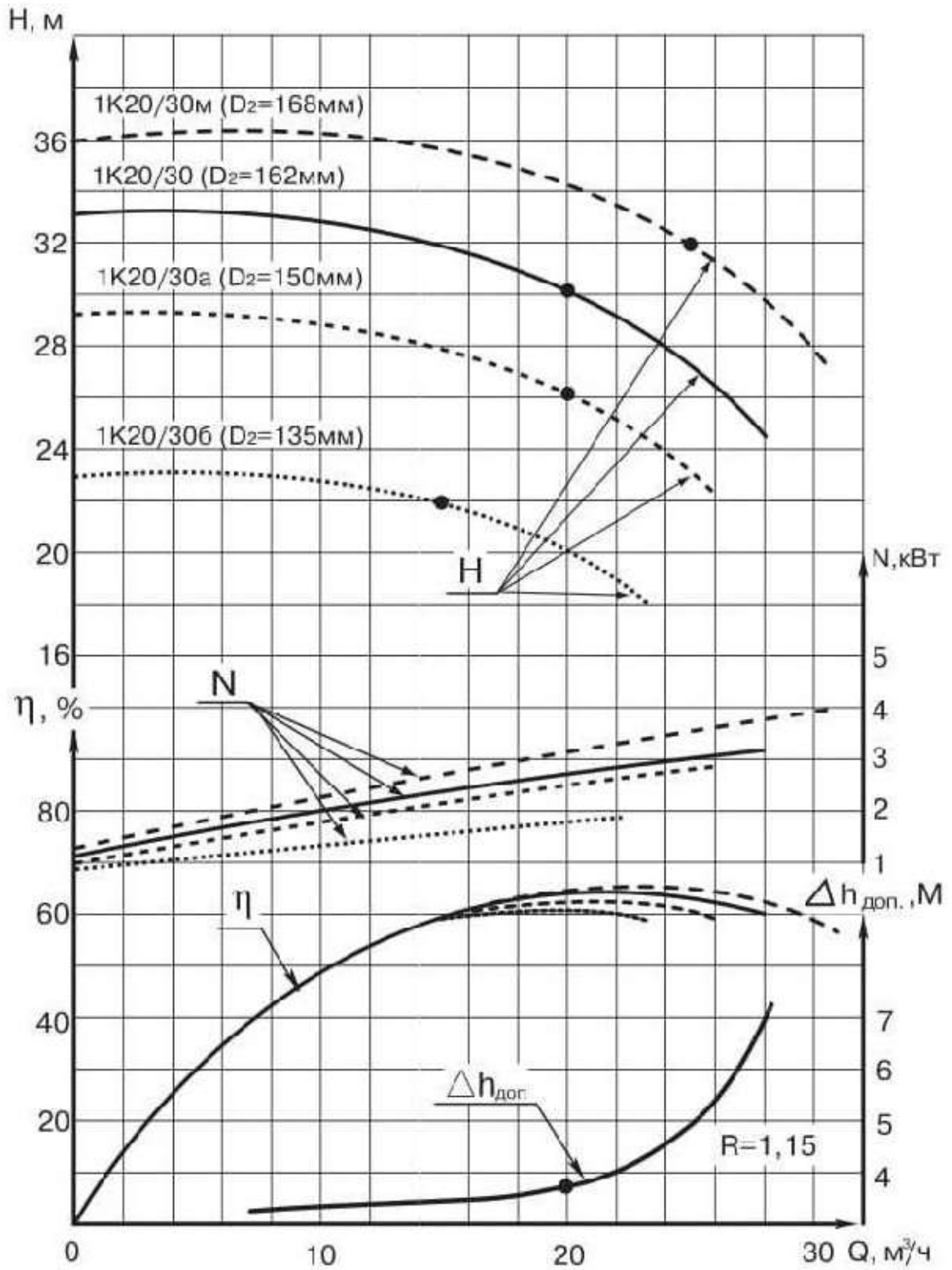
ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСОВ типа К

1К 8/18

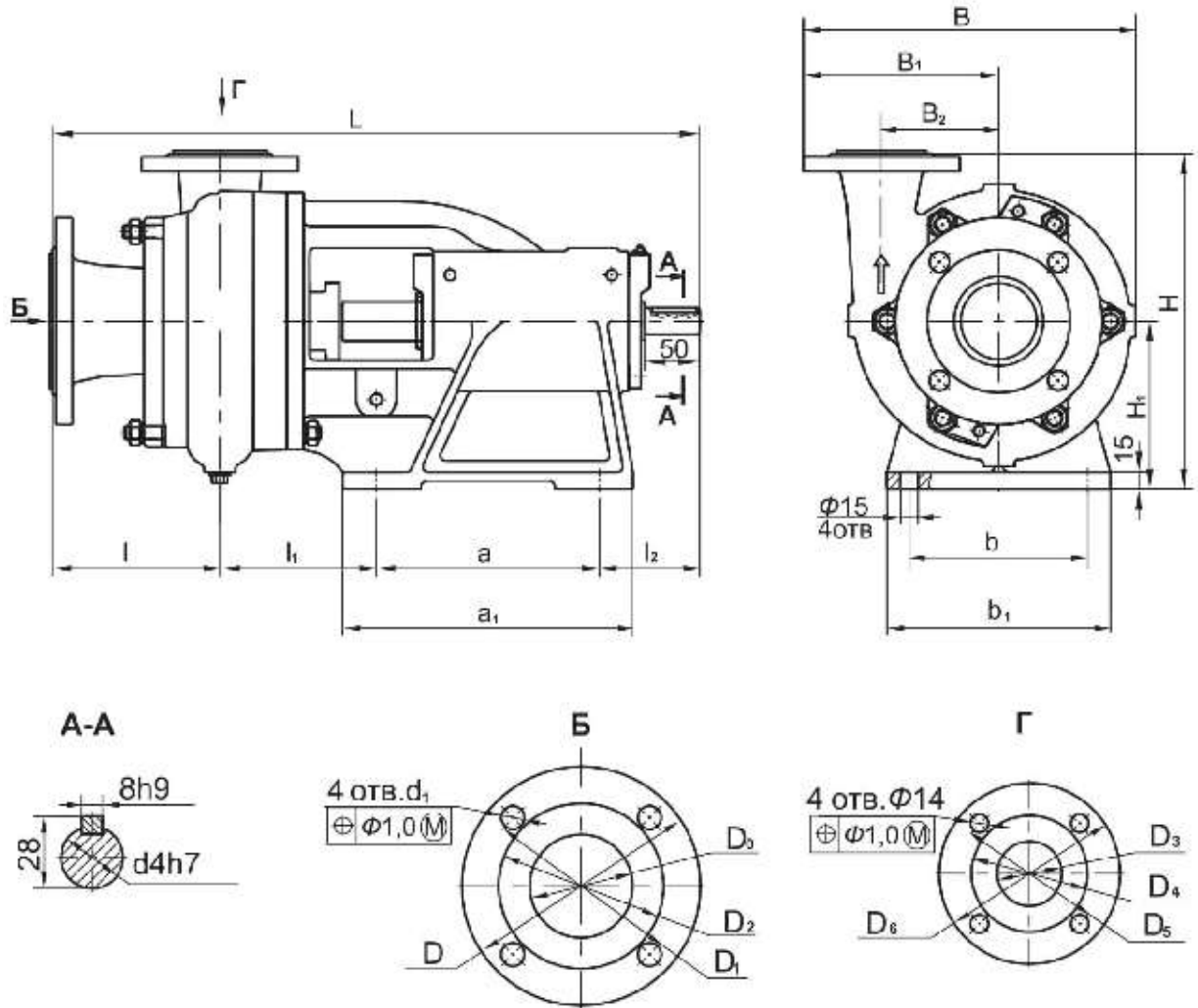
Частота вращения 48 с^{-1} (2900)

Жидкость – вода ($20 \text{ }^\circ\text{C}$), плотность 1000 кг/м^3



1К 20/30Частота вращения 48 с^{-1} (2900)Жидкость – вода ($20 \text{ }^\circ\text{C}$), плотность 1000 кг/м^3 

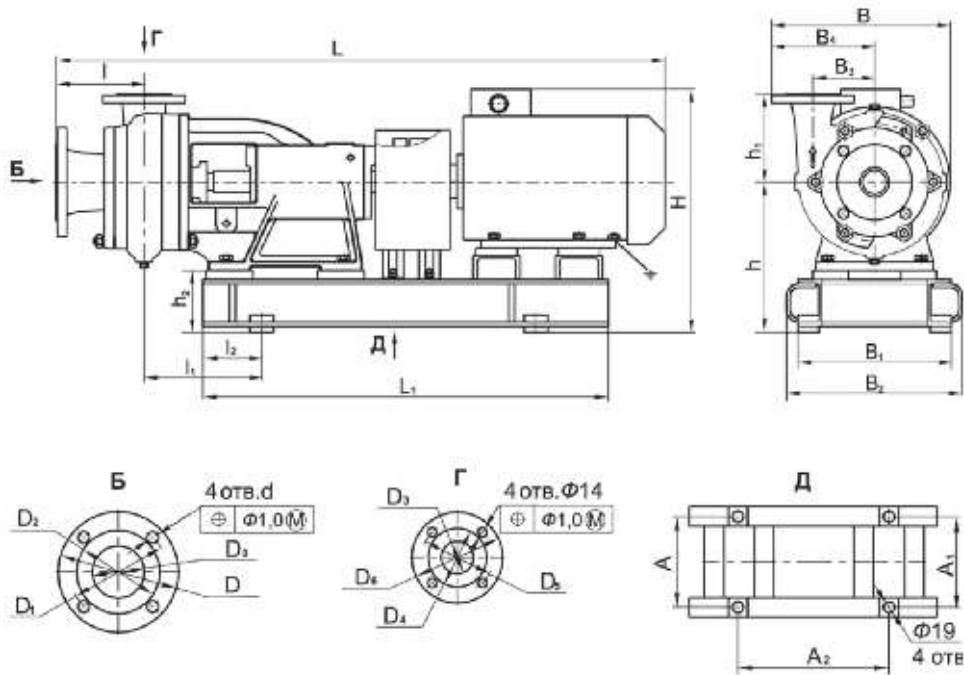
ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ НАСОСОВ



МАРКА НАСОСА	РАЗМЕРЫ В ММ												
	L	l	l ₁	l ₂	a	a ₁	b	b ₁	B	B ₁	B ₂	H	H ₁
1K 8/18	466	120	115	91	195	140±0,7 м	160	130±0,7м	230	135	75	240	120
1K20/30	466	120	115	91	195	140±0,7 м	160	130±0,7м	275	163	98	270	120

МАРКА НАСОСА	РАЗМЕРЫ В ММ												МАССА, КГ
	d	d	D	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	
1K 8/18	25	14	140	50	110	90	32	70	90	120	95	110	27
1K20/30	25	14	160	65	130	100	40	80	100	130	100	125	30,5

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ АГРЕГАТА



МАРКА АГРЕГАТА	ДВИГАТЕЛЬ				РАЗМЕРЫ В ММ													
	МАРКА	МОЩН. кВт	ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ С ⁻¹ (ОБ/МИН)	НАПР В	L	L ₁	l	l ₁	l ₂	A	A ₁	A ₂	B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	H
1K 8/18 1K8/18a	SA80MA2	1,5	50 (3000)	220/ 380	785	525	120	185	109	240	240	336	230	296	312	75	125	323
	A80A2				790													330
	AIP80A2				790													328
1K 20/30м	AIP100L2	5,5	50 (3000)	220/ 380	865	580	120	185	102	250	250	379	300	300	98	163	343	
	A100L2				915												370	
1K 20/30	AIP100S2	4,0			50 (3000)	220/ 380											835	555
	A100S2		870	343														
1K 20/30a	AIP90L2	3,0	50 (3000)	220/ 380			810	560	120	185	102	240	240	355	275	290	290	98
	A90L2				845	343												
1K 20/30б	AIP80B2	2,2			50 (3000)	220/ 380	815	525										
	A80B2		810	353														
	5A80MB2		810	353														

МАРКА АГРЕГАТА	МАРКА ДВИГАТЕЛЯ	РАЗМЕРЫ В ММ														МАССА КГ
		h	h ₁	h ₂	d ₁	D	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	
1K 8/18 1K8/18a	SA80MA2	203	120	83	14	140	50	110	90	32	70	90	120	110	95	61
	A80A2															56
	AIP80A2															56
1K 20/30м	AIP100L2	193	150	73	14	160	65	130	100	40	80	100	130	125	100	81
	A100L2															72
1K 20/30	AIP100S2	193	150	73												14
	A100S2				66											
1K 20/30a	AIP90L2	193	150	73	14	160	65	130	100	40	80	100	130	125	100	
	A90L2															64
1K 20/30б	AIP80B2	203	120	83												14
	A80B2				61											
	5A80MB2				63											

АГРЕГАТЫ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ типа X

НАЗНАЧЕНИЕ

Насосы центробежные типа X50-32-125-ЛСУ-4 предназначены для перекачивания химически активных и нейтральных жидкостей максимальной плотностью 1850 кг/м^3 и содержащих твердые включения в количестве до 0,1% по объёму с размером частиц до 0,2 мм, для которых скорость проникновения коррозии материала проточной части составляет 0,1 мм/год.

Кинематическая вязкость перекачиваемой жидкости до $30 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Пределы температуры перекачиваемой жидкости от -40 до $+120 \text{ }^\circ\text{C}$.



СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ

Пример обозначения:

X50-32-125a-ЛСУ-4

X – тип насоса – химический

50 – диаметр входа, мм

32 – диаметр выхода, мм

125 – номинальный диаметр рабочего колеса, мм

a – уменьшенный диаметр рабочего колеса (в основном исполнении не указывается)

Л – условное обозначение материала проточной части

С – тип уплотнения вала (одинарный мягкий сальник)

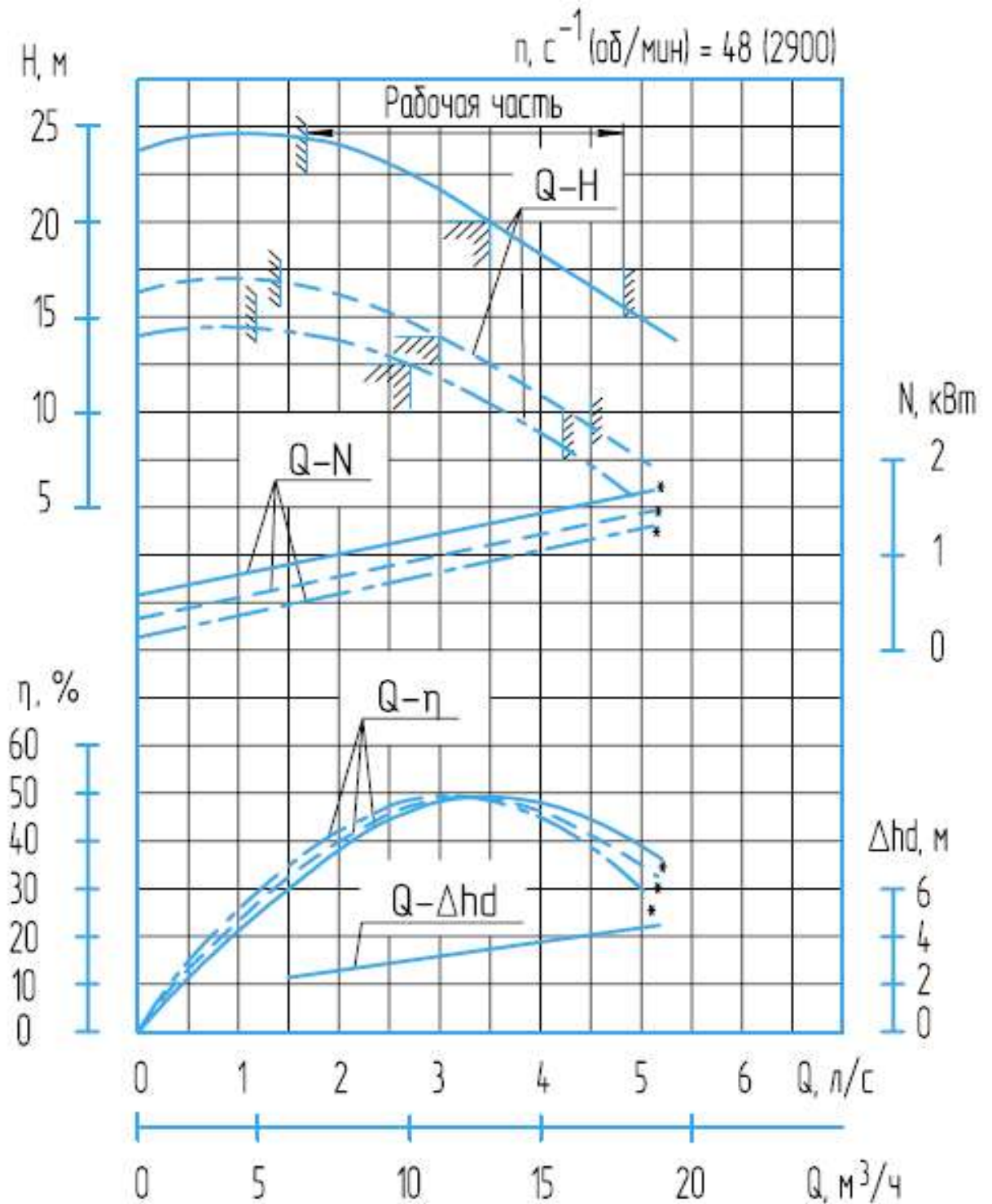
У – климатическое исполнение (районы с умеренным климатом)

2 – категория размещения при эксплуатации

марка насоса (агрегата)	диаметр рабочего колеса, мм	подача, $\text{м}^3/\text{ч}$, (л/с)	напор, м	частота вращения, с^{-1} (об/мин)	потребляемая мощность насоса, кВт	допускаемый кавитационный запас, м	КПД насоса, %	масса, насоса кг
X50-32-125	132	12,5 (3,5)	20	48 (2900)	1,4	3,5	50	37
X50-32-125a	120	10,5 (2,92)	14		1			
X50-32-125b	110	10 (2,78)	12,5		0,7			

марка насоса (агрегата)	плотность перекачиваемой жидкости, т/м^3			
	до 1,3		свыше 1,3 до 1,85	
	тип двигателя	мощность, кВт	тип двигателя	мощность, кВт
X50-32-125	АИР90L2 АИМ90L2	3	АИР100S2 АИМ100S2	4
X50-32-125a				
X50-32-125b				

ХАРАКТЕРИСТИКА НАСОСА X50-32-125



- характеристика насоса X50-32-125
- характеристика насоса X50-32-125a
- характеристика насоса X50-32-125b

* – насосы испытаны на воде

Приложение В

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ ДВУХСТОРОННЕГО ВХОДА типа Д и ЭЛЕКТРОНАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ НА ИХ ОСНОВЕ

НАЗНАЧЕНИЕ

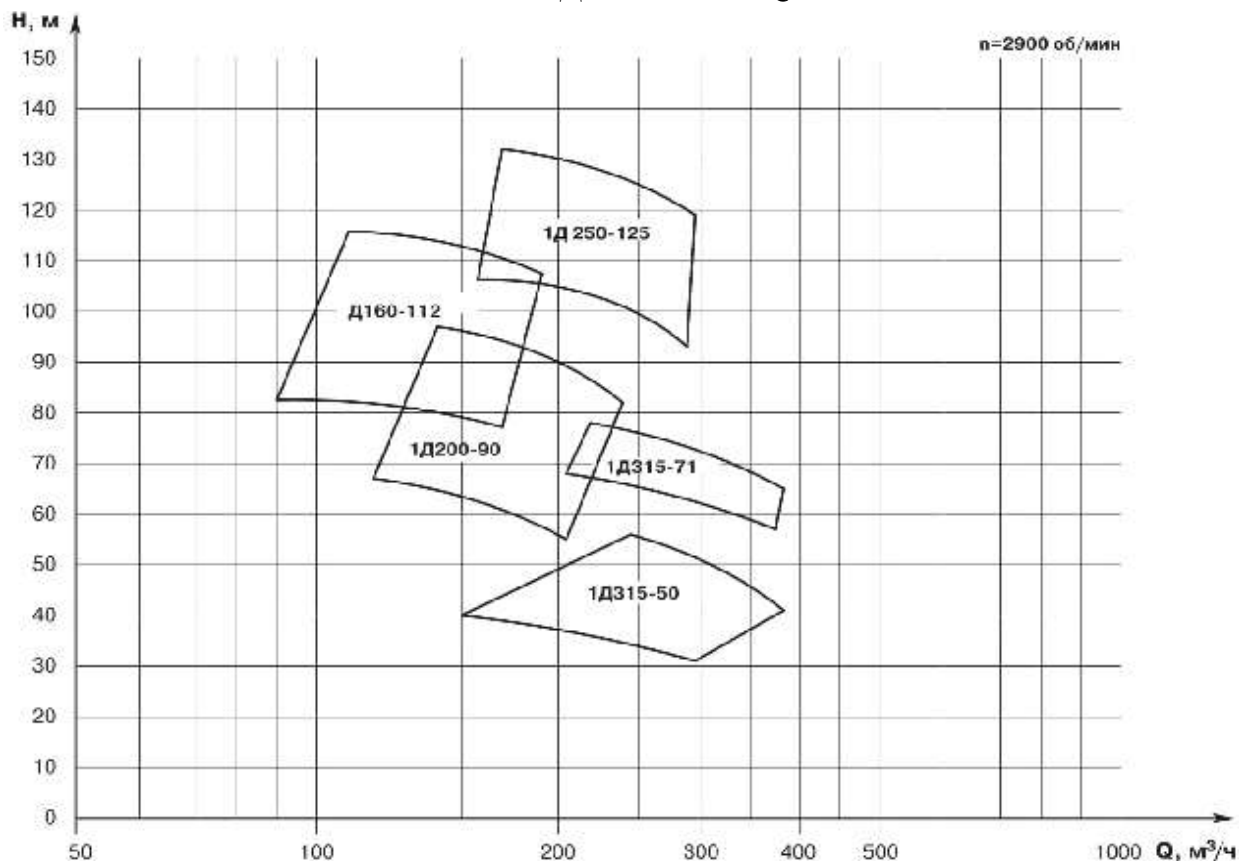
Насосы центробежные двухстороннего входа типа Д и электронасосные агрегаты на их основе предназначены для перекачивания воды и других жидкостей, имеющих сходные с водой свойства по вязкости до 36×10^{-6} м/с (36сСт) и химической активности, температурой от 1 до 85°C, с содержанием твердых включений по массе не более 0,05%, размером не более 0,2мм и микротвёрдостью не более 6,5 ГПа (650 кгс/мм²).

Насосы изготавливаются в климатическом исполнении УХЛ, Т категории размещения 3.1, 2 по ГОСТ 15150-69

Насосы не предназначены для эксплуатации во взрыво- и пожароопасных помещениях.



СВОДНОЕ ПОЛЕ Q–H



СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ

ПРИМЕРЫ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1Д200-90 УХЛ3.1; Д2500-62а-СТ-2 УХЛ4 Э	X	Д	XXXX	XX	x	Xx	X	УХЛХ	X
порядковый номер модернизации по системе предприятия изготовителя*									
насос двухстороннего входа									
подача, м ³ /ч									
напор, м									
обозначение обточки рабочего колеса (в основном исполнении не указывается)									
обозначение исполнения по материалу рабочего колеса и уплотнительного кольца при экспортном варианте (в основном исполнении не указывается)									
порядковый номер модернизации по системе предприятия изготовителя*									
обозначение климатического исполнения и категории размещения при экспортной поставке									
отличительный индекс экспортного исполнения									

* — номер модернизации насоса у предприятий-изготовителей отличаются

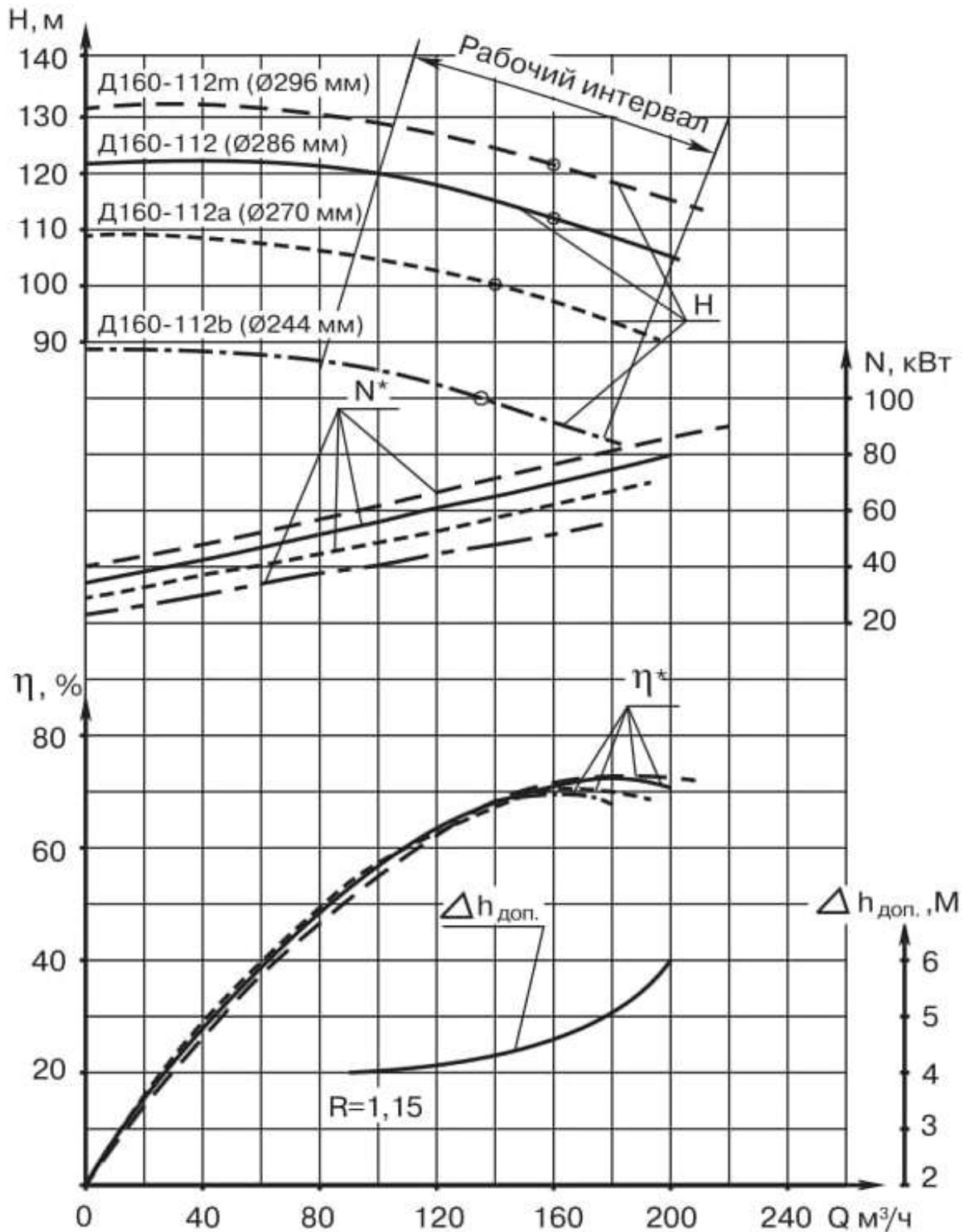
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСОВ типа Д

марка насоса (агрегата)	подача, м ³ /ч, (м ³ /с)	напор, м	частота вращения, с ⁻¹ (об/мин)	потребляемая мощность насоса, кВт	допускаемый кавитационный запас, м	КПД насоса, %	масса, насоса кг
Д160-112м	160 (0,044)	122	48,3 (2900)	78	4,8	73	200
Д160-112	160 (0,044)	112		70		73	
Д160-112а	150 (0,041)	100		58		71	
Д160-112б	135 (0,037)	80		45		67	
1Д200-90	200 (0,055)	90	48,3 (2900)	65	5,5	77	145
1Д200-90а	180 (0,049)	74		50	5,8	74	
1Д200-90б	160 (0,044)	62		37	5,9	69	
1Д250-125	250 (0,069)	125	48,3 (2900)	110	6,0	76	165
1Д250-125а	240 (0,066)	101		85	6,4	73	
1Д250-125б	225 (0,063)	90		75	6,5	70	
1Д315-50	315 (0,087)	50	48,3 (2900)	53	6,6	83	190
1Д315-50а	300 (0,083)	42		42	6,7	79	
1Д315-50а	230 (0,061)	36		28	6,8	74	
1Д315-71	315 (0,087)	71	48,3 (2900)	78	6,5	83	190
1Д315-71а	300 (0,083)	62		63	7,0	79	
1Д315-71б	280 (0,078)	52		55	7,3	75	

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСОВ типа Д

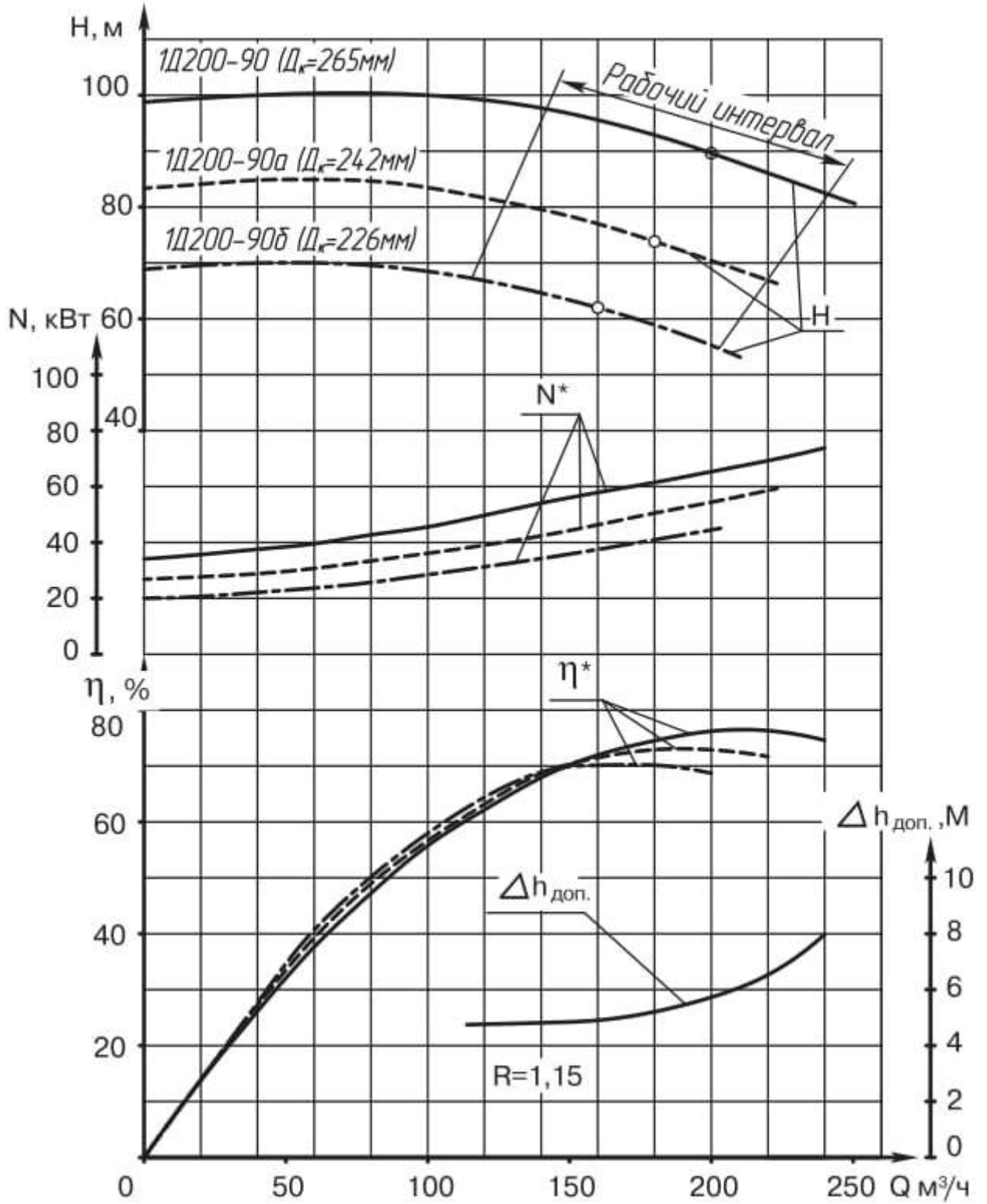
Д160-112

* – данные для насоса
 частота вращения $48,3 \text{ с}^{-1}$ (2900 об/мин)
 жидкость – вода (20°C), плотность 1000 кг/м^3



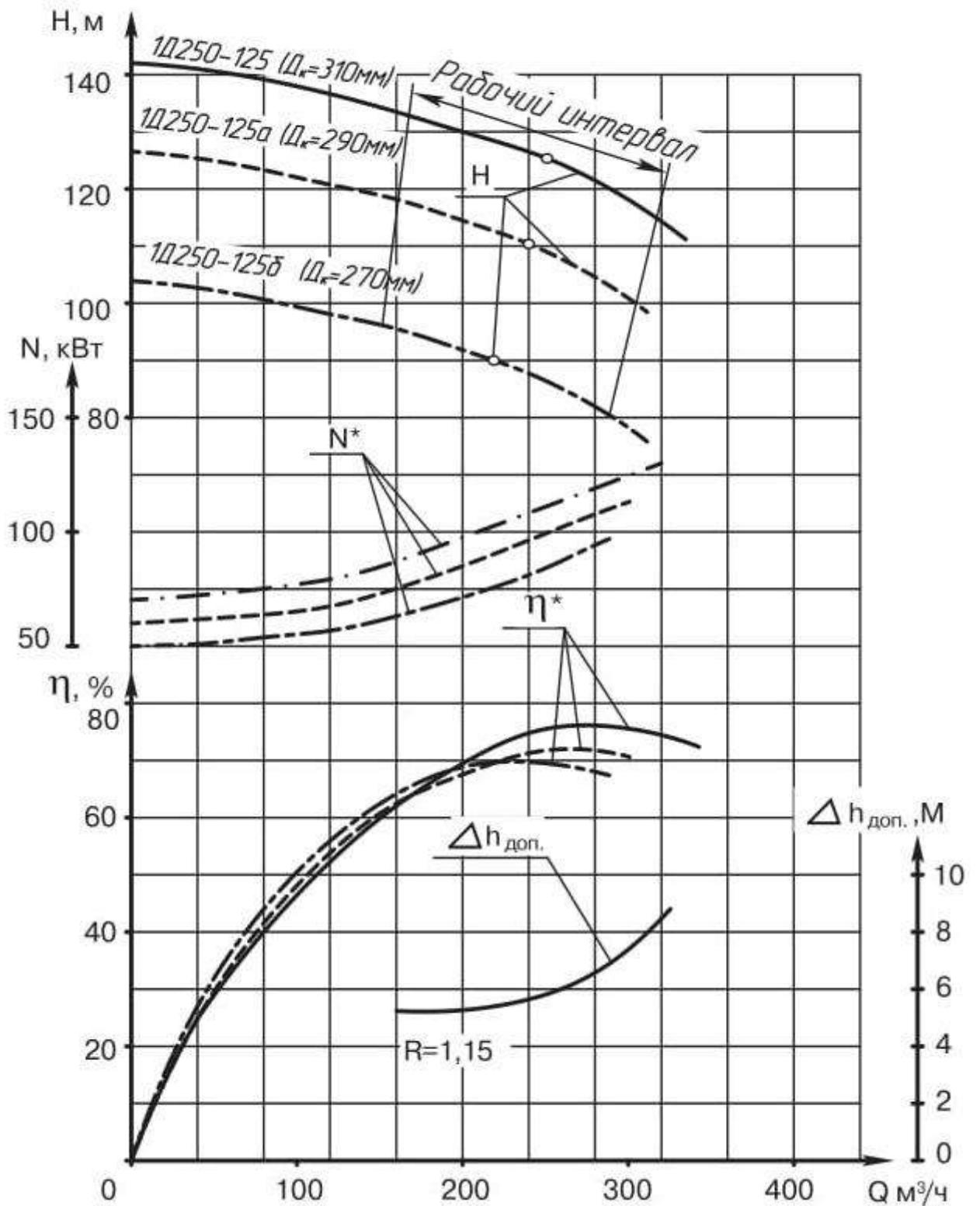
1Д200-90

* – данные для насоса
 частота вращения $48,3 \text{ с}^{-1}$ (2900 об/мин)
 жидкость – вода (20°C), плотность 1000 кг/м^3



1Д250-125

* – данные для насоса
 частота вращения $48,3 \text{ с}^{-1}$ (2900 об/мин)
 жидкость – вода (20°C), плотность 1000 кг/м^3

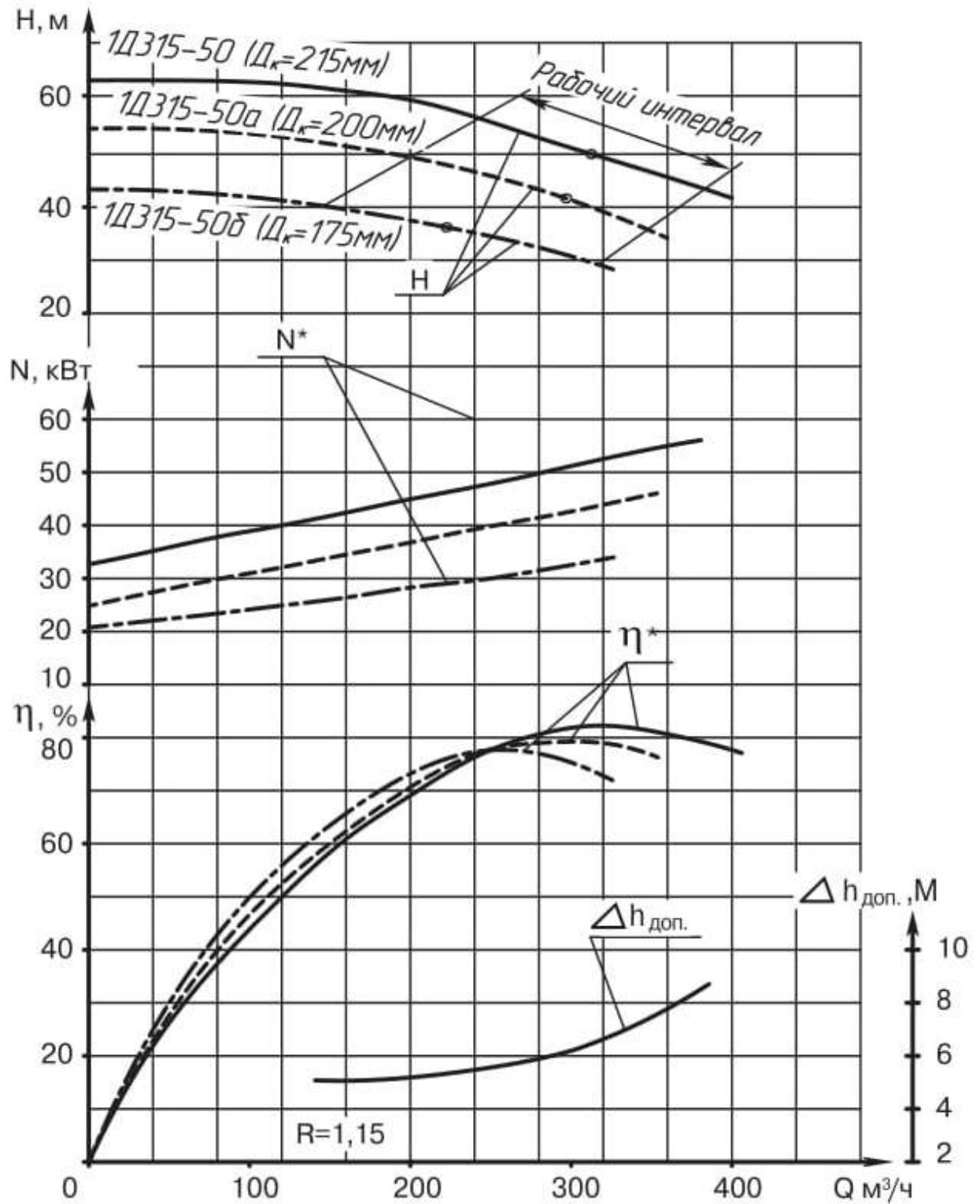


1Д315-50

* – данные для насоса

частота вращения $48,3 \text{ с}^{-1}$ (2900 об/мин)

жидкость – вода (20°C), плотность 1000 кг/м^3

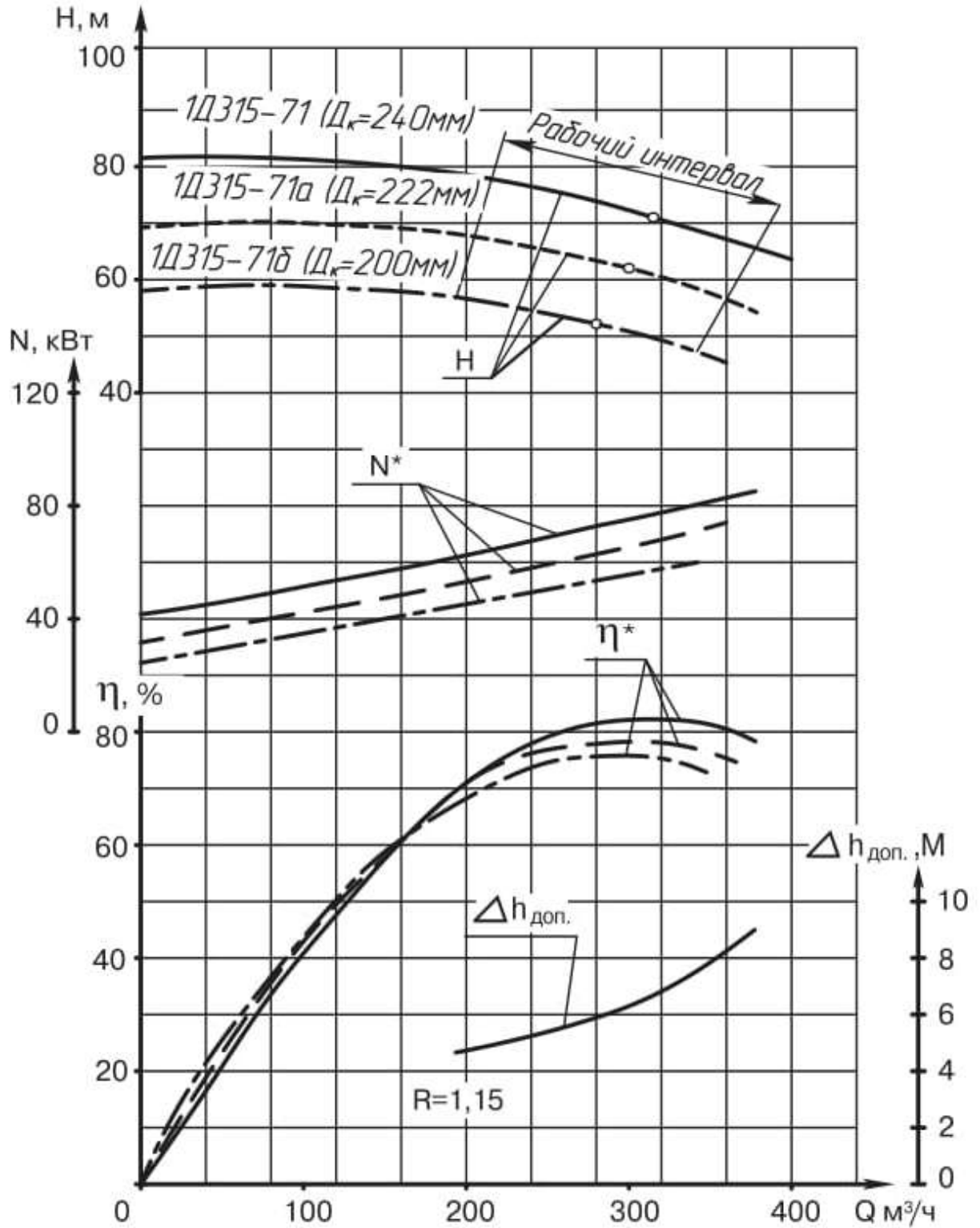


1Д315-71

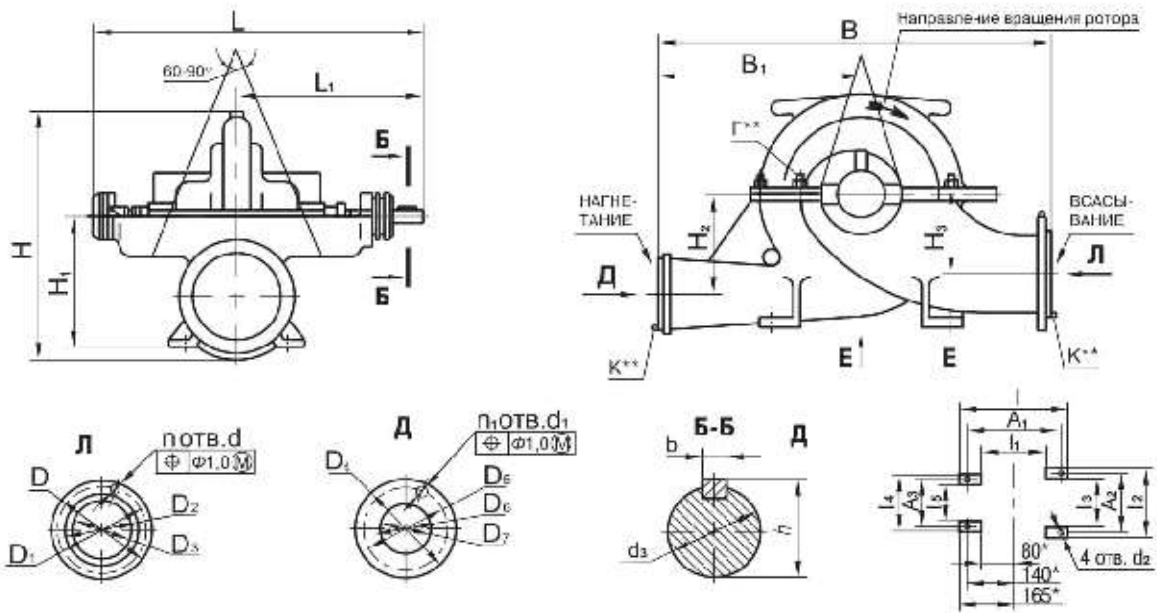
* – данные для насоса

частота вращения $48,3 \text{ с}^{-1}$ (2900 об/мин)

жидкость – вода (20°C), плотность 1000 кг/м^3



ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ НАСОСОВ



*Размеры для насосов 1Д200-90, 1Д250-125, 1Д315-50, 1Д315-71
пломбирование.

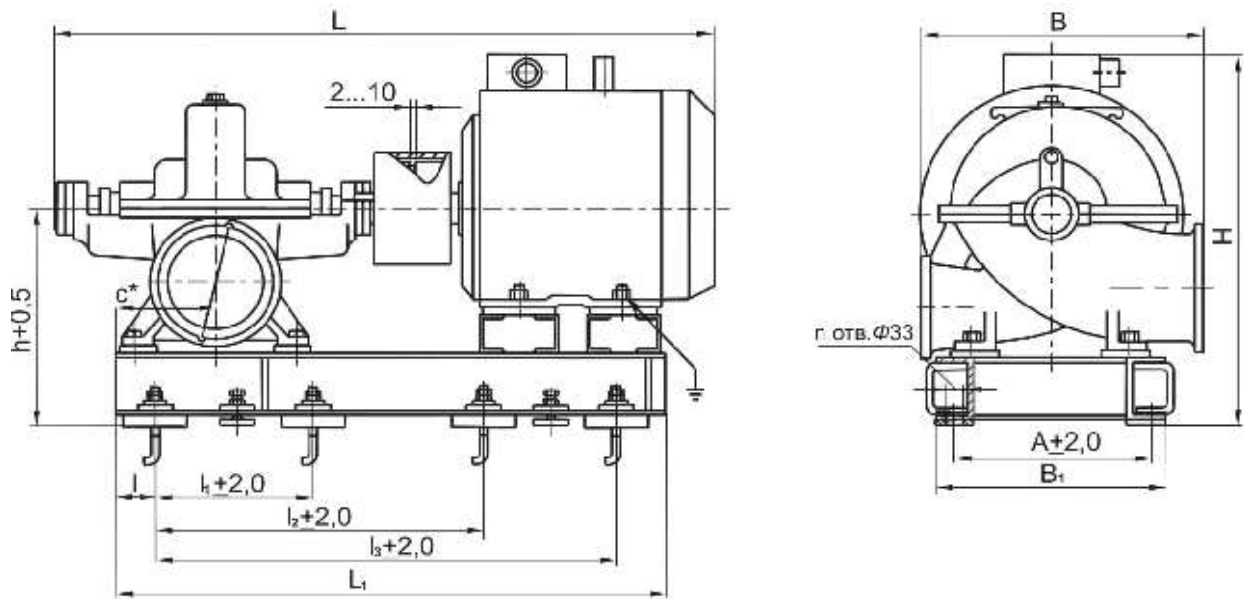
Г** – гарантийное пломбирование. К** – консервационное пломбирование.

марка насоса	размеры в мм													
	L	L ₁	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	B	B ₁	H	H ₁	H ₂	H ₃
Д160-112	790	450	450	210	340	160	340	160	640	300	555	300	181	146
1Д200-90	766	420	355	165	370	220	250	100	530	250	495	260	170	170
1Д250-125	766	420	355	165	370	220	250	100	550	250	515	260	190	170
1Д315-50	766	420	355	165	370	220	250	100	600	300	520	290	170	170
1Д315-71	766	420	355	165	370	220	250	100	600	300	520	290	170	170

марка насоса	размеры в мм												
	A ₁	A ₂	A ₃	h	D	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	
Д160-112	330±1,6 (M)	260±1,6 (M)	260±1,6 (M)	39 _{-0,29}	280	240	212	150	215	180	158	100	
1Д200-90	270±1,1 (M)	320±1,1 (M)	200±1,1 (M)	39 _{-0,29}	260	225	202	150	215	180	158	100	
1Д250-125	270±1,1 (M)	320±1,1 (M)	200±1,1 (M)	39 _{-0,29}	260	225	202	150	215	180	158	100	
1Д315-50	270±1,1 (M)	320±1,1 (M)	200±1,1 (M)	39 _{-0,29}	315	280	258	200	280	240	212	150	
1Д315-71	270±1,1 (M)	320±1,1 (M)	200±1,1 (M)	39 _{-0,29}	315	280	258	200	280	240	212	150	

марка насоса	размеры в мм							P _y , МПа (кгс/см ²) вх/вых	масса, кг
	d	d ₁	d ₂	d ₃	n	n ₁	b		
Д160-112	22	18	23	36js6 (±0,008)	8	8	10 $\frac{N9 (-0,036)}{h9 (-0,036)}$	1,0 (10) / 1,6 (16)	200
1Д200-90	18	18	24	36js6 (±0,008)				0,6 (6) / 1,6 (16)	145
1Д250-125	18	18	24	36js6 (±0,008)				0,6 (6) / 1,6 (16)	165
1Д315-50	18	22	24	36js6 (±0,008)				0,6 (6) / 1,0 (10)	190
1Д315-71	18	22	24	36js6 (±0,008)				0,6 (6) / 1,0 (10)	190

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ НАСОСОВ И ПАРАМЕТРЫ АГРЕГАТОВ



марка насоса	размеры в мм											n	двигатель				масса агрег., кг
	L	L ₁	I	l ₁	l ₂	l ₃	B	B	A	H	h		марка	мощн., кВт	напряж., В	масса, кг	
Д160-112	1760	1355	175	-	-	900	640	510	440	905	525	4	5AM250M2 У3, Т2	90	220/380	550	877
	1465	1080				765				520	5A160S4 У3, Т2		15	127		467	
	1400	1080				765				520	АИР160S4 У3, Т2		15	120		460	
Д160-112а	1730	1355	175	-	-	900	640	510	440	905	525	4	5AM250S2 У3, Т2	75	380	480	847
	1465	1080				765				520	5A160S4 У3, Т2		15	220/380	127	467	
	1400	1080				765				520	АИР160S4 У3, Т2		15	120	460		
Д160-112б	1630	1260	175	-	-	900	640	510	440	830	520	4	5A225M2 У3, Т2	55	220/380	340	693
1Д200-90	1740	1330	190	-	-	910	530	460	400	840	460	4	5AM250M2 У3, Т2	90	380	505	770
	1705					530				805			A250M2 У3, Т2		220/380	490	755
	1710					545				805			5AMH250S2 У3		380	485	750
	1445	1080				735	530	350	290	705	15		220/380	127	365		
	1405	1080				780	530	350	290	715			120	360			
	1565	1190				780	530	350	290	705			220	179,5	410		
1Д200-90а	1710	1330	190	-	-	910	545	460	400	840	460	4	5AM250S2 У3, Т2	75	380	475	740
	1705	1330				530	360	300	750	A250S2 У3, Т2			220/380		450	715	
	1525	1270				820	360	300	750	5AH200L2У3, Т2			380		280	525	
1Д200-90б	1610	1235	190	-	-	840	530	450	380	790	460	4	5A225M2 У3, Т2	55	380	340	605
	1615	1235				745				A225M2 У3, Т2			220/380		320	585	
	1495	1205				750				5AH200M2 У3, Т2			380		250	500	
	1555	1240				820	360	300	745	45	380		255	500			
	1575	1240				735	A200L2 У3, Т2	220/380	255		500						
	1395	1125				780	350	290	750		4AMH180M2У3		380	185	430		
1Д250-125	1932	1500	190	-	-	990	895	630	510	985	535	4	5AM315S2У3, Т2	160	380	970	1287
	1972	1500				590	880	A315S2У3, Т2	220/380	905			1225				
	1852	1490				620	520	450	965	5AMH280M2У3			380		770	1080	
	1628	1490				665	520	450	965	5AH280A2У3, Т3			380		744	1042	
1Д250-125а	1852	1490	190	-	-	990	620	520	450	880	500	4	5AM280M2У3, Т2	132	380	770	1080
	1822	1490				550	520	450	845	A280M2 У3, Т2			220/380		620	943	
1Д315-50	1707	1325	190	-	-	890	600	470	400	890	510	4	5AM250S2 У3, Т2	75	380	475	788
	1702	1325				895				A250S2 У3, Т2			220/380		450	750	
	1522	1265				820				360			300		790	500	380
1Д315-50а	1607	1255	190	-	-	840	600	440	370	805	495	4	5A225M2 У3, Т2	55	380	340	650
	1612					760				A225M2 У3, Т2			220/380		320	630	
	1492					1235				820			360		300	790	500
1Д315-50б	1553	1235	190	-	-	820	600	360	300	785	500	4	5AH200M2 У3, Т3	45	380	255	554
	1577					775				A200L2 У3, Т2			220/380		255	554	
	1392					1130				780			360		300	775	500
1Д315-71	1737	1325	190	-	-	890	600	470	400	890	510	4	5AMH250M2 У3	110	380	530	843
	1852	890				5AM280S2 У3, Т2				220/380			720		1045		
	1822	940				620				520			450		855	A280S2 У3, Т2	220/380
1Д315-71а	1737	1325	190	-	-	890	600	470	400	890	510	4	5AM250M2 У3, Т2	90	380	505	818
	1702					855				A250M2 У3, Т2			220/380		490	803	
	1707					890				5AMH250S2 У3			380		485	798	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

НАСОСЫ ПОГРУЖНЫЕ типа ЭЦВ

Общие сведения



Предназначены для подъема питьевой воды из артезианских скважин общей минерализацией (сухой остаток) не более 1500 мг/л, с водородным показателем (рН) 6,5-9,5, с температурой 25°С и с массовой долей твёрдых механических примесей не более 0,01%; содержанием хлоридов не более 350 мг/л, сульфатов не более 500 мг/л, сероводорода не более 1,5 мг/л.

Насосы изготавливаются погружными и полупогружными. Погружные - в рабочем положении расположены целиком под уровнем жидкой среды. В полупогружных агрегатах в рабочем положении насос расположен в жидкой среде, а двигатель - над её поверхностью.

Установка этих насосов в артезианских колодцах и буровых скважинах определяет особенности их конструкции: форма, размеры и расположение корпуса насоса должны соответствовать размерам и вертикальному расположению обсадных труб, внутри которых устанавливаются насосы.

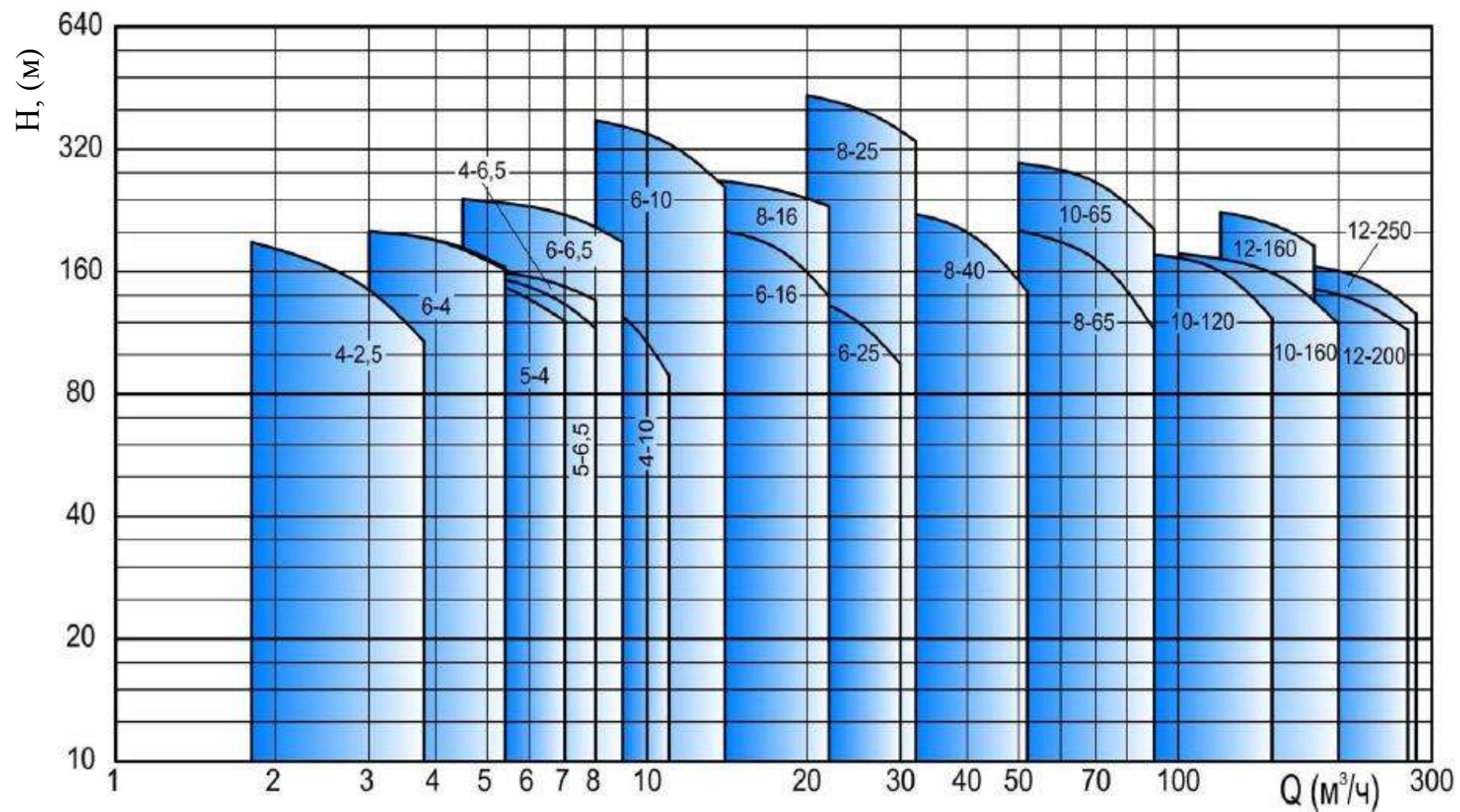
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Городское и сельское водоснабжение
Ирригация, системы полива и орошения
Промышленное водоснабжение
Горнорудная промышленность
Системы повышения давления
Общепромышленное назначение
Понижение уровня грунтовых вод

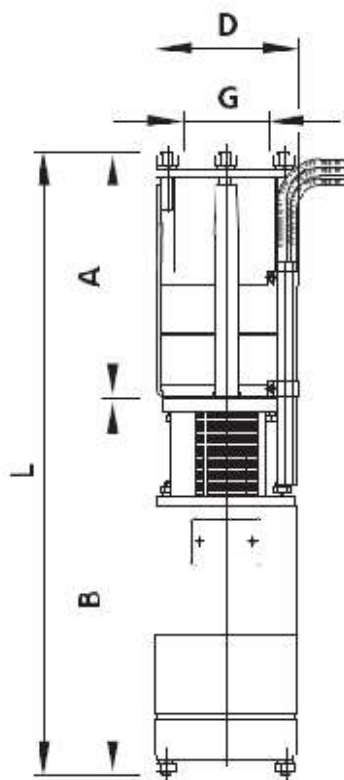
УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ**ЭЦВ6-16-75 нрк**

ЭЦВ – тип агрегата
6 – внутренний диаметр обсадной трубы скважины в дюймах
16 – номинальная подача, м³/ч
75 – номинальный напор в метрах водяного столба
нрк – материальное исполнение рабочих органов

СВОДНЫЕ ПОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК Q-H НАСОСОВ СЕРИИ ЭЦВ



ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ СКВАЖИННЫХ НАСОСОВ ЭЦВ



типоразмер агрегата	электродвигатель		количество ступеней, шт	габаритные и присоединительные размеры, мм					масса агрегата, кг
	модель	P ₂ , кВт		D	L	A	B	G	
ЭЦВ 6-16-50	ПЭДВ-6-3	3	6	144	1165	453	712	G2 1/2" – В ГОСТ 6357	60
ЭЦВ 6-16-75	ПЭДВ-6-5,5	5,5	9		1355	608	747		70
ЭЦВ 6-16-90	ПЭДВ-6-6,3	6,3	10		1430	658	772		72
ЭЦВ 6-16-100	ПЭДВ-6-7,5	7,5	11		1490	718	772		74
ЭЦВ 6-16-110	ПЭДВ-6-7,5	7,5	13		1615	843	772		80
ЭЦВ 6-16-140	ПЭДВ-6-11	11	16		1850	958	892		91
ЭЦВ 6-16-160	ПЭДВ-6-13	13	17		2000	1008	992		103
ЭЦВ 6-16-190	ПЭДВ-6-13	13	21		2200	1208	992		110

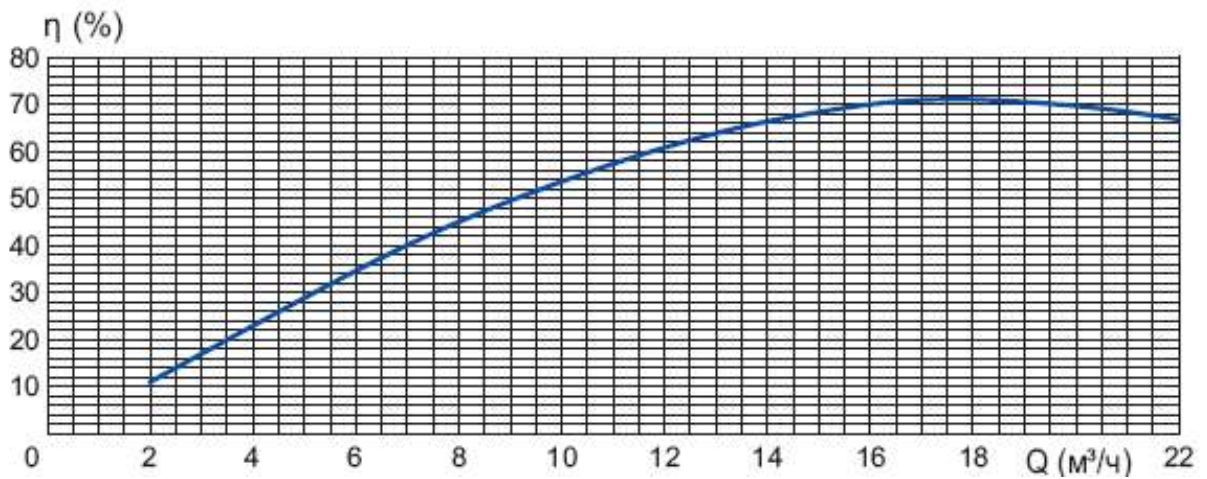
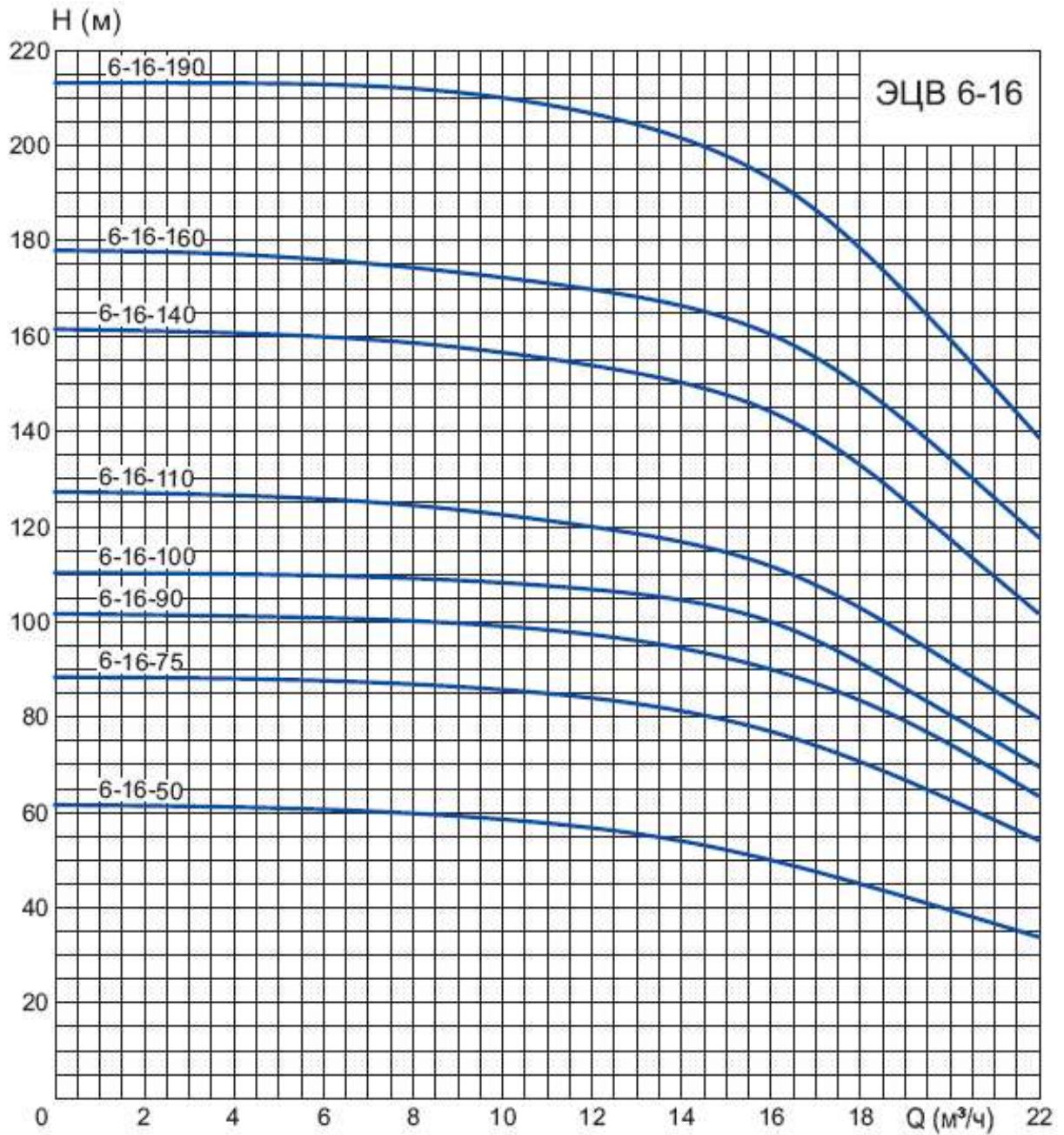
ПОГРУЖНОЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ПЭДВ

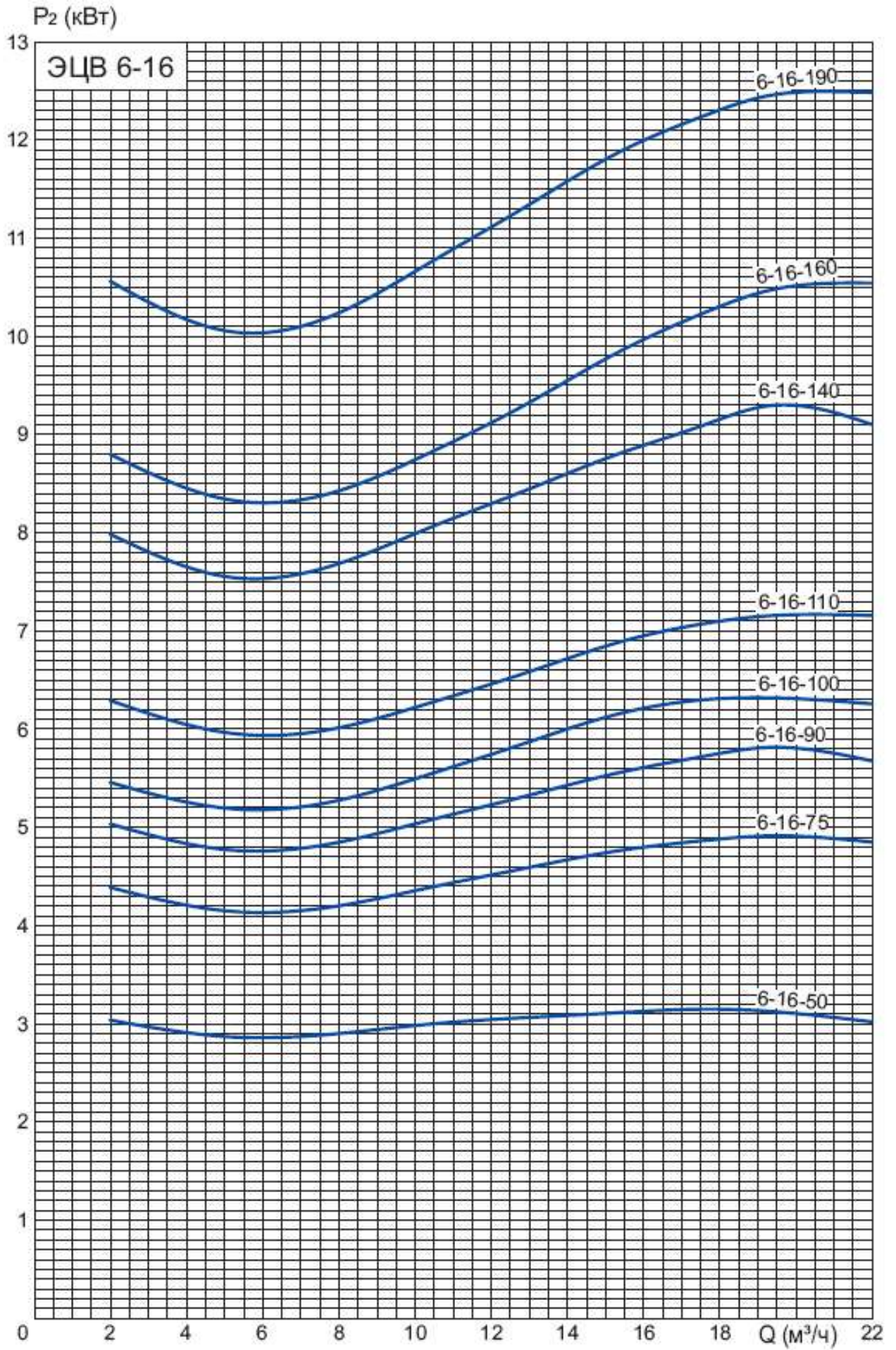
Предназначен для комплектации насосных агрегатов типа ЭЦВ

Технические характеристики при номинальном напряжении ~3 x 380В, 50Гц

Типоразмер эл. двигателя	Мощность, P ₂ кВт	I _{ном} (А)	I _{пуск} /I _{ном}	cosφ	КПД. %	Частота вращения, об/мин	Сечение кабеля, кв.мм
ПЭДВ-6-3	3	8	5	0.80	74	2850	4
ПЭДВ-6-5,5	5.5	13	5	0.82	80	2850	4
ПЭДВ-6-6,3	6.3	15	5	0.82	81	2850	4
ПЭДВ-6-7,5	7.5	17	5	0.82	81	2850	4
ПЭДВ-6-11	11	24	5	0.83	82	2850	4
ПЭДВ-6-13	13	33	5	0.83	82	2850	4

ХАРАКТЕРИСТИКИ СКВАЖИННЫХ НАСОСОВ ЭЦВ





Список литературы

1. ГОСТ Р ISO 9906-2016. Насосы динамические. Гидравлические испытания. Классы точности 1,2 и 3. (ISO 9906: 2012, IDT).-М.: Стандартиформ, 2016. - 92с.
2. Земляной В.В. Насосные и воздуходувные станции: Учебно-методический комплекс /В.В. Земляной, Н.В. Земляная, В.А. Зверева, Л.В. Кучерова, А.А. Надёжкина, З.В. Мизенко. - М.: Проект, 2015. - 192с.
3. Каталог серийной продукции. Насосное оборудование для водоснабжения и водоотведения. – М., АО «ГИДРОМАШСЕРВИС», 2016.– 178 с.
4. Каталог продукции. Погружные скважинные насосы типа ЭЦВ. – М. ОАО «Группа ГМС», 2017. – 109с.
5. Практикум по гидравлике: учеб. пособие /Н.Г. Кожевникова, Н.П. Тогунова, А.В. Ещин [и др.]. - М.: ИНФА - М, 2017. - 428с.
6. СП. 31. 13330. 2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02 – 84 – М.: Минстрой России, 2012. - 139 с.
7. СП. 8. 13130. 2009. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности. – М.: МЧС России, 2010. – 17 с.
8. Чебаевский В.Ф. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок /В.Ф. Чебаевский, К.П.Вишневецкий, Н.Н. Накладов. – М.: Колос, 2000. – 376с.

Основная

1. Земляной В.В. Насосные и воздухоудные станции: Учебно-методический комплекс /В.В. Земляной, Н.В. Земляная, В.А. Зверева, Л.В. Кучерова, А.А. Надёжкина, З.В. Мизенко. - М.: Проект, 2015. - 192с.
2. Практикум по гидравлике: учеб. пособие /Н.Г. Кожевникова, Н.П. Тогунова, А.В. Ещин [и др.]. - М.: ИНФА - М, 2017. - 428с.
3. ГОСТ Р ISO 9906-2016 Насосы динамические. Гидравлические испытания. Классы точности 1,2 и 3. (ISO 9906: 2012, IDT).-М.: Стандартинформ, 2016. - 92с.
4. СП. 31. 13330. 2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СН и П 2.04.02 – 84 – М.: Минстрой России, 2015. - 139 с.
5. СП. 8. 13130. 2017. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности. – М.: МЧС России, 2017. – 17 с.
6. Каталог серийной продукции. Насосное оборудование для водоснабжения и водоотведения. – М., АО «ГИДРОМАШСЕРВИС», 2016.– 178 с.
7. Каталог продукции. Погружные скважинные насосы типа ЭЦВ. – М. ОАО «Группа ГМС», 2017. – 109с.

Дополнительная

1. Чебаевский В.Ф. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок /В.Ф. Чебаевский, К.П. Вишневецкий, Н.Н. Накладов. – М.: Колос, 2000. – 376с.

Содержание

Введение.....	4
Лабораторная работа 1. Конструкция и маркировка центробежных лопастных насосов типа К и Д.....	5
Лабораторная работа 2. Выбор насосов по сводному полю Q — H и изучение их рабочих характеристик.....	12
Лабораторная работа 3. Исследование условий всасывания центробежного насоса К 20/30 У2.....	18
Лабораторная работа 4. Параметрические испытания центробежного насоса К 20/30 У2.....	27
Лабораторная работа 5. Параллельная работа двух одинаковых центробежных насосов К 8/18-У2.....	35
Лабораторная работа 6. Последовательная работа двух одинаковых центробежных насосов К 8/18-У2.....	41
Лабораторная работа 7. Параллельная работа двух разных центробежных насосов К 8/18-У2 и Х50-32-125 ЛСУ4.....	46
Лабораторная работа 8. Последовательная работа двух разных центробежных насосов К 8/18-У2 и Х50-32-125 ЛСУ 4.....	53
Лабораторная работа 9. Изучение конструкции и работы погружных скважинных насосов типа ЭЦВ.....	57
Лабораторная работа 10. Испытание водокольцевого вакуум-насоса ВВН 1,5–1,5 УХЛ 4.....	69
Лабораторная работа 11. Кавитационные испытания центробежного насоса К45 – 55а – УХЛ4 на закрытом стенде.....	75
Лабораторная работа 12. Гидравлический удар в напорных трубопроводах.....	83
Приложение А. Техника безопасности при проведении лабораторных работ.....	89

Приложение Б. Насосы центробежные консольные типа К и электронасосные агрегаты на их основе.....	90
Приложение В. Центробежные насосы двухстороннего входа типа Д и электронасосные агрегаты на их основе.....	97
Приложение Г Насосы погружные типа ЭЦВ.....	106
Список литературы.....	111
Содержание.....	112

Богатый Александр Афанасьевич
Свитайло Любовь Витальевна
Шевченко Владимир Викторович

Насосные станции водоснабжения и водоотведения

Лабораторный практикум для обучающихся по направлению
подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование
ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Подписано в печать _____ 2018г. Формат 210x297 1/8. Бумага писчая.
Печать офсетная. Уч.- изд. л. – 7,125. Тираж 50 экз. Заказ _____

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Адрес: 692510, г. Уссурийск, пр. Блюхера, 44.

Участок оперативной полиграфии ФГБОУ ВО Приморская ГСХА,
692500, г. Уссурийск, ул. Раздольная, 8