

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
«ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

---

Утверждаю  
Зам. директора по УР,  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ А.Б. Ефременков  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2006 г.

## РАСЧЕТ ГЛАВНОЙ ВОДООТЛИВНОЙ УСТАНОВКИ ШАХТЫ

Методические указания для выполнения курсовой работы по курсу  
"Стационарные машины"

Юрга – 2006

УДК

Расчет главной водоотливной установки шахты: Методические указания для выполнения курсовой работы по курсу «Стационарные машины» для студентов специальностей 150402 «Горные машины и оборудование» дневной формы обучения. – Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006. – 72 с.

|              |                   |               |
|--------------|-------------------|---------------|
| Составители: | ст. преподаватель | В.Ю. Тимофеев |
|              | д-р. техн. наук   | Г.Д. Буялич   |
|              | ст. преподаватель | М.Ю. Блащук   |

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры «Горно–шахтного оборудования» « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2006 г.

Зав. кафедрой ГШО  
канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ А.Б. Ефременков

## Введение

На шахтах и разрезах России в среднем на каждую тонну добытого угля из горных выработок на дневную поверхность откачивается более  $2 \text{ м}^3$  воды. Для этой работы на горных предприятиях используются более 10 тысяч насосных агрегатов с общей установленной мощностью около 1 млн. кВт. Доля угля в топливно–энергетическом балансе страны за последние пять лет стабилизировалась, и появились предпосылки ее увеличения. Поэтому рациональное проектирование и правильная эксплуатация водоотливных установок горнодобывающих предприятий являются важными технико–экономическими задачами сегодня и на перспективу в 25–50 лет.

Проектирование водоотливных установок горных предприятий является составной частью изучения дисциплины «Стационарные машины» при подготовке инженеров по специальности 150402 – «Горные машины и оборудование».

В процессе проектирования решают задачи: обоснования и выбора схемы водоотлива, выбора насосного оборудования нового типажного ряда, расположения оборудования, заданных режимов его работы, регулирования и автоматизации с целью повышения надежности и эффективности эксплуатации.

В пособии приведены требования нормативных документов по устройству и проектированию водоотливных установок горнодобывающих предприятий, положения Правил безопасности (ПБ).

В приложениях приведены параметры групп насосов, сводные и индивидуальные характеристики секционных и спиральных насосов, электродвигателей, труб из термопластов и стали, трубопроводной арматуры, систем автоматического управления. Этот материал позволит восполнить дефицит в справочной литературе и обеспечит экономию времени студентам, как в процессе проектирования, так и изучения дисциплины.

## 1 Общие принципы проектирования водоотливной установки

Повышение эффективности работы горных предприятий невозможно без совершенствования водоотливных установок, так как в среднем на шахтах страны затраты энергии для их эксплуатации оцениваются в 40–45 % от затрат на все технологические процессы.

Не менее важным вопросом является обеспечение высокого уровня надежности работы водоотливных установок в штатных и аварийных ситуациях. Даже частичное подтопление основных выработок рабочего горизонта приведет к остановке всего транспорта и работ в забоях. Для приведения шахты в рабочее состояние потребуются большие затраты времени и ресурсов.

При проектировании водоотливных установок для горнодобывающих предприятий необходимо соблюдать два основных принципа: первый – высокая надежность работы установки во всех штатных и аварийных режимах, второй – высокая экономичность работы установки. Для достижения цели на практике проектирование установки выполняется сразу в нескольких вариантах (не менее двух), равно как и ее отдельных блоков или узлов. Сравнение разных вариантов позволяет обоснованно принимать решения для достижения требуемого уровня надежности и экономичности установки.

К главным водоотливным установкам (ГВУ) нормативными документами предъявляются следующие требования.

Откачку воды из шахты необходимо предусматривать одноступенчатой, т.е. без промежуточных перекачных станций. Ступенчатый водоотлив допускается при отсутствии насосов требуемых параметров или на основании технико-экономического обоснования

При небольшой глубине заложения насосной камеры участкового водоотлива (до 300 м) рекомендуется одноступенчатая откачка через скважины (закрепленными обсадными трубами), а также через ходки или шурфы.

Рекомендуется применять центробежные горизонтальные насосы нового типажного ряда. В насосной камере ГВУ преимущественно необходимо устанавливать насосы одного типоразмера, с равными производительностью и напором.

При притоке воды более 50 м<sup>3</sup>/ч число насосных агрегатов ГВУ должно быть не менее трех, из которых один рабочий, второй резервный и третий должен находиться в ремонте или резерве.

Вместо одного рабочего насоса допускается применять группу,

состоящую из двух, трех и более насосных агрегатов. Производительность одного насосного агрегата или группы агрегатов определять из расчета, что суточный максимальный приток воды в шахту должен откачиваться не более чем за 20 часов рабочими агрегатами, не считая резервных.

Для водоотливных установок наклонных выработок с притоками до 50 м<sup>3</sup>/ч, а также участков и зумпфовых число насосных агрегатов следует принимать не менее двух, один рабочий и один резервный.

Шахтные воды, имеющие водородный показатель рН менее 5, считаются агрессивными по коррозионному воздействию на насосное оборудование, трубопроводы и арматуру. Поэтому необходимо применять насосы, трубопроводы и арматуру из коррозиестойкой стали или должны предусматривать специальные защитные покрытия.

В насосных камерах ГВУ необходимо предусматривать установку грузоподъемных механизмов для монтажа насосов и электродвигателей.

Расчет выбранного насоса на допустимую высоту всасывания является обязательным.

При составлении схемы трубопроводов в насосной камере (коллектора) следует руководствоваться рекомендациями института ВНИИГМ им. М.М. Федорова. Основные схемы трубных коллекторов и числа напорных трубопроводов приведены в последующих разделах. При этом необходимо принимать минимальное количество задвижек, не снижая надежность работы схемы напорных трубопроводов. На нагнетательных трубопроводах ГВУ должны применяться задвижки с гидроприводом, а для участкового водоотлива с электроприводом.

Нагнетательные трубопроводы, задвижки, обратные клапаны следует располагать напольно, а соединение трубопроводов в насосной камере с применением фланцевых, а также быстроразъемных соединений.

Соединение водозаборного колодца с водосборником должно осуществляться через трубу необходимого диаметра, снабженного затвором или задвижкой с ручным управлением, предназначенной для герметизации камеры ГВУ в аварийных случаях, а также отключения водосборников на время их очистки.

Устройство заглубленных насосных камер не допускается.

Индивидуальные водозаборные колодцы с коллекторами для насосов применять не рекомендуется. Водозаборная емкость в преде-

лах камеры ГВУ должна быть траншейного типа. Допускается устройство одного водозаборного колодца круглого сечения на 2–3 насоса.

Водосборники ГВУ в количестве не менее двух должны располагаться ниже горизонта, емкость которых определяется ПБ.

Необходимо предусматривать механизированную очистку водосборников.

Электроснабжение насосов ГВУ относится к I категории, поэтому должно иметь 100% резервирование.

Для управления насосными агрегатами ГВУ и участковыми водоотливными установками необходимо предусматривать автоматическое управление по типовым схемам с применением комплектного оборудования.

Управление насосными агрегатами следует предусматривать без постоянного присутствия обслуживающего персонала:

- в автоматическом режиме в функции уровня воды в водосборнике;
- дистанционное в функции уровня воды в водосборнике;
- местное на время ремонта и наладочных работ.

## 2 Исходные данные и задачи расчета

### 2.1 Исходные данные

Проектирование водоотливной установки является сложной многофакторной задачей и, естественно, требует всесторонних знаний условий эксплуатации будущей установки и их возможных изменений во времени. При проектировании главной шахтной установки в учебных целях исходные данные можно ограничить следующими параметрами:

- $H_{ш}$  – глубина (расстояние по вертикали) расположения околоствольного двора рабочего горизонта относительно поверхности земли, м;
- $Q_n$  – нормальный часовой приток воды в горные выработки рабочего горизонта (шахты), м<sup>3</sup>/ч;
- $Q_{max}$  – максимальный часовой приток воды в горные выработки рабочего горизонта (шахты), м<sup>3</sup>/ч;
- рН – водородный показатель воды, ед;
- Т – срок службы водоотливной установки, год;

-  $L_{\text{тр}}$  – длина трубопровода в основных горных выработках, характеристика, используемая для горных предприятий открытого типа и для шахт, вскрытых наклонными стволами, м.

В случае применения на шахте гидрозакладки или перепуска воды с верхнего горизонта на нижний необходимо учитывать эти дополнительные притоки в водосборники главной установки водоотлива.

## 2.2 Задачи расчета

Основная задача проектирования водоотливных установок горных предприятий заключается в обеспечении их высокой надежности и экономичности в работе. В общем задача проектирования сводится к достижению заданного уровня надежности работы установки при минимальных приведенных затратах на весь срок ее эксплуатации. Эти условия можно выполнить при многовариантном подходе в процессе проектирования. Непосредственное проектирование водоотливной установки сводится к последовательному решению следующих задач:

- Обоснование схемы водоотлива горного предприятия;
- Выбор насоса;
- Выбор типа насосной установки (типа насосной станции) и расстановка оборудования в пределах станции;
- Определение числа трубопроводов и выбор коллектора;
- Составление расчетной схемы и расчет трубопроводов;
- Обоснование схемы включения насосов для откачивания нормального и максимального притоков;
- Расчет диаметров напорного и всасывающего трубопроводов;
- Выбор стандартных диаметров труб с учетом рабочего давления и коррозионного воздействия;
- Расчет гидравлических сопротивлений в трубопроводах;
- Определение параметров рабочего режима установки;
- Выбор электродвигателя насоса;
- Выбор вспомогательного оборудования установки;
- Выбор аппаратуры автоматизации установки;
- Расчет технико-экономических показателей работы установки.

## 3 Расчет и выбор насоса

### 3.1 Обоснование схемы водоотлива

При проектировании водоотливной установки следует принимать, как правило, одноступенчатую схему, т.е. с нижнего рабочего горизонта непосредственно на дневную поверхность без промежуточных перекачных станций.

При наличии промежуточного горизонта водоотлив усложняется, поэтому возможны следующие технологические схемы:

- Ступенчатая схема водоотлива, когда вода с нижнего горизонта поднимается на промежуточный, потом во всасывающий коллектор насосов второго подъема и далее на поверхность; вода с промежуточного горизонта поднимается на поверхность отдельно насосами этого горизонта;

- Установка находится на нижнем горизонте, в ее водосборник поступает вода, как с нижнего, так и промежуточного горизонта. С промежуточного горизонта на нижний вода перепускается по специальному трубопроводу. Перепуск воды может осуществляться непосредственно в водосборники нижнего горизонта или во всасывающий трубопровод рабочего насоса на нижнем горизонте.

Выбор схемы водоотливной установки будет обоснован, если выполнить оценку всех вариантов по основным критериям. Наиболее рациональная схема водоотлива должна иметь более высокие показатели надежности и экономической эффективности.

### 3.2 Определение производительности насосного агрегата

Производительность одного насоса или рабочей группы насосов определять расчетом из условия, что суточный максимальный приток следует откачать не более чем за 20 часов.

Расчетная производительность насосной установки  $Q_{рн\text{у}}$  определяется по формуле,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$Q_{рн\text{у}} = 1,2 \cdot Q_{\text{max}}, \quad (3.1)$$

где  $Q_{\text{ч.маx}}$  – максимальный часовой приток воды в шахту,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Далее следует определить расчетную производительность одного насоса или группы насосов,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$Q_{рн} = Q_{рн\text{у}} / n, \quad (3.2)$$

где  $n$  – планируемое количество насосов для откачки максимального притока, ед.

В рамках данной курсовой работы следует планировать откачку максимального притока двумя насосами или двумя группами насосов по два насоса в каждой группе, т.е.  $n$  равно 2 или 4.

### 3.3 Ориентировочный напор насоса

Для определения напора насоса сначала следует определить геометрическую высоту подъема воды из шахты  $H_r$ . Значение  $H_r$  определять как расстояние, измеренное по вертикали от нижнего уровня воды в водосборнике до уровня слива ее в самотечный коллектор или отводящую канаву на поверхности, тогда, м:

$$H_r = H_{ш} + H_{вс.ор.} + h_{п}, \quad (3.3)$$

где  $H_{вс.ор.}=3$  м – ориентировочная высота всасывания, м;

$h_{п}=1$  м – превышение трубопроводом уровня дневной поверхности (для шахт – над уровнем устья клетового ствола), м.

Ориентировочный напор насоса  $H_{ор}$  следует определять, м:

- для шахт, вскрытых вертикальными стволами:

$$H_{ор} = 1,1 \cdot H_r, \quad (3.4)$$

- для карьеров и шахт, вскрытых наклонными стволами:

$$H_{ор} = H_r + 0,007 \cdot L_{тр}, \quad (3.5)$$

где  $L_{тр}$  – длина напорного трубопровода, м.

### 3.4 Выбор типоразмера насоса

Для водоотливных установок шахт, как правило, следует применять насосы типа ЦНС. При откачке шахтных вод с выраженными кислотными или щелочными свойствами (т.е. воды с рН фактором не равным 6 или 7) следует выбирать насосы типа ЦНСк.

Выбор типоразмера насоса производить по графикам рабочих зон или характеристикам насосов (приложение Б, рисунок Б.1).

Копию графика рабочих зон насосов следует привести в расчетно-пояснительной записке (РПЗ). Точка с координатами ( $Q_{рн}$ ;  $H_{ор}$ ), нанесенная на график рабочих зон, укажет типоразмер насоса ЦНС и др.

Предпочтительными для шахт будут насосы, имеющие большую удельную быстроходность, более высокий КПД и меньшие габариты.

Необходимо выбрать не менее двух насосов с параметрами, удовлетворяющими расчетные значения  $Q_{рн}$  и  $H_{ор}$  и привести в РПЗ наименование их моделей. Из двух или более выбранных насосов следует выбрать насос с наибольшим коэффициентом полезного действия (КПД) и у которого допустимая высота всасывания не менее ориентировочной высоты всасывания насоса  $H_{вс.ор.}=3$  м, при одинаковых расчетных значениях  $H_{ор}$ . После выбора типоразмера насоса необходимо в РПЗ привести копию его индивидуальной рабочей характеристики, на которую нанесено значение  $Q_{рн}$  и определены предварительные параметры  $H_n$ ,  $\eta$ ,  $H_v^{доп}$ .

Для окончательного определения типоразмера насоса необходимо определить число рабочих колес (ступеней) –  $Z_k$  по формуле, ед:

$$Z_k = H_{ор}/H_{1к}, \quad (3.6)$$

где  $H_{1к}$  – напор, создаваемый одним рабочим колесом, при  $Q_{рн}$ , м.

Число рабочих колес округлять до целого числа в большую сторону, если остаток более 0,15. В противном случае можно обойтись меньшим числом колес, т.е. округлить  $Z_k$  в меньшую сторону.

Главные водоотливные установки шахт и установки в капитальных уклонах с притоком воды более  $50$  м<sup>3</sup>/ч должны оборудоваться не менее чем тремя насосными агрегатами: рабочим, резервным и находящимся в ремонте. При больших притоках применять группу рабочих насосов.

Число насосов в рабочей группе  $n_{р.гр}$  определять по формуле, ед:

$$n_{р.гр.} = Q_n/Q_{рн}, \quad (3.7)$$

где  $Q_n$  – нормальный часовой приток воды в шахту, м<sup>3</sup>/ч.

Число насосов в рабочей группе следует округлять до целого числа. Если  $Q_n/Q_{рн} \leq 1$ , то следует принять  $n_{р.гр}=1$ . Если  $Q_n/Q_{рн} > 1$ , следует принять  $n_{р.гр}$  равным ближайшему большему целому числу.

Число насосов в резервной группе  $n_{рез}$  принимать равным числу насосов в рабочей группе и добавлять один насос, находящийся в ремонте. Общее число насосных агрегатов водоотливной установки  $n_{на}$  будет равно, ед:

$$n_{на} = n_{р.гр} + n_{рез.гр} + 1, \quad (3.8)$$

Число насосных агрегатов водоотливной установки необходимо согласовать с нормативом. Стандартное значение количества насосов приведено в таблице В.3.

### 3.5 Проверка устойчивости режима работы выбранного насоса

Рабочая точка насосного агрегата должна находиться в зоне экономичности и устойчивости.

Экономичность режима работы следует оценивать значением КПД насосной установки после расчета трубопровода.

Устойчивость режима работы оценивать выполнением условия

$$0,95 \cdot Z_k \cdot H_{10} \geq H_r, \quad (3.9)$$

где  $H_{10}$  – напор на одно колесо выбранного типоразмера насоса при нулевой производительности по его рабочей характеристике, м.

Если условие устойчивости не выполняется, тогда число рабочих колес насоса следует увеличить на единицу и повторить расчет.

После окончательного выбора типоразмера насоса его техническую характеристику следует обязательно привести в РПЗ. Например:

#### Техническая характеристика насоса

|  |                   |                |
|--|-------------------|----------------|
| 1. Тип насоса                                    |                   | ЦНСК 500–640   |
| 2. Производительность в зоне экономичности       | м <sup>3</sup> /ч | 380–620        |
| 3. Напор   | м                 | 640            |
| 4. КПД   | ед.               | 0,73           |
| 5. Частота вращения                              | об/мин            | 1500           |
| 6. Допустимая высота всасывания                  | м                 | 4,5            |
| 7. Модель электродвигателя                       |                   | ВАОУ–630М–4    |
| 8. Мощность электродвигателя                     | кВт               | 1600           |
| 9. Масса насоса                                  | кг                | 4801           |
| 10. Габаритные размеры насоса                    | мм                | 2780×1050×1040 |
| 11. Допустимая температура воды                  | °С                | от +1 до +60   |
| 12. Содержание в воде взвешенных частиц по массе | %                 | не более 0,5   |
| 13. Диаметр взвешенных частиц                    | мм                | не более 0,2   |
| 14. Водородный показатель воды (рН)              | ед.               | 7–8,5          |
| 15. Допустимый подпор на входе                   | м                 | не более 20    |
| 16. Масса насосного агрегата                     | кг                | 12886          |
| 17. Габаритные размеры насосного агрегата        | мм                | 5054×1326×1701 |

## 4 Выбор коллектора и устройство насосной станции

### 4.1 Определение числа трубопроводов и схемы коллекторов

Коллектором называется часть напорного трубопровода, обеспечивающая оперативную коммутацию всех насосов с индивидуальными трубопроводами (ИТ), магистральными трубопроводами (МТ) и технологическими трубопроводами установки. Он располагается в пределах насосной станции и по затратам на эксплуатацию требует чаще больше средств и времени, чем на содержание остальной части трубопровода установки. Схема коллектора должна обеспечивать необходимый уровень надежности работы насосной установки и полностью отвечать требованиям нормативных документов.

Схема коллектора установки в первую очередь зависит от числа напорных трубопроводов и насосных агрегатов. Чем их больше, тем сложнее требуется коллектор.

4.1.1 Для ГВУ с тремя насосными агрегатами (т.е.  $n_{на}=3$ ) следует принимать два напорных трубопровода, схема коллектора такой установки приведена на рисунке 4.1. Применение схемы, представленной на рисунке 4.1, допускается при выполнении условия:

$$2 \cdot Q_n \geq Q_{max} \quad (4.1)$$

Если данное условие не выполняется, то следует применять коллектор с магистральным трубопроводом (рисунок 4.2).

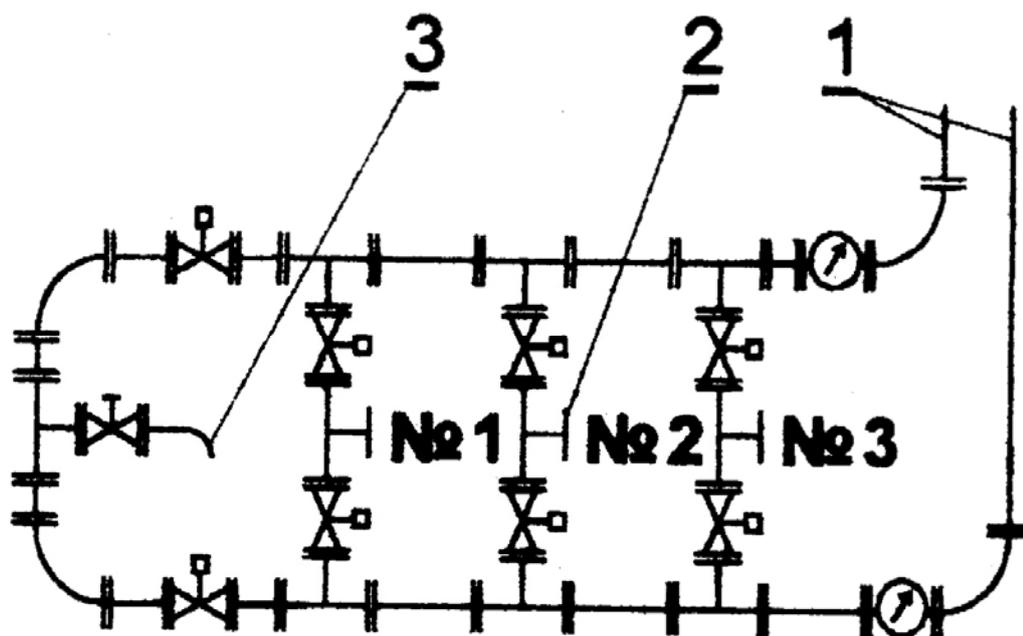


Рисунок 4.1 – Схема коллектора с тремя насосными агрегатами и двумя напорными индивидуальными трубопроводами

Схема трубного коллектора, показанная на рисунке 4.1, представлена двумя отдельными индивидуальными напорными трубопроводами позиции 1 с равными диаметрами для рабочего и резервного насосов. Эта схема не предусматривает включение двух насосов в параллельном режиме работы на один трубопровод из-за повышенных потерь напора на преодоление гидравлических сопротивлений. Таким образом, по индивидуальному трубопроводу вода перекачивается от одного насоса. На рисунке 4.1 и последующих рисунках: позиция 2 – тройник для подключения насоса, позиция 3 – байпас для сброса воды из коллектора, №1, №2, №3 – номера насосных агрегатов.

Для существенного расширения возможностей схемы коллектора, представленной, на рисунке 4.1 необходимо чтобы насосы имели возможность параллельной работы. Для этого ее дополняют переходом для расширения диаметра напорного трубопровода до диаметра магистрального трубопровода (см. трубопровод 4 рисунок 4.2).

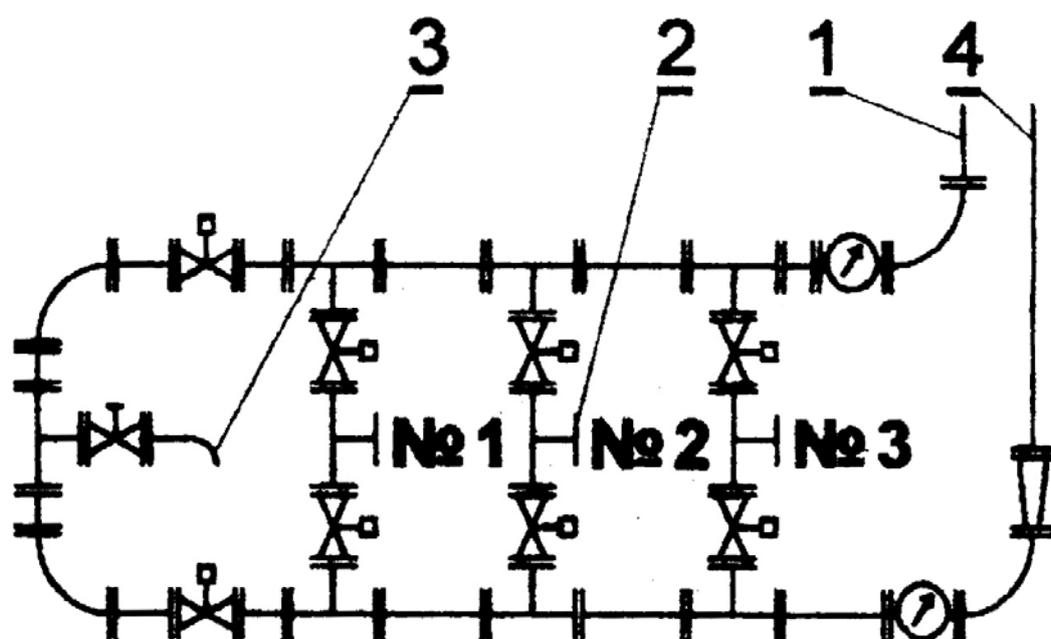


Рисунок 4.2 – Схема коллектора с тремя насосными агрегатами одним напорным индивидуальным и одним магистральным трубопроводами

При этом становится возможным использование одного из напорных индивидуальных трубопроводов в качестве магистрального трубопровода (позиция 4 рисунок 4.2). Магистральный трубопровод 4 предназначен для параллельной работы двух насосов.

Применение магистрального трубопровода в схеме, представленной на рисунке 4.2, дает возможность увеличивать подаваемый объем воды, как в межсезонье, так и во время паводков и в несколько

раз повышает маневренность установки за счет увеличения числа возможных схем включения насосов. Также в данном случае есть еще возможность при рациональном использовании индивидуального и магистрального трубопровода существенно уменьшить потери напора на движение воды, что дополнительно дает экономию электроэнергии.

4.1.2 При наличии 5-ти насосных агрегатов (т.е.  $n_{на}=5$ ) следует использовать трехтрубные коллекторы, и если выполняется следующее условие:

$$2 \cdot Q_n \geq Q_{max} \quad (4.2)$$

то тогда принимается схема коллектора представленная на рисунке 4.3.

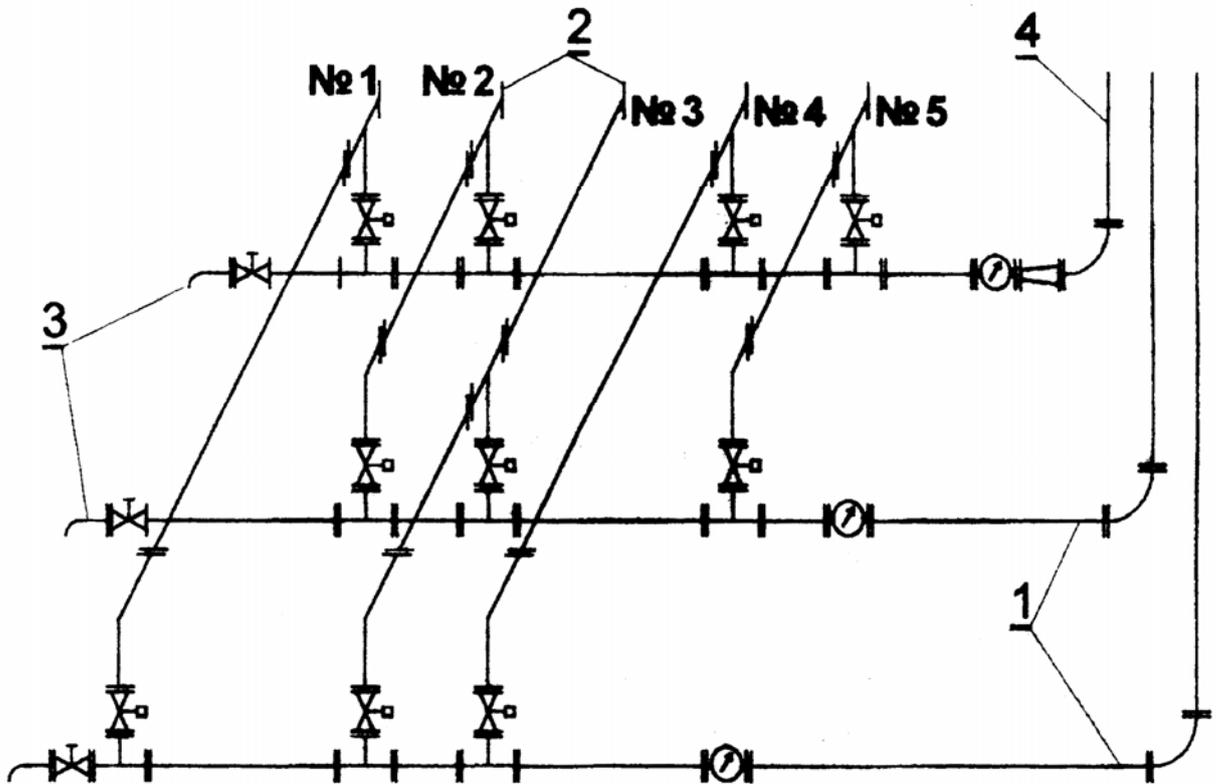


Рисунок 4.3 – Схема кольцевого коллектора с пятью насосными агрегатами тремя напорными трубопроводами

Если условие (4.2) не выполняется, то следует принимать схему коллектора, представленную на рисунке 4.4.

На рисунках 4.3 и 4.4 из трех напорных трубопроводов два индивидуальные (позиция 1), а третий магистральный (позиция 4). Индивидуальные трубопроводы, в данном случае, предназначены для

перекачки воды одним насосом, либо одной группой насосов. Магистральный трубопровод служит для перекачивания воды одновременно несколькими насосами или несколькими группами насосов.

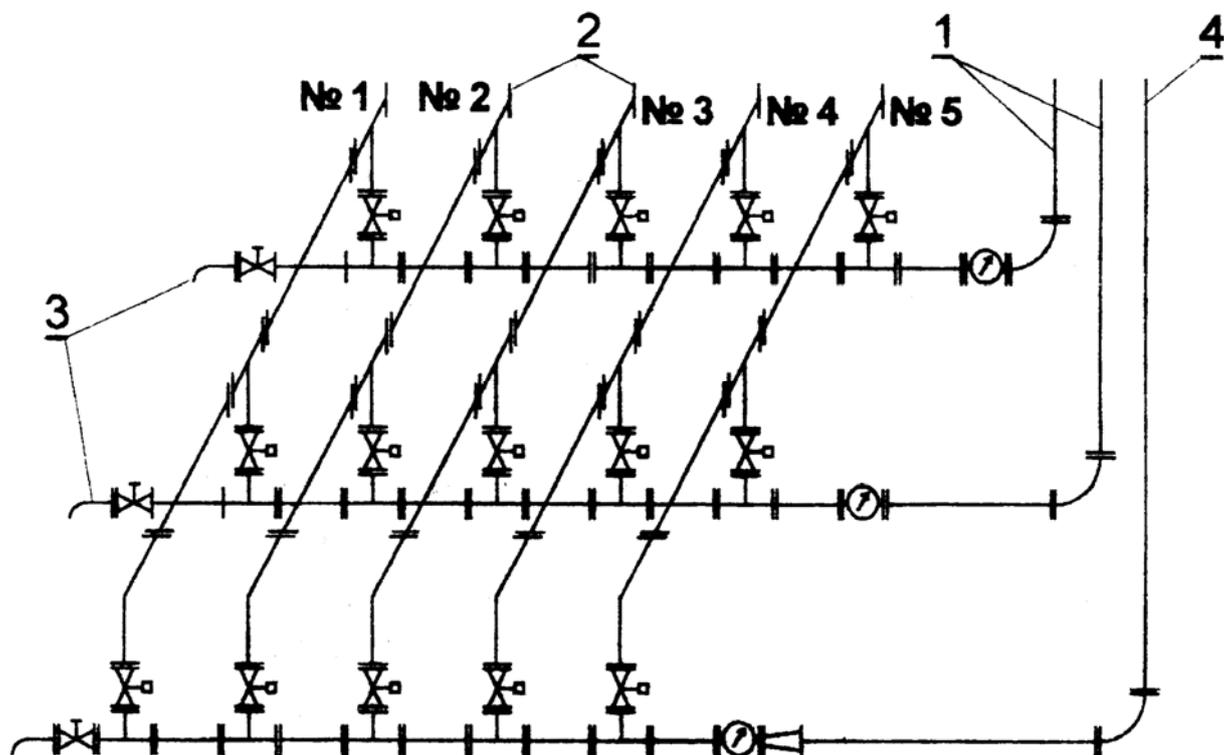


Рисунок 4.4 – Схема кольцевого коллектора с пятью насосными агрегатами тремя напорными трубопроводами

Применение кольцевых трубных коллекторов с индивидуальным и магистральным трубопроводами, представленных на рисунках 4.3 и 4.4, повышает маневренность водоотливной установки за счет увеличения числа возможных схем включения насосов, уменьшает гидравлические потери напора и, следовательно, затраты электроэнергии при откачке шахтных вод.

4.1.3 Таким образом, в зависимости от числа насосных агрегатов в главной насосной установке (ГВУ) и количества насосов в рабочей группе принимают число напорных трубопроводов и схему трубного коллектора, которые приведены на рисунках 4.1–4.4.

Далее с учетом числа насосов в рабочей и резервной группе, и принимая во внимание какой приток (нормальный или максимальный) поступает в шахту, а также в зависимости от числа напорных трубопроводов следует дать обоснование возможных схем включения насосов для откачивания шахтных вод. Возможные схемы включения приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Схемы включения насосов в напорные трубопроводы

| Число насосных агрегатов $n_{на}=3$ ; число напорных трубопроводов $n_T=2$ | Число насосных агрегатов $n_{на}=3$ ; число напорных трубопроводов $n_T=2$  | Число насосных агрегатов $n_{на}=5$ ; число напорных трубопроводов $n_T=3$  |
|--|---|---|
| Схема коллектора по рисунку  |   |   |
| 4.1  | 4.2   | 4.3<br>4.4  |
| Схемы включения  |   |   |
| 1. $n_H=1$ ; $n_{ИТ}=1$<br>2. $n_H=2$ ; $n_{ИТ}=2$                         | 1. $n_H=1$ ; $n_{ИТ}=1$<br>2. $n_H=1$ ; $n_{МТ}=1$<br>3. $n_H=1$ ; $n_T=1+1$<br>4. $n_H=2$ ; $n_{МТ}=1$<br>5. $n_H=2$ ; $n_T=1+1$ | 1. $n_H=1$ ; $n_{ИТ}=1$<br>2. $n_H=1$ ; $n_{МТ}=1$<br>3. $n_H=1$ ; $n_T=1+1$<br>4. $n_H=2$ ; $n_{МТ}=1$<br>5. $n_H=2$ ; $n_{ИТ}=2$<br>6. $n_H=4$ ; $n_{ИТ}=2$<br>7. $n_H=4$ ; $n_T=1+1$ |
| $n_{ИТ}^*=1$   | $n_{ИТ}^*=1$  | $n_{ИТ}^*=2$  |

Примечание к таблице 4.1:

$n_H$  – число насосов, работающих одновременно;

$n_{ИТ}$  и  $n_{МТ}$  – число индивидуальных и магистральных трубопроводов;

$n_T=1+1$  – параллельное включение индивидуального и магистрального трубопроводов;

$n_{ИТ}^*$  – число индивидуальных трубопроводов для откачки  $Q_{max}$ .

В таблице 4.2 приведены расходы арматуры для описанных выше схем коллекторов, эти данные используются в дальнейших расчетах потерь напора (см. раздел 5).

В данной таблице используется следующие обозначение: За – задвижка автоматическая; Зд – задвижка с ручным приводом; Пд – переход-диффузор; Тр – Тройник; От – Отвод (колено); Рд – расходомер.

Таблица 4.2 – Расход трубопроводной арматуры в коллекторах

| Рисунок | За | Зн | Пд | Тр | От | Рд |
|---------|----|----|----|----|----|----|
| 4.1     | 8  | 1  | 0  | 10 | 4  | 2  |
| 4.2     | 8  | 1  | 1  | 10 | 4  | 2  |
| 4.3     | 15 | 3  | 1  | 25 | 8  | 3  |
| 4.4     | 10 | 3  | 1  | 14 | 8  | 3  |

## 4.2 Устройство насосной станции

На устройство насосной станции (НС) влияют:

- всасывающая способность насоса;
- наличие ограниченности пространства;
- число насосных агрегатов;
- климатические условия;
- величина притоков;
- организация работы установки.

Чем большей высотой всасывания обладает насос, тем проще может быть устройство и эксплуатация станции. Чем больше действительная геометрическая высота всасывания  $H_{гв}$  (расстояние по вертикали от оси насоса до поверхности воды в колодце, траншее, коллекторе), тем короче будут водосборники и меньше затраты на их строительство и эксплуатацию. Различают насосные станции с положительной высотой всасывания ( $H_{гв} > 0$ ) и насосные станции заглубленного типа ( $H_{гв} < 0$ ).

### 4.2.1 НС с положительной высотой всасывания ( $H_{гв} > 0$ )

Устройство стандартной насосной станции рассчитано на использование насосов с допустимой высотой всасывания  $H_{в}^{доп} > 3 \dots 5$  м. Эти станции бывают трех типов по конструкции водоприемного устройства:

- с индивидуальными колодцами квадратного или круглого сечения площадью  $1,5 \dots 2$  м<sup>2</sup>;
- с групповыми колодцами на 2...3 насоса круглого сечения площадью  $10 \text{--} 16$  м<sup>2</sup> каждый;
- с траншеей вдоль оси станции шириной  $1,2 \dots 2$  м.

В настоящее время на шахтах России подавляющее большинство станций водоотливных установок с групповыми колодцами (рисунок 4.6).

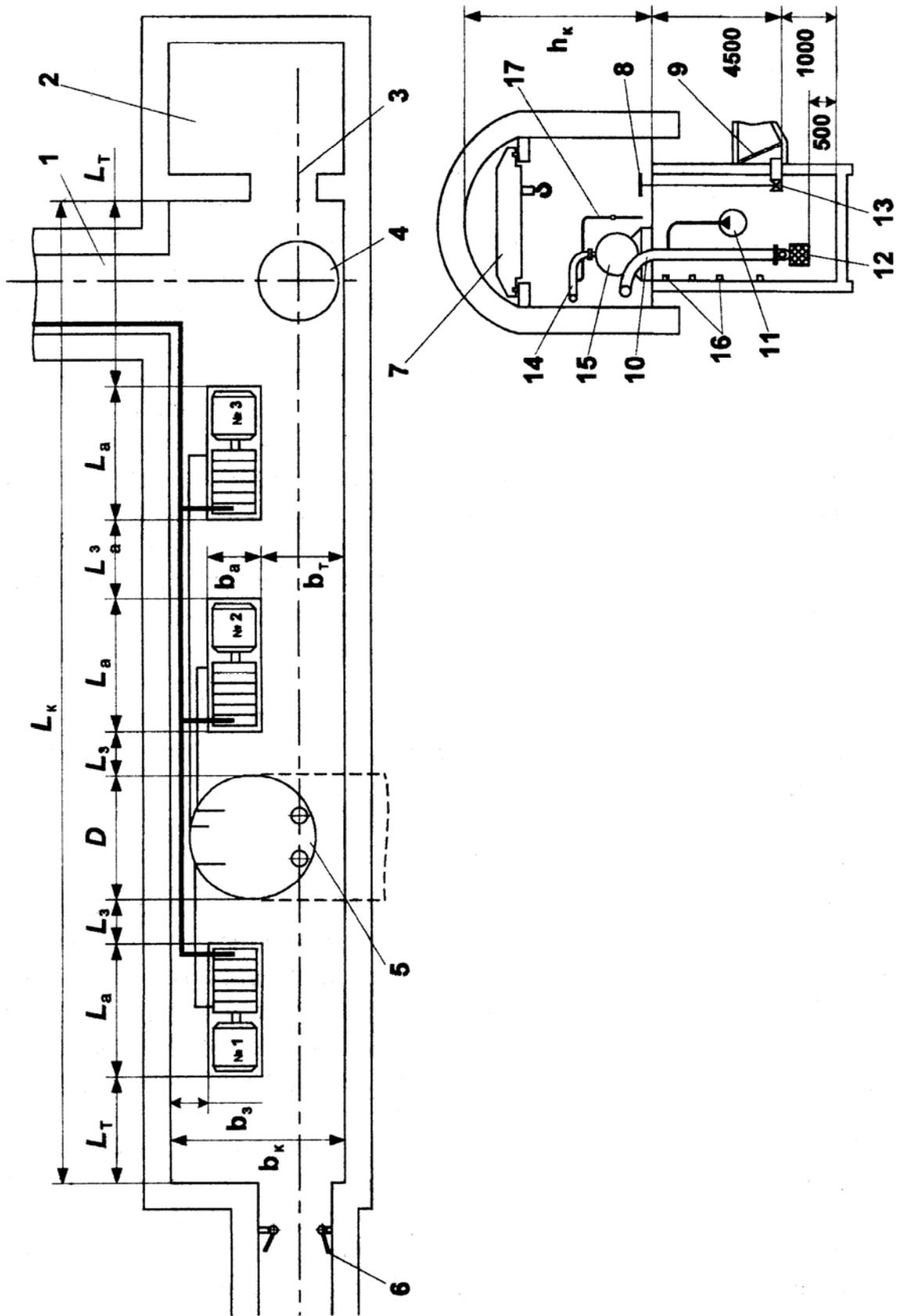


Рисунок 4.6 – Схемы расположения основного оборудования в насосной станции

На рисунке 4.6 показаны: трубный ходок 1, по которому прокладывают трубопроводы, камера центральной подземной подстанции 2 (ЦПП), в которой располагаются трансформаторы для питания электродвигателей, а также водоприемный колодец 5.

Для доставки тяжелых грузов в насосную станцию предусмотрен рельсовый путь 3 и поворотная платформа 4 для разворота вагонок. Для транспортирования грузов непосредственно в камере предусмотрена кран-балка 7. Для открытия перепускного клапана 13, соединяющего водозаборник и колодец, предусмотрен привод перепускного клапана 8, сетка-фильтр 9 фильтрует воду от загрязнений. Шахтная вода откачивается по всасывающему трубопроводу 10, проходя через сетку с клапаном 12, насосными агрегатами 15 и подается в напорный трубопровод 14. Для заливки воды в насос предусмотрен заливочный насос 11. Для контроля уровня воды в колодце предусмотрены датчики 16, а для слива излишек воды обратно в колодец предусмотрен байпас 17.

#### 4.2.2 НС заглубленного типа ( $H_{гв} < 0$ )

По объему горных работ эти станции сопоставимы с НС с водозаборной траншеей. Они не требуют установки оборудования для заливки насосов, но необходим в пределах станции небольшой зумпф и дренажный насос для откачки из камеры в водосборник притечек воды (через сальники, окружающие породы, трубный ходок и пр.).

Заглубленные насосные станции могут быть использованы на добывающих шахтах для водоотлива и на дренажных шахтах разрезов для водопонижения в условиях, исключающих возможность их затопления (прочные трещиноватые вмещающие породы, отсутствие возможности прорыва воды из затопленных выработок, водоемов на поверхности, водоносных горизонтов и т.п.), что должно быть обосновано проектом, поэтому в ходе выполнения данной курсовой работы не следует применять насосные станции данного типа.

## 5 Расчет трубопроводов

### 5.1 Расчет диаметра трубопровода

Этот расчет производится с учетом уже выбранной схемы трубного коллектора и заданных режимов откачивания притоков воды в горные выработки из водосборников или зумпфов.

На величину диаметра в первую очередь влияет расход воды через трубопровод. Давление воды и абразивность механических примесей в ней также влияют на диаметр, но в меньшей степени.

Для горных предприятий рекомендуется экономичная скорость движения воды в напорном трубопроводе  $v_{\text{ЭК}}$  в пределах 1,5...2,5 м/с (для чистой воды принимать большее значение).

Диаметр индивидуального трубопровода следует определять по расчетной производительности одного насосного агрегата или группы агрегатов, обеспечивающих откачку максимального притока не более чем за 20 часов. Поэтому расчетный расход воды через напорный трубопровод  $Q_{\text{р.тр}}$  определять по формуле, м<sup>3</sup>/ч:

$$Q_{\text{р.тр.}} = Q_{\text{рн}} / n_{\text{ит}}^* \quad (5.1)$$

где  $n_{\text{ит}}^*$  – число индивидуальных трубопроводов для откачки максимального притока, ед.

В шахтных установках для параллельной работы двух насосов или двух групп насосов предусматривается по одному индивидуальному трубопроводу на каждый насос.

Предварительно внутренний диаметр индивидуального напорного трубопровода  $d_{\text{и}}$  определяется по формуле, мм:

$$d_{\text{и}} = 18,8 \cdot (Q_{\text{р.тр.}} / v_{\text{ЭК}})^{1/2} \quad (5.2)$$

Диаметр магистрального трубопровода  $d_{\text{м}}$  следует принимать с учетом величины  $d_{\text{и}}$ , мм:

$$d_{\text{м}} \geq 1,3 \cdot d_{\text{и}} \quad (5.3)$$

Диаметр труб коллектора в пределах насосной камеры должен быть согласован с условным диаметром напорного патрубка насоса и запорной арматуры (задвижек, обратных клапанов, отводов и т.д.).

Для уменьшения гидравлических сопротивлений внутренний диаметр всасывающего трубопровода  $d_{\text{вс}}$  следует предварительно принимать на 100...200 мм больше расчетного значения напорного трубопровода  $d_{\text{и}}$ , но не меньше, чем диаметр всасывающего патрубка насоса  $d_{\text{вс.н}}$ , мм:

$$d_{\text{вс}} = d_{\text{и}} + (100...200) > d_{\text{вс.н}} \quad (5.4)$$

Значение  $d_{\text{вс.н}}$  принимается по таблицам А.6 и А.7.

Не следует при проектировании закладывать скорость воды во всасывающем трубопроводе более 1 м/с, поэтому, на данном этапе следует проверить скорость движения жидкости по формуле (5.13). Значение стандартного внутреннего диаметра  $d_{\text{вс}}$  следует брать из справочной литературы. В справочной литературе приводятся наружные диаметры труб, поэтому  $d_{\text{вс}}$  определяется как:  $d_{\text{вс}} = D_{\text{ст.н}} - 2 \cdot \delta_{\text{ст}}$ , где

$D_{ст.н}$  – стандартный наружный диаметр, мм;  $\delta_{ст}$  – минимальная стандартная толщина стенки взятая для принятого интервала наружного диаметра, мм.

## 5.2 Определение толщины стенки труб

Толщина стенки напорного трубопровода определяется из условия прочности по максимальному давлению воды с учетом его срока службы и интенсивности износа внутренней и наружной поверхностей.

Расчетное давление в трубопроводе  $P_p$  следует принимать равным в 1,25 раза больше рабочего и для нижнего сечения напорного трубопровода определять по формуле, МПа:

$$P_p = 1,25 \cdot \rho \cdot g \cdot H_n \cdot 10^{-6}, \quad (5.5)$$

где  $\rho=1050$  – плотность шахтной воды, кг/м<sup>3</sup>;

$g=9,81$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$H_n$  – напор, создаваемый одним насосом при откачке максимального притока, м.

Расчетная толщина стенки трубы из условия прочности  $\delta_0$ , мм:

$$\delta_0 = 1000 \cdot P_p / 0,8 \cdot \sigma_{вр}, \quad (5.6)$$

где  $\sigma_{вр}$  – временное сопротивление материала трубы на разрыв, МПа.

Толщина стенки трубы с учетом ее срока службы  $\delta_T$ , мм:

$$\delta_T = (\alpha_n + \alpha_v) \cdot 0,5 \cdot T, \quad (5.7)$$

где  $\alpha_n$  и  $\alpha_v$  – скорость коррозионного износа наружной и внутренней поверхности стенки трубы, мм/год;

$T$  – срок службы водоотливной установки, год.

Расчетная толщина стенки трубы  $\delta$ , мм:

$$\delta = 100 \cdot (\delta_0 + \delta_T) / (100 - K_d), \quad (5.8)$$

где  $K_d=15$  – допустимое уменьшение толщины стенки труб из-за минусового допуска при производстве, %.

## 5.3 Выбор труб и расчетная скорость воды

Стандарты на трубы российского производства нормируют наружный диаметр и толщину стенки, поэтому для выбора труб необходимо предварительно определить расчетные наружные диаметры

индивидуального, магистрального и всасывающего трубопроводов  $D_{ртг}$ ,  $D_{ртм}$ ,  $D_{ртвс}$ , мм:

$$D_{рт} = d_{и(м, вс)} + 2 \cdot \delta, \quad (5.9)$$

Далее следует принять стандартные значения наружных диаметров труб  $D_{ст.н}$  и стандартные значения толщины стенки  $\delta_{ст}$ . При выборе трубы по стандарту следует выбрать трубу со стандартным наружным диаметром, больше расчетного  $D_{рт}$ , и стандартной толщиной стенки больше расчетной  $\delta$ .

При проектировании трубопровода следует использовать стальные трубы, выпускаемые в России по следующим государственным стандартам:

- ГОСТ 8732–78;
- ГОСТ 8733–74;
- ГОСТ 10740–76;
- ГОСТ 8696–74;
- ГОСТ 9940–72;
- ГОСТ 9941–72;

По мере подъема воды давление в трубопроводе уменьшается, поэтому при больших глубинах разработки (более 400 м) целесообразно трубопровод в стволе выполнить с переменной толщиной стенки.

В этих условиях трубопровод в стволе секционируют, как правило, на две части (реже на три) равной высоты. В нижней секции трубы должны иметь толщину стенки не менее установленной расчетом по формуле (5.8). Толщина стенки труб в верхней секции трубопровода  $\delta_{вс}$  должна быть, мм:

$$\delta_{вс} \geq \delta_{нс} - (0,025 \dots 0,040) \cdot h_{нс}, \quad (5.10)$$

где  $h_{нс}$  – высота нижней секции трубопровода, м.

Соединение секций между собой удобнее выполнять с применением сальниковых компенсаторов, что позволяет уменьшить не только расходы на монтаж трубопровода, но и во время эксплуатации затраты электроэнергии, так как верхняя секция имеет больший внутренний диаметр и потери напора будут меньше.

Трубы в коллекторе, как правило, одинакового диаметра, как и в индивидуальном напорном трубопроводе. Поэтому наружный диаметр трубы коллектора  $D_{ст.нк}$  равен  $D_{ст.ни}$ , мм:

$$D_{ст.нк} = D_{ст.ни}, \quad (5.11)$$

Для всасывающего трубопровода следует принимать трубы требуемого диаметра с минимальной толщиной стенки, так как статическое давление в нем меньше 0,1 МПа.

Расчетная скорость воды  $v$  для выбранных стандартных труб должна определяться по внутреннему диаметру трубы, округленного до стандартного значения  $D_{ст.в}$ , мм:

$$D_{ст.ви(м, в, к)} = D_{ст.н} - 2 \cdot \delta_{ст}, \quad (5.12)$$

Для расчетного расхода скорость воды  $v$  следует определять по формуле, м/с:

$$v = 353,7 \cdot Q_{р.тр} / D_{ст.в}^2, \quad (5.13)$$

где  $Q_{р.тр}$  – расчетный расход воды через напорный трубопровод, м<sup>3</sup>/ч;

$D_{ст.в}$  – внутренний диаметр трубы, выбранной по ГОСТ, мм.

Скорость воды следует определять для всех трубопроводов (индивидуального, магистрального, всасывающего и коллектора).

Основные характеристики выбранных труб и результаты расчетов следует свести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Характеристики выбранных труб

| Трубопровод    | $D_{ст.н}$ , мм | $D_{ст.в}$ , мм | $\delta_{ст}$ , мм | $P$ , МПа | $Q_{р.тр}$ , м <sup>3</sup> /ч | $v$ , м/с | Марка стали |
|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------|--------------------------------|-----------|-------------|
| Индивидуальный |                 |                 |                    |           |                                |           |             |
| Магистральный  |                 |                 |                    |           |                                |           |             |
| Всасывающий    |                 |                 |                    |           |                                |           |             |
| Коллектор      |                 |                 |                    |           |                                |           |             |

#### 5.4 Расчетная схема трубопровода

Для получения характеристики внешней сети необходимо составить расчетную схему трубопровода и выполнить расчет потерь напора. Эта схема составляется с учетом принятой схемы трубного коллектора и расстановки оборудования в насосной станции.

Расчетная схема составляется для фиктивного насоса, который имеет наибольшую длину всасывающего и нагнетательного трубопроводов в пределах насосной станции (рисунок 4.6), для случая под-

ключения его к напорному трубопроводу, когда вода при движении по коллектору преодолевает наибольшее число местных сопротивлений. Этот прием обеспечивает повышение надежности и устойчивости работы установки в условиях интенсивного износа трубопровода, что характерно для горных предприятий.

Пример составления расчетной схемы для трехтрубного коллектора (рисунок 4.2) представлен на рисунке 5.1. По расчетной схеме рисунка 5.1 устанавливаются типы местных сопротивлений и их количество. Эти данные и значения коэффициентов местных сопротивлений следует свести в таблицу 5.2.

Значения коэффициентов местных сопротивлений разных типов, размеров и конструкций принимаются по справочной литературе или по таблице В.4.

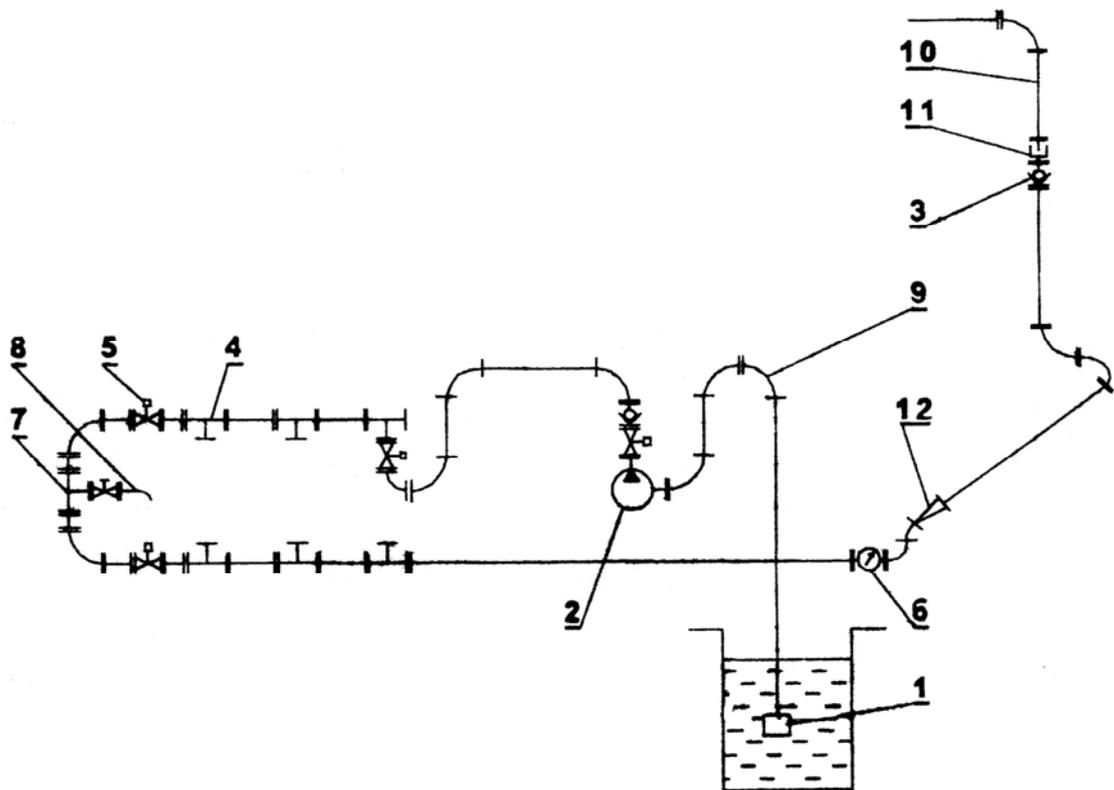


Рисунок 5.1 – Расчетная схема для включения одного насоса на магистральный напорный трубопровод

На рисунке 5.1 показано: 1 – сетка с клапаном; 2 – насос; 3 – обратный клапан; 4 – равнопроходный тройник; 5 – задвижка с приводом; 6 – расходомер; 7 – неравнопроходный тройник; 8 – байпас с вентилем; 9 – отвод (колено); 10 – трубопровод магистральный; 11 – компенсатор; 12 – диффузор (переход).

Таблица 5.2 – Перечень местных сопротивлений в трубопроводе

| Тип сопротивления                | n, ед | $\xi_i$ | $\Sigma\xi_i$ |
|----------------------------------|-------|---------|---------------|
| <b>Всасывающий трубопровод</b>   |       |         |               |
| Сетка с клапаном                 | 1     | 3,7     | 3,7           |
| Колено сварное 90 <sup>0</sup>   | 3     | 0,6     | 1,8           |
| Итого:                           |       |         | 5,5           |
| <b>Коллектор</b>                 |       |         |               |
| Задвижка                         | 4     | 0,3     | 1,2           |
| Обратный клапан                  | 1     | 10      | 10            |
| Колено сварное 90 <sup>0</sup>   | 7     | 0,6     | 4,2           |
| Тройник равнопроходный           | 7     | 1,5     | 8,5           |
| Расходомер                       | 1     | 0,5     | 0,5           |
| Итого:                           |       |         | 24,4          |
| <b>Магистральный трубопровод</b> |       |         |               |
| Диффузор                         | 1     | 0,1     | 0,1           |
| Колено сварное 90 <sup>0</sup>   | 3     | 0,6     | 1,8           |
| Обратный клапан                  | 1     | 10      | 10            |
| Итого:                           |       |         | 11,9          |

Для дальнейших расчетов потребуется длины всасывающего  $L_B$ , индивидуального (магистрального) трубопроводов  $L_{и(м)}$  и длина трубопроводов коллектора  $L_K$ .

Длина всасывающего трубопровода зависит от количества насосов в станции, расположения оборудования, глубины водоприемного колодца и т.п. В рамках данной курсовой работы следует принимать следующую длину всасывающего трубопровода:

- для трех насосов –  $L_B=8$  м;
- для пяти насосов –  $L_B=15$  м.

Длина трубопроводов коллектора зависит от длины насосного агрегата, ширины технологического прохода, наружного диаметра колодца и т.п. В рамках данной курсовой работы следует принимать следующую длину трубопроводов коллектора:

- для трех насосов –  $L_K=18$  м;
- для пяти насосов –  $L_K=40$  м.

Длина индивидуального (магистрального) трубопровода определяется по формуле, м:

$$L_{и(м)} = L + L_1 + L_2, \quad (5.14)$$

где  $L$  – для шахт вскрытых наклонным стволом – длина наклонного ствола, для шахт вскрытых вертикальным стволом – глуби-

на расположения околоствольного двора рабочего горизонта относительно поверхности земли, м;

$L_1=50$  м – длина напорного трубопровода в трубном ходке;

$L_2=50$  м – длина напорного трубопровода на поверхности.

## 5.5 Расчет потерь напора в трубопроводе

Для определения потерь напора соответственно во всасывающем трубопроводе, в коллекторе и в индивидуальном (магистральном) трубопроводах  $h_B$ ,  $h_K$  и  $h_{и(м)}$  следует использовать уравнение Дарси–Вейсбаха, м вод.ст.:

$$h_B = [\lambda_B \cdot L_B / D_{ст.ввс} + \sum (n_i \cdot \xi_i)] \cdot (v_B)^2 / 2 \cdot g, \quad (5.15)$$

$$h_K = [\lambda_K \cdot L_K / D_{ст.вк} + \sum (n_i \cdot \xi_i)] \cdot (v_K)^2 / 2 \cdot g \quad (5.16)$$

$$h_{и(м)} = [\lambda_{и(м)} \cdot L_{и(м)} / D_{ст.ви(м)} + \sum (n_i \cdot \xi_i)] \cdot (v_{и(м)})^2 / 2 \cdot g, \quad (5.17)$$

где  $\lambda_B$ ,  $\lambda_K$  и  $\lambda_{и(м)}$  – коэффициент гидравлического трения по длине соответственно для всасывающего трубопровода, коллектора и нагнетательного трубопровода;

$L_B$ ,  $L_K$  и  $L_{и(м)}$  – суммарная длина прямолинейных участков соответственно всасывающего трубопровода, коллектора и нагнетательного трубопровода, м;

$D_{ст.ввс}$ ,  $D_{ст.вк}$  и  $D_{ст.ви(м)}$  – внутренние диаметры труб соответственно для всасывающего трубопровода, коллектора и индивидуального (магистрального) трубопроводов, м;

$n_i$  – число  $i$ -х местных сопротивлений в коллекторе или трубопроводе (всасывающем или нагнетательном), устанавливается по расчетной схеме трубопровода;

$\xi_i$  – коэффициент гидравлического трения  $i$ -го местного сопротивления в трубопроводе (местное сопротивление условно сосредоточено в его среднем сечении по длине);

$v_B$ ,  $v_K$  и  $v_{и(м)}$  – скорость движения воды соответственно во всасывающем трубопроводе, в коллекторе и в нагнетательном трубопроводе, м/с.

При наличии в установке магистрального трубопровода потери напора в нем рассчитываются отдельно по формуле (5.17).

Коэффициент гидравлического трения по длине для любого из трубопроводов определяется по формуле профессора Ф.А. Шевелева:

$$\lambda = 0,021 / (D_{ст.ви(м, вк, вк)})^{0,3}, \quad (5.18)$$

Здесь  $D_{ст.в}$  следует подставлять в метрах.

При работе на один напорный трубопровод группы насосов (параллельное включение) потери во всасывающем трубопроводе следует рассчитывать по производительности одного из насосов. В этом случае потери напора в коллекторе следует определять как сумму потерь на участках с разным расходом.

## 5.6 Уравнение характеристики трубопровода

Для водоотливных установок горнодобывающих предприятий уравнение характеристики индивидуального трубопровода в общем случае имеет вид:

$$H = H_{\Gamma} + R \cdot Q^2, \quad (5.19)$$

где  $R$  – постоянная трубопровода,  $\text{ч}^2/\text{м}^5$ .

$$R = (h_{\text{в}} + h_{\text{к}} + h_{\text{и}})/Q_{\text{рн}}^2, \quad (5.20)$$

Здесь  $Q_{\text{рн}}$  – расчетная производительность, при которой определены потери напора на выходе из коллектора и в нагнетательном трубопроводе (это особенно следует помнить при работе группы насосов),  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Так как диаметр магистрального трубопровода больше, чем у индивидуального, следует повторить расчет  $R$ , при том же  $Q_{\text{рн}}$  они должны быть меньше:

$$R = (h_{\text{в}} + h_{\text{к}} + h_{\text{м}})/Q_{\text{рн}}^2, \quad (5.21)$$

Для построения характеристики трубопровода необходимо протабулировать уравнение (5.19) от 0 до  $1,4 \cdot Q_{\text{рн}}$  с шагом  $0,2 \cdot Q_{\text{рн}}$ . По результатам расчетов следует заполнить таблицу.

Пример заполнения таблицы 5.3 приведен для следующих условий:  $H_{\Gamma}=100$  м;  $Q_{\text{р}}=100$   $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $R=0,001$   $\text{ч}^2/\text{м}^5$  – для индивидуального и  $H_{\Gamma}=100$  м;  $Q_{\text{р}}=100$   $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $R=0,0007$   $\text{ч}^2/\text{м}^5$  – для магистрального трубопровода.

Таблица 5.3 – Результаты табулирования уравнения характеристик индивидуального трубопровода (ИТ) и магистрального трубопровода (МТ)

| $Q, \text{м}^3/\text{ч}$ | 0   | 20    | 40    | 60    | 80    | 100 | 120   | 140   |
|--------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|
| Напор ИТ, м              | 100 | 100,4 | 101,6 | 103,6 | 106,4 | 110 | 114,4 | 119,6 |
| Напор МТ, м              | 100 | 100,3 | 101,1 | 102,5 | 104,5 | 107 | 110,1 | 113,7 |

## 6 Параметры рабочего режима

Координаты (Н; Q) точки, где пересекаются характеристика насоса с необходимым числом рабочих колес ( $Z_k$ ) и характеристика трубопровода, являются параметрами рабочего режима насосной установки. Кроме Q и Н важными характеристиками рабочего режима являются  $\eta$  – КПД насоса,  $H_B^{\text{доп}}$  – допустимая высота всасывания. Их величины определяются по индивидуальным характеристикам насоса для установленной производительности Q.

В ходе выполнения курсовой работы следует определить параметры рабочего режима в соответствии со своими схемами включения насосов (таблица 4.1), и определить, являются ли полученные режимы экономичными и безопасными для данной водоотливной установки. Режим работы считается экономичным, если выполняется условие:  $\eta \geq 0,9 \cdot \eta_{\text{max}}$ , где  $\eta_{\text{max}}$  – максимальный КПД насосной установки. Для шахтной установки на стадии проектирования КПД должен быть не менее 0,6 ( $\eta > 0,6$ ). При этом возможны следующие варианты включения насосов и напорных трубопроводов.

### 6.1 При откачке через один трубопровод одним насосом

Рассмотрим пример (рисунок 6.1), когда два одинаковых насоса (типа ЦНС) откачивают воду отдельно друг от друга, один – по индивидуальному трубопроводу диаметром  $d_1$ , а второй насос – по магистральному диаметром  $d_2$ . Каждый насос имеет четыре рабочих колеса и  $\eta_{\text{max}} = 0,82$ . Каждый насос работает со следующими параметрами:

$Q_1 = 215 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H_1 = 544 \text{ м}$ ,  $\eta_1 = 0,69$ ,  $H_B^{\text{доп}} = -0,2 \text{ м}$  – первый насос;

$Q_2 = 290 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H_2 = 536 \text{ м}$ ,  $\eta_2 = 0,77$ ,  $H_B^{\text{доп}} = -0,9 \text{ м}$  – второй насос.

Так как характеристика насоса падающая (увеличение производительности сопровождается уменьшением напора), поэтому режим работы его на каждый трубопровод будет устойчивым, но в любом случае на вход насоса вода должна поступать с избыточным давлением (с подпором) из-за  $H_B^{\text{доп}} < 0 \dots 3 \text{ м}$ . Эксплуатация насоса с индивидуальным трубопроводом недопустима из-за низкого КПД (в этом примере должен быть не менее  $\eta \geq 0,9 \cdot \eta_{\text{max}} = 0,9 \cdot 0,82 = 0,74$ ), поэтому в дальнейшем следует изменить диаметр индивидуального трубопровода  $d_1$ .

Здесь же необходимо проверить трубопровод по условию (7.4), если данное условие не выполняется, следует изменить диаметр трубопроводов и повторить расчет.

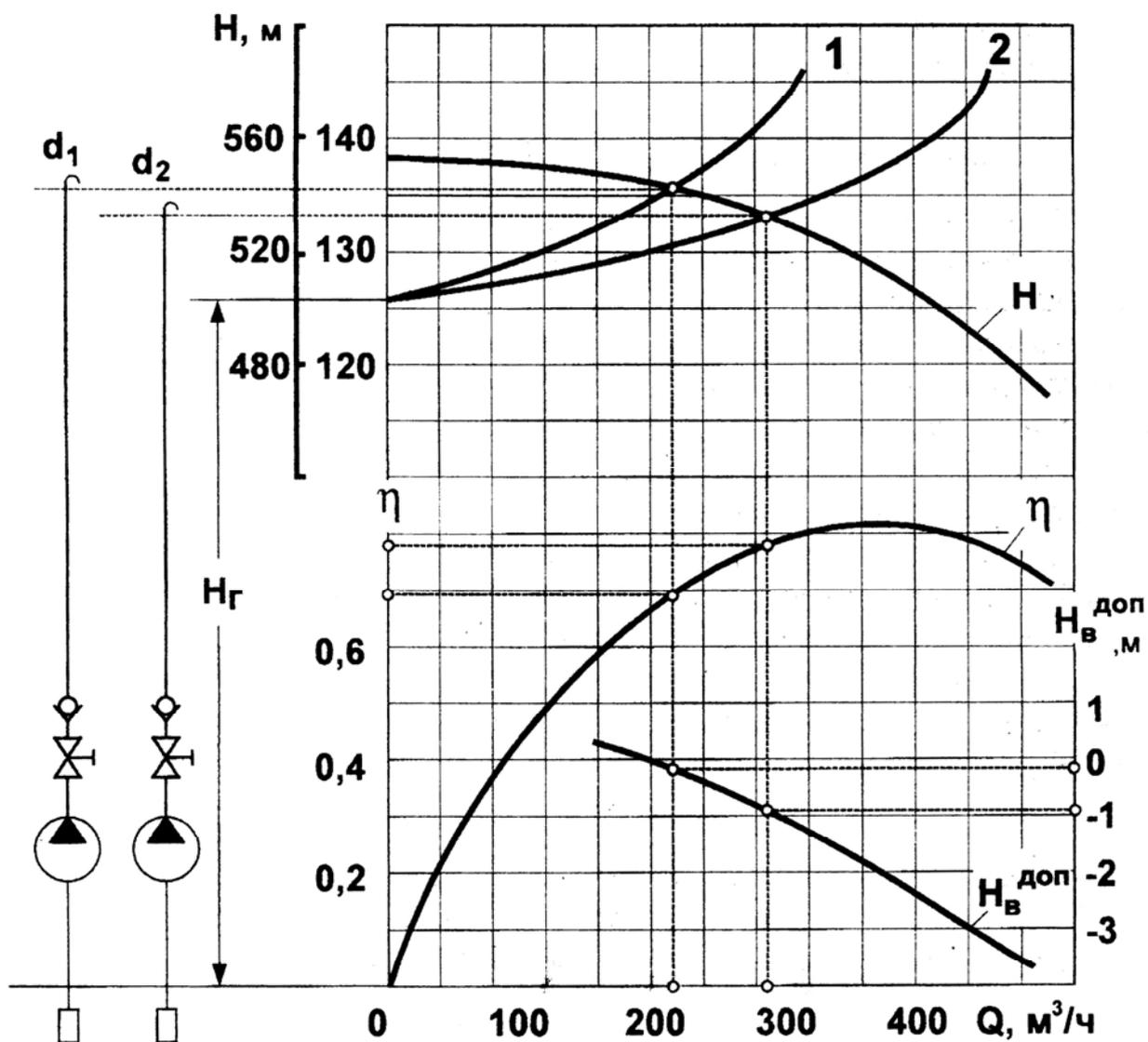


Рисунок 6.1 – Параметры рабочего режима агрегата для схемы: 1 – насос с ИТ ( $d_1$ ), 2 – насос с МТ ( $d_2$ )

Далее необходимо проверить соотношение  $H_{\max}/H$ , где  $H_{\max}$  – максимальный напор, развиваемый данным насосом. Если  $H_{\max}/H < 1,2$ , то на байпасе в коллекторе вместо нерегулируемой задвижки (Зн) следует установить переливной клапан для предотвращения чрезмерного увеличения давления при работе насоса. Если  $H_{\max}/H > 1,2$ , изменений в коллектор вносить не требуется.

## 6.2 Максимально допустимая высота всасывания насоса

Максимально допустимая высота всасывания определяется из условия отсутствия кавитации, которая может проявляться в первую очередь на входных кромках лопаток первого рабочего колеса насоса. Работа насоса в режиме кавитации сопровождается снижением напора и производительности, повышением мощности на двигателе и динамических нагрузок, разрушением рабочего колеса.

Допустимая высота всасывания должна определяться с учетом атмосферных условий в разное время года и плотности воды. Она необходима для правильного определения места установки в колодце или зумпфе датчика нижнего уровня воды. Работа этого датчика обеспечит повышение надежности работы насоса.

Так как в пункте 6.1 для насоса уже была графически установлена величина  $H_B^{\text{доп}}$ , поэтому максимальную геометрическую высоту всасывания  $H_{\text{ГВ}}^{\text{max}}$  следует определять по формуле, м:

$$H_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = H_B^{\text{доп}} - h_B - v^2/2 \cdot g, \quad (6.1)$$

где  $v^2/2 \cdot g$  – скоростной напор во всасывающем трубопроводе, м.

Если  $H_{\text{ГВ}}^{\text{max}} \geq 3$  м, тогда возможно применение стандартной насосной станции.

Если в результате расчета установлено, что  $H_{\text{ГВ}}^{\text{max}} < 3$  м, тогда необходимо применять бустерные насосы типа ЦТВ.

## 6.3 Мощность и выбор двигателя насоса

Для обеспечения надежной работы насосного агрегата в длительном режиме, но не более 20 часов в сутки, следует определять мощность при возможной наибольшей производительности насоса в заданных условиях  $Q_{\text{max}}$ . Как правило, это производительность при работе одного насоса на один магистральный трубопровод или на два индивидуальных. Поэтому расчетная мощность двигателя  $N_p$  должна определяться по формуле, кВт:

$$N_p = g \cdot Q \cdot H / (3600 \cdot \eta \cdot \eta_{\text{дв}}), \quad (6.2)$$

где  $Q$  – производительность при работе одного насоса на один магистральный трубопровод, определяется по параметру рабочего режима, м<sup>3</sup>/ч;

$\eta_{\text{дв}}$  – КПД электродвигателя, предварительно принимать  $\eta_{\text{дв}}=0,92$ .

В уравнении (6.2) следует соблюдать размерность расход  $Q$ , определенный в пункте 6.1 подставляться в  $\text{м}^3/\text{ч}$ , напор  $H$ , определенный в пункте 6.1 подставляться в метрах. Значение  $\eta$  определено в том же пункте.

При выборе по каталогу следует принимать двигатель с номинальной мощностью, отвечающей условию

$$N_{\text{дв}} = (1,1 \dots 1,3) \cdot N_{\text{р}}, \quad (6.3)$$

По каталогу должен выбираться электродвигатель мощности из полученного интервала и с частотой вращения, равной частоте вращения вала выбранного насоса.

По условиям работы электродвигателя для водоотливных установок принимаются во взрывобезопасном (РВ) или в закрытом защищенном исполнении (РН).

На главном водоотливе угольных шахт принимаются к установке высоковольтные взрывобезопасные электродвигатели на рабочее напряжение 6 кВ или более.

Насосы типа ЦНС с подачей более  $180 \text{ м}^3/\text{ч}$  изготовитель (Ясногорский машзавод) комплектует электродвигателями во взрывобезопасном исполнении типов: АЗП, ВАО, ДАЗ, ДАЛ (мощность 250...3150 кВт, напряжение до 10000 В).

Для принятого электродвигателя необходимо проверить запас мощности:

$$\text{при } N_{\text{дв}} < 200 \text{ кВт} \quad 1,1 \leq N_{\text{дв}}/N_{\text{р}} \leq 1,4, \quad (6.4)$$

$$\text{при } N_{\text{дв}} > 200 \text{ кВт} \quad 1,1 \leq N_{\text{дв}}/N_{\text{р}} \leq 1,3, \quad (6.5)$$

После выбора электродвигателя насоса в РПЗ нужно привести его параметры, например:

|   |                   |            |
|---|-------------------|------------|
| 1 Тип электродвигателя  |                   | ВАО2–450S2 |
| 2 Мощность  | кВт               | 200        |
| 3 Частота вращения  | мин <sup>-1</sup> | 3000       |
| 4 Напряжение статора  | кВ                | 0,66       |
| 5 КПД   | ед.               | 0,941      |
| 6 Коэффициент мощности  |                   | 0,9        |
| 7 Отношение пускового момента к номинальному ( $I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$ ) |                   | 6,5        |
| 8 Масса двигателя   | кг                | 2750       |

## 6.4 Схема включения одного насоса на два параллельно включенных напорных трубопровода

Параллельное включение трубопроводов значительно сокращает гидравлические потери напора во внешней сети, что позволяет уменьшить затраты электроэнергии при работе насосной установки.

Рабочая точка находится на пересечении напорной характеристики насоса и суммарной характеристики параллельно включенных трубопроводов. При этом трубы напорных ставов могут быть одинакового диаметра, если  $d_{и}=d_{м}$ , как в примере на рисунке 6.2, или разного диаметра, если  $d_{и}<d_{м}$  (рисунок 6.3).

Суммарная характеристика двух напорных трубопроводов строится по уравнению:

$$H_{1+2} = H_{г} + R_{1+2} \cdot Q_{р.тр}^2, \quad (6.6)$$

где  $Q_{р.тр}$  – расчетный расход воды через два трубопровода (должен быть равным производительности насоса), м<sup>3</sup>/ч;

$R_{1+2}$  – суммарное значение постоянной двух параллельно включенных трубопроводов, ч<sup>2</sup>/м<sup>5</sup>.

$R_1$  и  $R_2$  для каждого трубопровода следует рассчитывать по формуле (5.20), а  $R_{1+2}$  в общем случае по формуле:

$$R_{1+2} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{(R_1)^{0,5}} + \frac{1}{(R_2)^{0,5}} \right]^2}, \quad (6.7)$$

Суммарную напорную характеристику следует построить графически, что и показано на рисунке 6.2, для двух параллельно включенных трубопроводов с  $d_1=d_2$ . Полученная характеристика внешней сети с сопротивлением  $R_{1+2}$  дает точку пересечения с характеристикой насоса рисунок 6.2 и позволяет определить параметры рабочего режима установки. В данном примере параметры рабочего режима следующие:  $Q_{(1+2)}=325$  м<sup>3</sup>/ч,  $H_{(1+2)}=528$  м,  $\eta_{1+2}=0,81$ ,  $H_{в}^{доп}=-1,4$  м, (см. пересечение кривой  $R_{1+2}$  и кривой  $H$ ).

Сравнивая данный режим с работой этого же насоса отдельно на магистральный трубопровод (рисунок 6.1), отмечаем увеличение производительности (с  $Q_1=290$  м<sup>3</sup>/ч до  $Q_{(1+2)}=325$  м<sup>3</sup>/ч), снижение напора (с  $H_1=536$  м до  $H_{(1+2)}=528$  м) и повышение КПД (с  $\eta_1=0,77$  до  $\eta_{1+2}=0,81$ ), что является положительным результатом, т.к. это даст экономию электроэнергии.

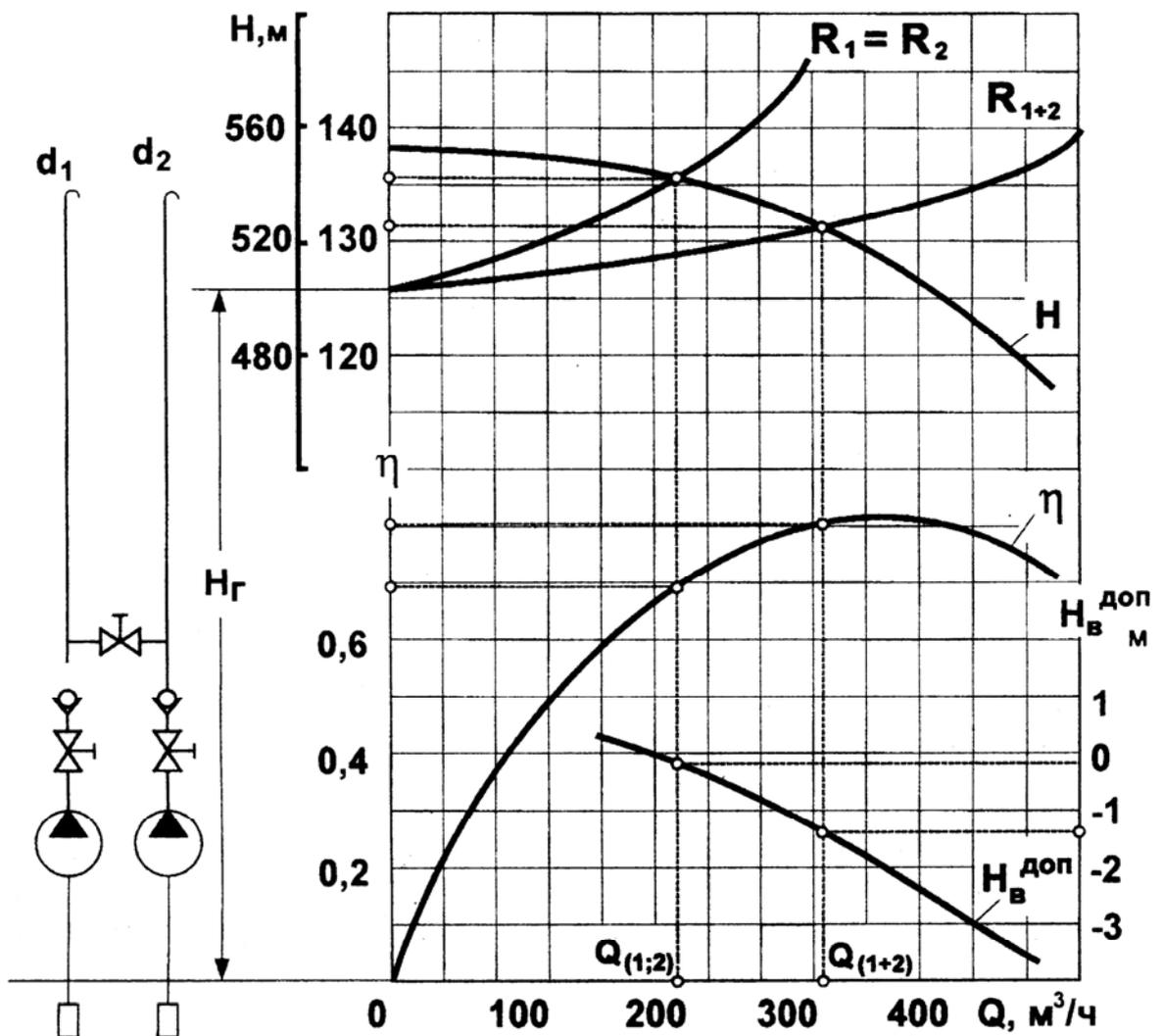


Рисунок 6.2 – Параметры рабочего режима при включении одного насоса на два трубопровода при  $d_1=d_2$

На рисунке 6.3 показано графическое построение характеристики двух трубопроводов с разными диаметрами ( $d_1 < d_2$ ), включенных параллельно. Полученная характеристика внешней сети с сопротивлением  $R_{1+2}$  дает точку пересечения с характеристикой насоса и позволяет определить параметры рабочего режима установки (см. пересечение кривой  $R_{1+2}$  и кривой  $H$ ).

Режим работы установки в этом случае характеризуется следующими параметрами:

$$Q_{(1+2)} = 345 \text{ м}^3/\text{ч}, H_{(1+2)} = 522 \text{ м}, \eta_{1+2} = 0,82, H_{\text{в}}^{\text{доп}} = -1,6 \text{ м};$$

$$\text{- расход воды через ИТ} - Q_{\text{ИТ}} = 130 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\text{- расход воды через МТ} - Q_{\text{МТ}} = 215 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Сравнивая данный режим с работой этого же насоса отдельно на магистральный трубопровод (рисунок 6.1), отмечаем увеличение производительности (с  $Q_1 = 290 \text{ м}^3/\text{ч}$  до  $Q_{(1+2)} = 345 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), снижение на-

пора (с  $H_1=536$  м до  $H_{(1+2)}=522$  м) и повышение КПД (с  $\eta_1=0,77$  до  $\eta_{1+2}=0,82$ ), что является положительным результатом, т.к. это даст экономию электроэнергии.

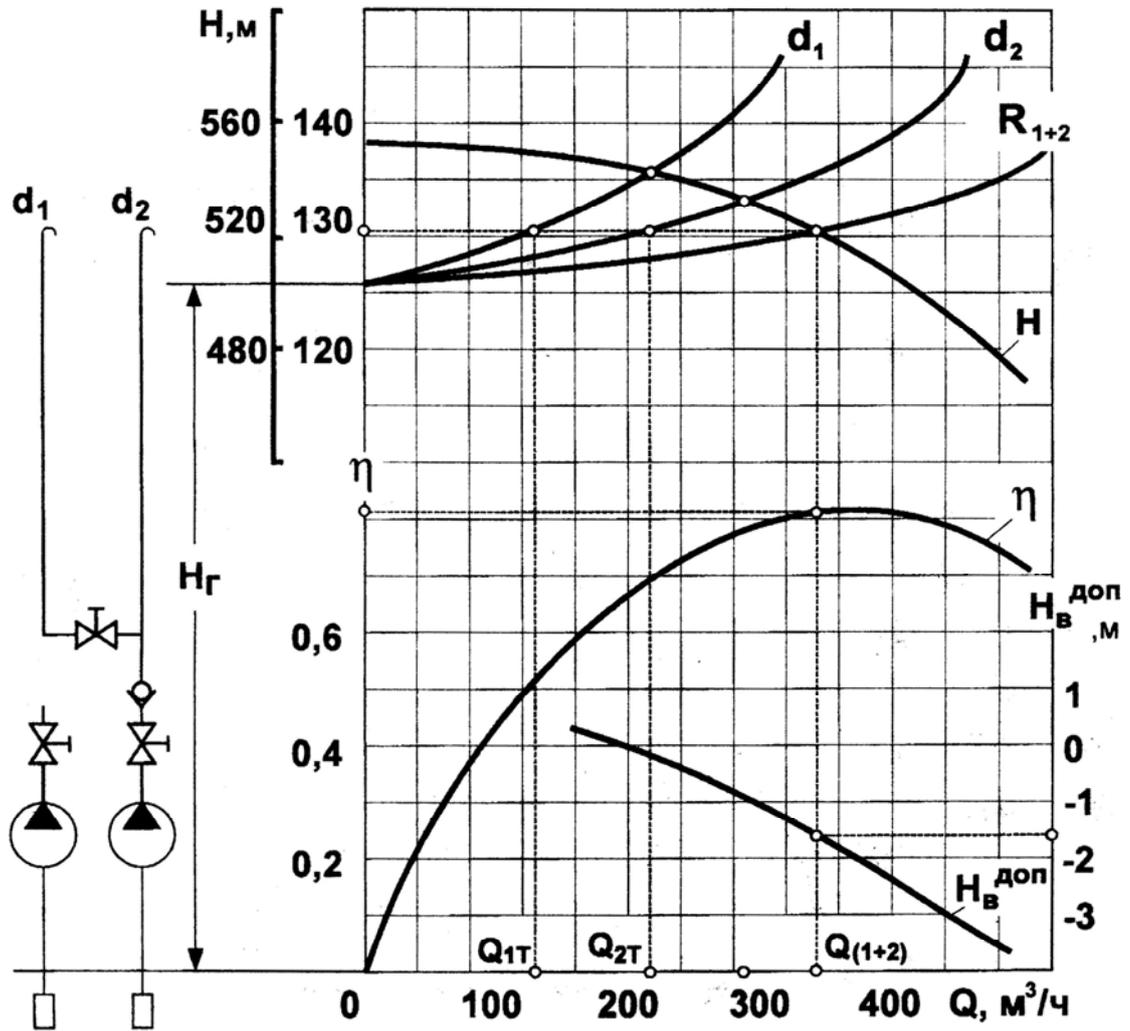


Рисунок 6.3 – Параметры рабочего режима при включении одного насоса на два трубопровода при  $d_1 < d_2$

### 6.5 Схема включения группы насосов на один трубопровод

Эта схема включения может использоваться как при нормальных притоках, так и при значительных притоках в паводковые периоды, или в период подготовки водоотливной установки к приему максимального притока, когда второй трубопровод на ремонте или ревизии. В этом случае откачку максимального притока производят группой насосов через магистральный или индивидуальный трубопровод. Суммарную напорно–расходную характеристику нескольких насосов, включенных на один трубопровод параллельно, строят графически,

для этого необходимо графически сложить подачу насосов при фиксированном значении напора насоса (рисунок 6.4).

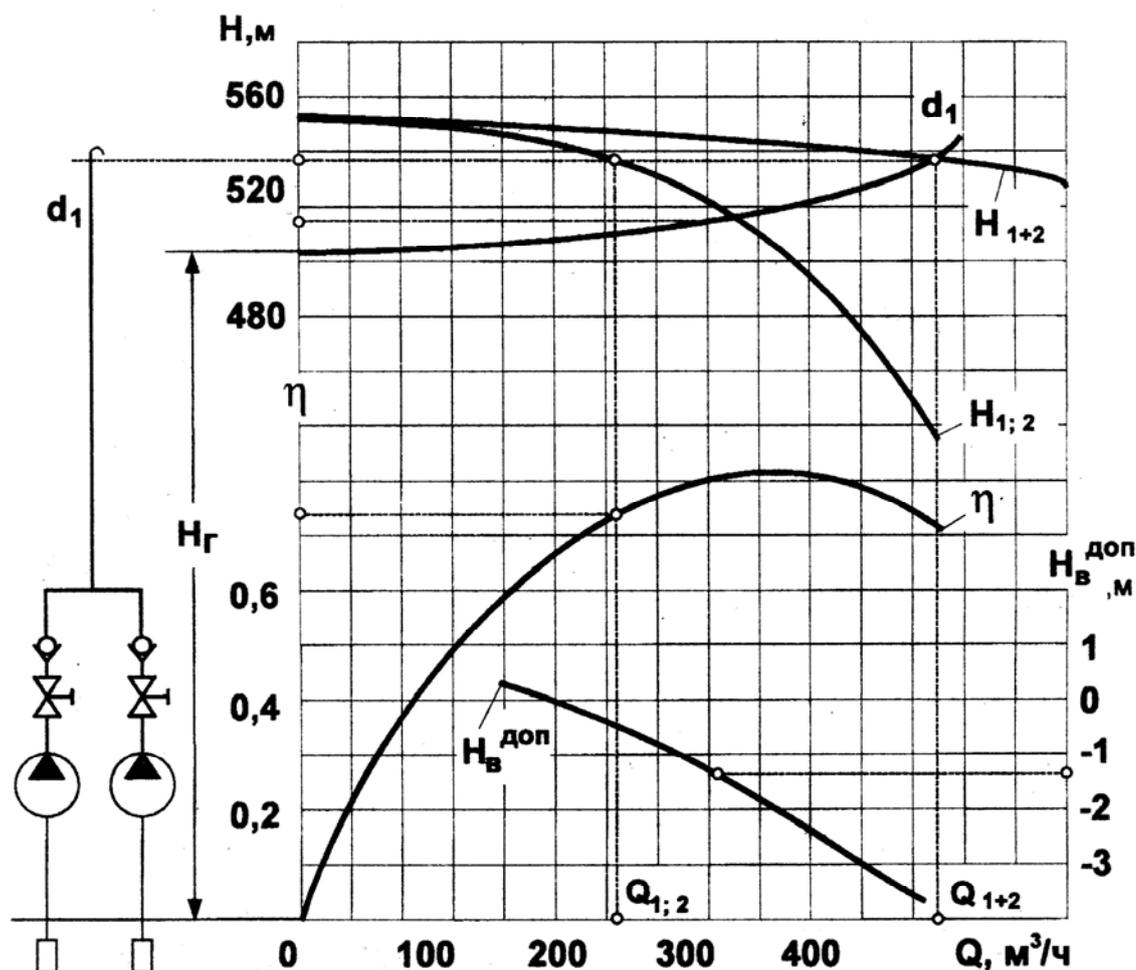


Рисунок 6.4 – Параметры рабочего режима при включении двух насосов на один трубопровод  $d_1$

Режим работы установки в этом случае характеризуется параметрами:  $Q_{(1+2)}=494 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_{1;2}=247 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,

$$H_{1;2}=537 \text{ м}, \eta_{1;2}=0,73, H_B^{доп}{}_{1,2}=-1,3 \text{ м}.$$

Данный режим работы неэкономичный т.к.  $\eta_{1;2}=0,73$ , а в данном примере КПД должно быть не менее  $\eta \geq 0,74$ .

6.6 Схема включения группы насосов, работающих параллельно на два параллельно соединенных трубопровода

Необходимость в одновременном использовании группы насосов и трубопроводов (рисунок 6.5) возникает, как правило, при появлении максимальных притоков или притоков выше максимального – аварийные притоки. При наличии двух и большего числа трубопро-

водов эта схема включения может быть использована при притоках больше нормального, до максимального притока включительно.

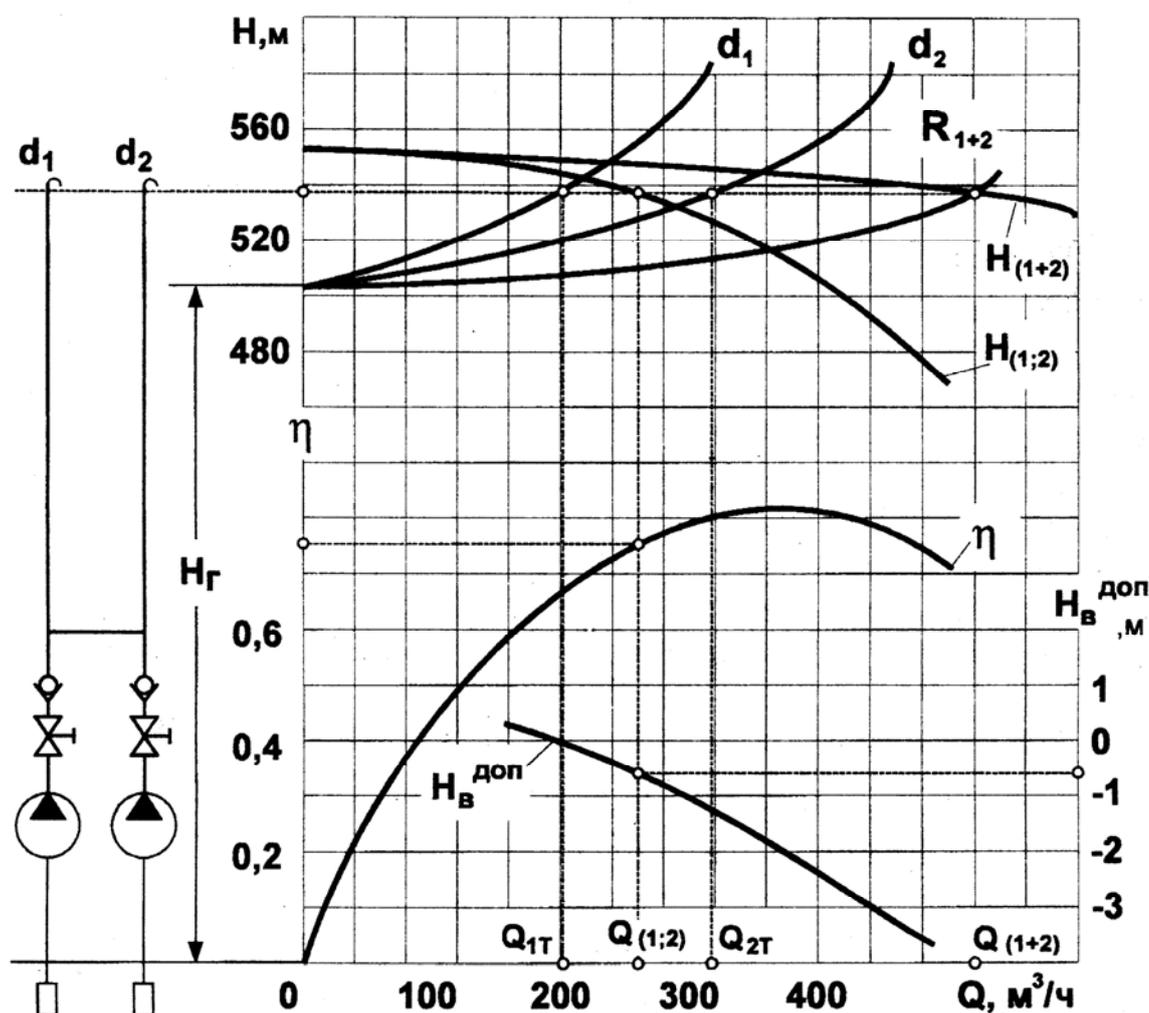


Рисунок 6.5 – Параметры рабочего режима при включении двух насосов на два трубопровода  $d_1$  и  $d_2$

Приемы для построения суммарных напорных характеристик насосов и трубопроводов разобраны ранее в пункте 6.5. Если схема включения представлена двумя индивидуальными трубопроводами ( $d_1=d_2$ ) и двумя насосами одного типоразмера, тогда режим работы каждого из насосов будет как в случае его подключения на один трубопровод (см. пример на рисунке 6.1:  $Q_{(1)}=215$  м³/ч,  $H_{(1)}=544$  м,  $\eta_{(1)}=0,69$ ,  $H_{в доп (1)}=-0,2$  м).

На рисунке 6.5 приведена схема с индивидуальным ( $d_1$ ) и магистральным ( $d_2$ ) трубопроводами при параллельной работе двух одинаковых насосов. Режим работы установки в этом случае характеризуется параметрами:

$$Q_{(1+2)}=520 \text{ м}^3/\text{ч}, Q_1=Q_2=260 \text{ м}^3/\text{ч}, H_{1;2}=538 \text{ м}, \eta_{1;2}=0,75,$$

$$H_{в доп 1;2}=-0,6 \text{ м}, Q_{1T}=202 \text{ м}^3/\text{ч}, Q_{2T}=318 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

## 7 Организация работы установки

7.1 Продолжительность работы установки при откачке нормального притока  $Q_n$ .

Продолжительность работы насоса следует определять из условия откачки нормального притока не более чем за 20 часов, по формуле, ч:

$$t_n = 24 \cdot Q_n / Q_d < 20, \quad (7.1)$$

где  $Q_d$  – действительная производительность рабочего насоса (или рабочей группы насосов), при откачке нормального притока, в соответствии со схемой включения и точкой режима работы,  $m^3/ч$ .

При  $24 > t_n > 20$  ч имеется возможность, выполнить требования о необходимости откачки воды из шахты не менее чем за 20 ч, включая по очереди рабочий и резервный агрегат. В этом случае следует  $t_n$  разделить на две равные части, что позволит уравнивать продолжительность работы насосных агрегатов в течение года и регулярно подсушивать обмотки двигателей.

7.2 Продолжительность работы установки при откачке максимального притока  $Q_{max}$ .

Продолжительность откачивания максимального суточного притока при включении одновременно рабочего и резервного насосов (или групп насосов), следует определять из условия откачки нормального притока не более чем за 20 часов, по формуле, ч:

$$t_{max} = 24 \cdot Q_{max} / (n_{раб} \cdot Q_d + n_{рез} \cdot Q_d) < 20, \quad (7.2)$$

где  $n_{раб}$  – число насосов в рабочей группе, ед.;

$n_{рез}$  – число насосов в резервной группе, ед.;

$Q_d$  – действительная производительность одного насоса в рабочей и резервной группе,  $m^3/ч$ .

### 7.3 КПД трубопровода

Для оценки эффективности вложения средств на строительство трубопроводного става (вертикальный ствол) следует использовать коэффициент полезного действия трубопровода  $\eta_{тр}$ :

$$\eta_{тр} = H_{ор} / H_d, \quad (7.3)$$

где  $H_d$  – действительный напор, с которым работает насос при откачивании соответствующего притока, м.

Для шахт вскрытых вертикальным стволом рекомендуется иметь КПД в пределах:

$$0,85 < \eta_{\text{тр}} < 0,99, \quad (7.4)$$

Большие значения  $\eta_{\text{тр}}$  достигаются увеличением диаметра трубопровода, что необходимо при высоких тарифах на электрическую энергию. Меньшие значения достигаются уменьшением диаметра трубопровода, что целесообразно при высокой стоимости труб и низких тарифах на электрическую энергию.

Для шахт вскрытых наклонными стволами, т.е. горизонтальных и наклонных трубопроводах, когда длина трубопровода в 4–5 раз превышает высоту подъема, при транспортировании чистой воды потери напора на 1 км не должны быть больше 30 м.

При транспортировании грязной воды потери напора на 1 км не должны быть больше 35 м.

#### 7.4 КПД насосной установки

Режим работы насосной установки считается экономичным, если на стадии проектирования выполняются оба условия:

$$0,6 \leq \eta_y \leq 0,9 \cdot \eta_{\text{max}}, \quad (7.5)$$

где  $\eta_y$  – коэффициент полезного действия насосной установки;

$\eta_{\text{max}}$  – максимальный КПД насоса, как правило, достигается при номинальной производительности.

$$\eta_y = \eta \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_c, \quad (7.6)$$

где  $\eta_c$  – КПД линии электропередачи от трансформатора до двигателя насоса, следует принимать равным 0,95.

#### 7.5 Расход электроэнергии

Средний годовой расход электрической энергии водоотливной установкой  $W_r$  определять по формуле, кВт·ч:

$$W_r = \frac{25,2 \cdot Q_p \cdot H_p \cdot [(365 - T_{\text{max}}) \cdot t_n \cdot n_{\text{раб}} + T_{\text{max}} \cdot t_{\text{max}} \cdot n_{\text{max}}]}{3600 \cdot \eta \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_c}, \quad (7.7)$$

где  $Q_p$  и  $H_p$  – производительность и напор в рабочем режиме для одного насосного агрегата при откачке через индивидуальный трубопровод, м<sup>3</sup>/ч и м;

$T_{\max}$  – продолжительность паводковых периодов за 1 год, сут;

$t_n$  и  $t_{\max}$  – продолжительность откачивания нормального и максимального суточного притока воды в горные выработки, ч;

$n_{\text{раб}}$  и  $n_{\max}$  – число рабочих насосов при откачке нормального и максимального притока воды в горные выработки, ед.

Удельный расход электроэнергии на 1 м<sup>3</sup> воды  $E_{\text{уд}}$ , кВт·ч/м<sup>3</sup>:

$$W_{\text{уд}} = \frac{W_{\Gamma}}{[Q_n \cdot (365 - T_{\max}) \cdot t_n \cdot n_{\text{раб}} + Q_{\max} \cdot T_{\max} \cdot t_{\max} \cdot n_{\max}]}, \quad (7.8)$$

Удельный расход электроэнергии на тонну добычи  $E_{\text{уд}}$ , кВт·ч/т:

$$E_{\text{уд}} = W_{\Gamma} / A_{\text{год}}, \quad (7.9)$$

где  $A_{\text{год}}$  – годовая добыча горного предприятия, т/год.

## 8 Дополнительное оборудование и сооружения установки

### 8.1 Объем водосборника

Назначение водосборника – осветление шахтной (рудничной) воды и накопление ее во время остановки водоотливной установки не менее 4 часов подряд в течение суток.

В шахтах число водосборников (главной установки) должно быть не менее двух: один в работе, а другой в очистке или в ремонте. В паводковый период оба водосборника должны быть очищены от шлама и находиться в рабочем состоянии. Емкость каждого водосборника  $V_{\text{в}}$  определяется из условия, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{в}} \geq 4 \cdot Q_{\max}, \quad (8.1)$$

Емкость водосборника может быть значительно больше величины  $4 \cdot Q_{\max}$ . Это зависит от схемы околоствольного двора, величины максимального притока, потребности регулирования в течение суток потребления электрической энергии на предприятии (участке, блоке) из-за ограничений мощностью трансформатора или использования льготного тарифа на энергию. В последнем случае емкость водосборника определяется из расчета продолжительности вынужденного простоя установки в течение суток. В любом случае строительство водосборника большей емкости, чем требуют ПБ, должно быть обосновано экономическими расчетами.

Аварийный уровень воды в водосборнике должен быть ниже отметки почвы околоствольного двора не менее чем на 0,5...1 м. Верхний уровень воды должен быть ниже аварийного не менее чем на 0,5...1 м. Значения меньше 1 м должны быть обоснованы расчетами и утверждены горной инспекцией. В любом случае объем воды, равный установленной емкости водосборника, должен полностью размещаться в выработках водосборника между отметками нижнего и верхнего уровня.

Под водосборники на шахтах строят горизонтальные выработки арочного и прямоугольного сечения с шириной в свету 2,5...3 м. Высота выработки не должна быть менее 2,5 м. Необходимый объем водосборника обеспечивается его протяженностью нередко в сотни метров. Всегда следует стремиться к сокращению длины шахтных водосборников.

На стадии проектирования следует закладывать водосборник с учетом его механизированной очистки и складирования ила. Предпочтительней гидросмывная очистка с последующим транспортированием ила шламовыми насосами и заполнением отработанных выработок.

## 8.2 Средства автоматизации

Не менее важным элементом водоотливной установки является система автоматизации, так как оперативное управление ее режимом работы должно осуществляться дистанционно по команде горного диспетчера или автоматически без вмешательства обслуживающего персонала. Для этого задвижки на насосах и трубопроводах должны иметь управляемый привод и связь с датчиками нижнего, верхнего и аварийного уровня воды в водосборнике. Дополнительно система должна включать средства для заливки насосов перед запуском и (или) удаления притечек воды в насосную станцию.

В шахтных условиях в установках главного водоотлива следует использовать гидропривод для управления задвижками, а в участковых установках – электропривод.

## 8.3 Вспомогательное оборудование

### 8.3.1 Заливка насоса

Для большинства водоотливных установок горных предприятий (с положительной высотой всасывания) перед запуском насоса

должна производиться предварительная заливка водой корпуса насоса и всасывающего трубопровода. Для этой цели в пределах насосной станции и прилегающих к ней выработок должно быть установлено заливочное оборудование. С этой целью могут применяться заливочные насосы, вакуумные насосы, заливочные и аккумулирующие баки, напорный трубопровод.

В качестве заливочных насосов следует использовать насосы:

- объемного действия, например винтовые и диафрагмовые (мембранные), при высоте подъема воды для самозаливки не более 7...8 м;

- центробежные погружные, например Кама, Гном, ЦТВ 6–25–35 и другие модели;

- центробежные типа ЗПН с встроенной емкостью или консольные обычного исполнения с вынесенной емкостью (для самозаливки);

- вакуумные насосы водокольцевые типа ВВН.

Производительность заливочного насоса  $Q_{зл}$  следует определять по формуле,  $м^3/ч$ :

$$Q_{зл} > 3 \cdot q, \quad (8.2)$$

где  $q$  – суммарные утечки воды в системе заливки одного насоса или группы насосов, принимать  $q=4 м^3/ч$  при подключении одного заливочного насоса к 2–3 рабочим насосным агрегатам.

### 8.3.2 Регулирование подачи воды в насосную камеру

В шахтных условиях соединении водосборников с приемным колодцем насосной станции (колодцами, траншеей) или всасывающим коллектором следует выполнять перепускными трубами, оборудованными задвижками на рабочее давление не менее 0,25 МПа. Диаметры перепускных труб и задвижек должны быть согласованы с производительностью рабочего насоса или группы насосов и приниматься по таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Диаметры задвижек на перепускные трубы

|                                    |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Производительность насоса, $м^3/ч$ | 100 | 150 | 250 | 300 | 500 | 850 |
| $D_y$ , мм                         | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 800 |

Для всех режимов откачки воды диаметр условного прохода перепускного трубопровода  $D_y$  должен соответствовать условию, мм:

$$D_y > 26,8 \cdot (Q_d)^{1/2}, \quad (8.3)$$

Задвижки на перепускных трубопроводах предназначены для регулирования поступления воды к насосам, для отключения водосборников при их очистке, а также для герметизации насосной установки со стороны водосборников при аварийных ситуациях.

Задвижки на перепускных трубах должны иметь дистанционный привод, а перепускные трубы со стороны водосборника должны оборудоваться сетками.

### 8.3.3 Удаление притечек воды из насосной камеры

При установке насосов на фундаменты, верхняя кромка которых располагается ниже отметки аварийного уровня воды (АУВ) в водосборнике, в пределах насосной станции оборудуется зумпф для сбора утечек воды из насосов, трубопроводной арматуры и притечек из смежных выработок, а от каждого насоса выполняется дренажный канал с уклоном в сторону зумпфа. При числе насосных агрегатов в насосной камере от 3 до 5 зумпф следует располагать в дальнем от ЦПП углу. При большем числе агрегатов зумпф следует располагать ближе к среднему насосу в нише. Емкость зумпфа  $V_z$  при постоянной работе одного из двух дренажных насосов (1 – рабочий, 1 – резервный) и возможности его остановки не более чем на 15 минут следует определять по формуле,  $m^3$ :

$$V_z \geq (K_y \cdot Q_d \cdot n_{\max} + q_{\text{сп}}) / 4, \quad (8.4)$$

где  $K_y$  – коэффициент, учитывающий утечки воды через уплотнения и разгрузочное устройство (гидропятю) насоса;

$n_{\max}$  – число насосов, работающих одновременно при откачке максимального притока воды в горные выработки, ед.;

$q_{\text{сп}}$  – суммарные утечки воды через сальниковые уплотнения на всасывающих трубопроводах насосов, водонепроницаемые перемишки и окружающие породы,  $m^3/ч$ .

Величина  $K_y$  определяется конструкцией насоса и техническим состоянием разгрузочного устройства и сальниковых уплотнений его вала. Для насосов типа ЦНС при удовлетворительном техническом состоянии следует принимать  $K_y \leq 0,05$ . Для насосов без разгрузочного устройства с производительностью не более  $100 m^3/ч$  объем утечек  $q_{\text{сп}}$ , как правило, не превышает  $0,5 \dots 1,5$  л/мин.

Величина  $q_{\text{сп}}$  в большей степени зависит от числа установленных насосов, поэтому при проектировании ориентировочно принимаем равным  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Вода из зумпфа дренажным насосом может подаваться в водозаборную емкость (колодец или траншею) или через редуционный клапан в коллектор установки.

Производительность дренажного насоса  $Q_{\text{дн}}$  следует определять по формуле,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$Q_{\text{дн}} \geq K_y \cdot Q_d \cdot n_{\text{max}} + q_{\text{сп}}, \quad (8.5)$$

В качестве дренажных насосов следует использовать насосы, рекомендованные для заливки насоса.

### 8.3.4 Подъемно–транспортное оборудование

В шахтных условиях для выполнения подъемно–транспортных операций при ремонтных, монтажных и демонтажных работах необходимо устанавливать в насосной камере неподвижную балку с талью при массе единичного груза до 1 т, таль с передвижной балкой с ручным приводом при массе до 3 т, кран–балку с электроприводом (исполнение РВ) при массе более 3 т. При необходимости эти грузоподъемные устройства могут быть использованы для транспортирования насосного оборудования в пределах насосной камеры.

### 8.3.5 Транспортирование оборудования в насосную камеру

В шахтных условиях для транспортирования груза по наклонному ходу и в пределах насосной камеры необходимо проложить рельсовый путь и установить в верхней части хода (5...10 м от клетового ствола) однобарабанную лебедку с ручным приводом. Необходимое тяговое усилие и канатоемкость барабана лебедки определяются с учетом массы груза и транспортного средства, на котором его доставляют, протяженности и угла наклона к горизонту почвы трубного хода.

Сопряжение насосной станции со смежными выработками, как правило, по горнотехнологическим причинам осуществляется под некоторым углом, что не позволяет без дополнительных маневровых операций доставлять оборудование и материалы в камеру. Трубный ходок, как правило, имеет либо изгиб с небольшим радиусом, либо излом (примыкает к камере под прямым углом). Поэтому в местах сопряжения выработок под прямым углом необходимо устанавливать

поворотный круг (без привода) для перевода транспортного средства на смежный рельсовый путь. В остальных случаях радиус закругления рельсового пути в ходке должен быть более трех жестких баз транспортного средства ( $R > 3 \cdot S_6$ ).

## 9 Проектирование камеры водосливной установки

9.1 Расположение камеры главной водоотливной установки надлежит предусматривать, как правило, в блоке с камерой центральной подземной подстанции.

В случае применения рельсового транспорта головки рельсов должны быть расположены заподлицо с полом камеры.

9.2 Размеры камер водоотливных установок надлежит определять исходя из количества насосных агрегатов и из условий расположения их вдоль продольной оси камеры в один ряд, принимая расстояние между ними 1000 мм.

При определении размеров камер следует также учитывать размещение необходимых средств автоматизации и грузоподъемных механизмов.

В камерах водосливных установок расстояние от наиболее выступающих частей насосного агрегата до ближайшей стены камеры необходимо предусматривать:

- по длине камеры со стороны водотрубного ходка – не менее ширины водотрубного ходка, а с противоположной стороны – не менее длины платформы для перевозки оборудования и зазора 400 мм: при отсутствии наклонного водотрубного ходка и поворотной платформы – зазора по 1000 мм с обеих сторон камеры;

- по ширине камеры – не менее суммарного расстояния, определяемого габаритами оборудования или шириной платформы для перевозки и зазоров по 200 мм до выступающих частей насосных агрегатов и до стенки камеры со стороны рельсового пути и не менее 500 мм от выступающих частей насосного агрегата до противоположной стены.

9.3 Высоту камеры (главных и участковых) водоотливных установок следует определять с учетом:

- превышения отметок фундаментов насосных агрегатов над уровнем пола камеры не менее 100 мм;

- подъема грузоподъемными средствами оборудования над рельсовой платформой, а в камерах без рельсовых путей – над полом на высоту не менее 150 мм;

- зазора не менее 100 мм между грузоподъемными средствами и нагнетательным трубопроводом, располагаемым поверху на высоте не менее 1800 мм;

- установки электрооборудования в незаглубленных камерах таким образом, чтобы места, доступные для проникновения воды к токоведущим частям электрооборудования, были на высоте не менее 1000 мм от головок рельсов околоствольного двора (у ствола).

9.4 Камеры главных незаглубленных и заглубленных водоотливных установок надлежит:

- проектировать с двумя выходами (ходками), расположенными в противоположных концах камеры, независимо от блокировки камер главной водоотливной установки и подстанции; при этом необходимо предусматривать, чтобы в камерах один из ходков, предназначенный для доставки оборудования транспортными средствами, принятыми на шахте (руднике), соединял камеры с главной откаточной выработкой.

9.5 Поперечные размеры ходков, по которым в камеры доставляется оборудование, следует принимать:

- по ширине – с учетом максимальных габаритов доставляемого оборудования и зазоров не менее 200 мм с каждой стороны выработки;

- по высоте – исходя из максимальной высоты оборудования и зазора 200 мм до кровли ходка, но не менее 1500 мм для наклонного и 1900 мм для горизонтального ходка.

9.6 Наклонный водотрубный ходок, соединяющий незаглубленную камеру главной водоотливной установки с наклонным стволом, следует располагать, как правило, под углом наклона до  $20^\circ$  к горизонту с таким расчетом, чтобы в месте сопряжения ходка со стволом расстояние по вертикали от уровня пола насосной камеры было не менее 3500 мм.

9.7 В незаглубленных камерах водоотливных установок при числе насосных агрегатов не более трех надлежит предусматривать, как правило, один водозаборный колодец, располагаемый внутри камер.

Конструктивные размеры водозаборного колодца следует принимать из расчета обеспечения полного удаления воды из водосборника при режиме работы насосов, исключаящем кавитацию и аэра-

цию, а также с учетом зазоров не менее 200 мм между сливными задвижками и стенками водозаборного колодца и размещения всасывающих клапанов на расстоянии, равном утроенному диаметру всасывающих труб. При этом глубина водозаборного колодца должна быть не менее 1800 мм (от подошвы водосборника).

Устья колодцев необходимо перекрывать металлическими решетками или рифлеными металлическими листами.

9.8 Поперечное сечение водосборников следует принимать не менее  $4,5 \text{ м}^2$  в свету при высоте выработки не менее 1900 мм.

Водосборники насосных камер заглубленного типа должны иметь два выхода на откаточные выработки. Один из выходов необходимо устраивать непосредственно над водоприемными клапанами, доступ к которым следует предусматривать по лестницам или скобам.

9.9 Ветви водосборников при наличии осветляющих резервуаров должны иметь уклон 0,001 в сторону насосной камеры, а при чистке водосборников через наклонные ходки – подъем 0,001 в ту же сторону.

9.10 При наличии в шахтной воде абразивных частиц (породы, руды, угля) следует предусматривать осветляющие резервуары с устройствами для их механизированной очистки.

9.11 При наличии на площадке двух стволов следует предусматривать, как правило, одну камеру зумпфового водоотлива в стволе с наибольшей глубиной и с перепуском воды из другого ствола по специальной выработке (скважине).

9.12 В камерах зумпфовых водоотливных установок расстояние от наиболее выступающих частей насосных агрегатов следует принимать по длине до стены камеры 1500 мм, по ширине со стороны прохода – 800 мм и с противоположной стороны – 400 мм, а между насосными агрегатами – 1000 мм.

Высоту камеры зумпфовой установки при плоском перекрытии следует принимать не менее 2200 мм, а при сводчатом перекрытии не менее 1600 мм от пола до пяты свода.

9.13 Нагнетательный трубопровод в камере следует располагать на высоте не менее 1500 мм со стороны, противоположной проходу.

9.14 Аппаратуру автоматизации зумпфового водоотлива следует выносить на уровень горизонта околоствольного двора или предусматривать специальное место для ее размещения в камерах.

9.15 Камеры подземных электроподстанций и распределительных пунктов высокого напряжения следует располагать:

- ЦПП – в околоствольных дворах, вблизи шахтных стволов с непосредственным примыканием к камере незаглубленной главной водоотливной установки;

- распределительных подземных пунктов высокого напряжения (РПП) – в центре расположения высоковольтных потребителей электроэнергии (стационарных и передвижных участковых подстанций);

- стационарных участковых подземных подстанций (УПП) – вблизи основных потребителей электроэнергии;

- преобразовательных подземных подстанций (ППП) – в околоствольных дворах и на участках шахт.

При соответствующем обосновании допускается расположение указанных камер в других местах.

9.16 В камерах подземных электроподстанций (ЦПП, РПП, УПП и ППП) надлежит предусматривать места для установки аппаратуры автоматизации и грузоподъемных средств.

9.17 Камеру центральной подземной подстанции, непосредственно примыкающую к незаглубленной камере главной водоотливной установки, надлежит отделять от последней противопожарной стеной толщиной не менее 200 мм.

В перемышке необходимо предусматривать устройство противопожарной и решетчатой дверей. Двери должны открываться в сторону насосной камеры. Полы камеры ЦПП и камеры главной незаглубленной водоотливной установки должны быть на одном уровне.

## Список использованных источников

- 1 Абрамов А.П., Бизенков В.Н. Стационарные машины. Расчет водоотливных установок горнодобывающих предприятий Учеб. пособие. – ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2003. – 143 с.
- 2 Стационарные установки шахт / Под общ. ред. Б.Ф. Братченко. М.: Недра, 1977.– 433 с.
- 3 Правила безопасности в угольных шахтах (РД 05-94-95). Кн. 1.– М.: ТОО ПолиМЕдиа, 1995. – 242 с.
- 4 Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М.: Недра, 1976.– 303 с.
- 5 СНиП II–4–80. Размещение оборудования в камере насосной установки. – М.: Стандартиздат, 1980. – 64 с.
- 6 Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. – М.: Недра, 1987. – 95 с.

## Приложение А

Таблица А.1 – Технические данные секционных насосов участкового водоотлива

| Модель насоса   | Z <sub>к</sub> , шт. | H, м | N, кВт | Линейные размеры, мм |                |                | Масса, кг |
|---|----------------------|------|--------|----------------------|----------------|----------------|-----------|
|   |                      |      |        | L                    | l <sub>1</sub> | l <sub>2</sub> |           |
| Q = 8–16 м <sup>3</sup> /ч; P <sub>вс</sub> <sup>max</sup> = 1,7 МПа; η = 0,49; n = 2950 об/мин; T до +60 °С      |                      |      |        |                      |                |                |           |
| ЦНС 13–350  |                      | 350  | 30     | 1525                 | 440            | 430            | 350       |
| Q = 28–48 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> = 5 м; η = 0,62; n <sub>s</sub> = 100; n = 2950 об/мин; T до +80 °С  |                      |      |        |                      |                |                |           |
| ЦНС 38–44   | 2                    | 44   | 11     | 839                  | 85             | 195            | 185       |
| ЦНС 38–66   | 3                    | 66   | 15     | 910                  | 156            | 266            | 213       |
| ЦНС 38–88   | 4                    | 88   | 18     | 981                  | 227            | 337            | 241       |
| ЦНС 38–110  | 5                    | 110  | 22     | 1052                 | 298            | 408            | 269       |
| ЦНС 38–132  | 6                    | 132  | 30     | 1123                 | 369            | 479            | 297       |
| ЦНС 38–154  | 7                    | 154  | 30     | 1194                 | 440            | 550            | 325       |
| ЦНС 38–176  | 8                    | 176  | 30     | 1265                 | 511            | 621            | 353       |
| ЦНС 38–198  | 9                    | 198  | 45     | 1336                 | 582            | 672            | 381       |
| ЦНС 38–220  | 10                   | 220  | 45     | 1407                 | 653            | 763            | 409       |
| Q = 48–80 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> = 4,5 м; η = 0,70; n <sub>s</sub> = 70; n = 1500 об/мин; T до +80 °С |                      |      |        |                      |                |                |           |
| ЦНС 60–50   | 2                    | 50   | 17     | 1081                 | 165            | 245            | 500       |
| ЦНС 60–75   | 3                    | 75   | 22     | 1176                 | 260            | 340            | 574       |
| ЦНС 60–100  | 4                    | 100  | 30     | 1271                 | 355            | 435            | 648       |
| ЦНС 60–125  | 5                    | 125  | 40     | 1366                 | 450            | 530            | 722       |
| ЦНС 60–150  | 6                    | 150  | 55     | 1461                 | 545            | 625            | 796       |
| ЦНС 60–175  | 7                    | 175  | 55     | 1556                 | 640            | 720            | 870       |
| ЦНС 60–200  | 8                    | 200  | 75     | 1651                 | 735            | 815            | 944       |
| ЦНС 60–225  | 9                    | 225  | 75     | 1746                 | 830            | 910            | 1018      |
| ЦНС 60–250  | 10                   | 250  | 75     | 1841                 | 925            | 1005           | 1092      |
| Q = 48–80 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> = 5 м; η = 0,65; n <sub>s</sub> = 100; n = 2950 об/мин; T до +60 °С  |                      |      |        |                      |                |                |           |
| ЦНС 60–66   | 2                    | 66   | 22     | 870                  | 102            | 212            | 239       |
| ЦНС 60–99   | 3                    | 99   | 30     | 950                  | 182            | 292            | 276       |
| ЦНС 60–132  | 4                    | 132  | 40     | 1030                 | 262            | 372            | 313       |
| ЦНС 60–165  | 5                    | 165  | 55     | 1110                 | 342            | 452            | 350       |
| ЦНС 60–198  | 6                    | 198  | 55     | 1190                 | 422            | 532            | 374       |
| ЦНС 60–231  | 7                    | 231  | 75     | 1270                 | 502            | 612            | 410       |
| ЦНС 60–264  | 8                    | 264  | 75     | 1350                 | 582            | 692            | 447       |
| ЦНС 60–297  | 9                    | 297  | 75     | 1430                 | 622            | 722            | 483       |
| ЦНС 60–330  | 10                   | 330  | 100    | 1510                 | 742            | 852            | 520       |

Примечание: L – длина насоса; l<sub>1</sub> – расстояние между осями отверстий под фундаментные болты, измеренное вдоль оси насоса; l<sub>2</sub> –

расстояние между осями всасывающего и нагнетательного патрубка, измеренное вдоль оси насоса.

ЦНС 13–350 предназначен для подачи в систему орошения до-бычного комбайна воды с рН=7–8, с механическими примесями до 0,1 % по массе.

ЦНС 38–44...220 имеют ресурс быстроизнашивающихся дета-лей 3000 ч, а ресурс до капитального ремонта – 6000 ч.

Эти насосы допускают в воде наличие механических примесей до 0,1...0,5 % по массе при размере частиц 0,1...0,2 мм.

Таблица А.2 – Технические данные секционных насосов главного во-доотлива

| Модель насоса   | Z <sub>к</sub> , шт. | H, м | N, кВт | Линейные размеры, мм |                |                | Масса кг |
|---|----------------------|------|--------|----------------------|----------------|----------------|----------|
|   |                      |      |        | L                    | l <sub>1</sub> | l <sub>2</sub> |          |
| Q = 80–130 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> =4,5м; η=0,68; n <sub>s</sub> =100; n=2950 об/мин; Т до +60°С |                      |      |        |                      |                |                |          |
| ЦНС 105-98  | 2                    | 98   | 55     | 1100                 | 165            | 245            | 480      |
| ЦНС 105-147   | 3                    | 147  | 75     | 1195                 | 260            | 340            | 549      |
| ЦНС 105-196   | 4                    | 196  | 90     | 1290                 | 355            | 435            | 618      |
| ЦНС 105-245   | 5                    | 245  | 132    | 1385                 | 450            | 530            | 720      |
| ЦНС 105-294   | 6                    | 294  | 160    | 1480                 | 545            | 625            | 795      |
| ЦНС 105-343   | 7                    | 343  | 160    | 1575                 | 640            | 720            | 866      |
| ЦНС 105-392   | 8                    | 392  | 200    | 1670                 | 735            | 815            | 939      |
| ЦНС 105-441   | 9                    | 441  | 250    | 1765                 | 830            | 910            | 1012     |
| ЦНС 105-490   | 10                   | 490  | 250    | 1860                 | 925            | 1005           | 1086     |
| Q=110–180 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> =4,7м; η=0,70; n <sub>s</sub> =100; n=2970 об/мин; Т до +105°С |                      |      |        |                      |                |                |          |
| ЦНС 150-240   |                      | 240  | 160    | 2140                 | 970            | 730            | 1140     |
| ЦНС 150-390   |                      | 390  | 250    | 1825                 | 1090           | 870            | 1348     |
| Q= 130–220 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> =5м; η=0,70; n <sub>s</sub> =70; n=1475 об/мин; Т до +60°С    |                      |      |        |                      |                |                |          |
| ЦНС 180-85  | 2                    | 85   | 75     | 1125                 | 180            | 270            | 639      |
| ЦНС 180-128   | 3                    | 128  | 110    | 1230                 | 285            | 375            | 747      |
| ЦНС 180-170   | 4                    | 170  | 132    | 1335                 | 390            | 480            | 855      |
| ЦНС 180-212   | 5                    | 212  | 160    | 1440                 | 495            | 585            | 976      |
| ЦНС 180-255   | 6                    | 255  | 200    | 1545                 | 600            | 690            | 1105     |
| ЦНС 180-297   | 7                    | 297  | 250    | 1650                 | 705            | 795            | 1278     |
| ЦНС 180-340   | 8                    | 340  | 250    | 1755                 | 810            | 900            | 1394     |
| ЦНС 180-383   | 9                    | 383  | 320    | 1860                 | 915            | 1005           | 1507     |
| ЦНС 180-425   | 10                   | 425  | 320    | 1965                 | 1020           | 1110           | 1620     |
| Q= 130-220 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> =5 м; η=0,72; n <sub>s</sub> =100; n=2950 об/мин; Т до +60°С  |                      |      |        |                      |                |                |          |
| ЦНС 180-500   | 5                    | 500  | 400    | 1455                 | 440            | 600            | 2210     |
| ЦНС 180-600   | 6                    | 600  | 500    | 1560                 | 545            | 705            | 2310     |
| ЦНС 180-700   | 7                    | 700  | 630    | 1665                 | 650            | 810            | 2410     |
| ЦНС 180-800   | 8                    | 800  | 630    | 1770                 | 755            | 915            | 2510     |
| ЦНС 180-900   | 9                    | 900  | 800    | 1875                 | 860            | 1020           | 2610     |

Продолжение таблицы А.2

|  |    |      |      |      |      |      |       |
|--|----|------|------|------|------|------|-------|
| Q = 220–380 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> =5 м; η=0,71; n <sub>s</sub> =70; n=1475 об/мин; Т до +60°С   |    |      |      |      |      |      |       |
| ЦНС 300-120  | 2  | 120  | 160  | 1365 | 176  | 316  | 1127  |
| ЦНС 300-180  | 3  | 180  | 250  | 1485 | 296  | 436  | 1290  |
| ЦНС 300-240  | 4  | 240  | 320  | 1605 | 416  | 556  | 1453  |
| ЦНС 300-300  | 5  | 300  | 400  | 1725 | 536  | 676  | 1674  |
| ЦНС 300-360  | 6  | 360  | 500  | 1845 | 656  | 796  | 1843  |
| ЦНС 300-420  | 7  | 420  | 500  | 1963 | 776  | 916  | 2013  |
| ЦНС 300-480  | 8  | 480  | 630  | 2085 | 896  | 1036 | 2235  |
| ЦНС 300-540  | 9  | 540  | 800  | 2205 | 1016 | 1156 | 2405  |
| ЦНС 300-600  | 10 | 600  | 800  | 2825 | 1136 | 1276 | 2575  |
| Q = 220–380 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> =-2м; η=0,72; n <sub>s</sub> =100; n=2950 об/мин; Т до +60°С  |    |      |      |      |      |      |       |
| ЦНС 300-650  | 5  | 650  | 800  | 2243 | 943  | 946  | 1830  |
| ЦНС 300-780  | 6  | 780  | 1000 | 2418 | 1068 | 1071 | 1960  |
| ЦНС 300-910  | 7  | 910  | 1250 | 2543 | 1193 | 1196 | 2090  |
| ЦНС 300-1040   | 8  | 1040 | 1250 | 2068 | 1318 | 1321 | 2220  |
| ЦНС 300-1170   | 9  | 1170 | 1250 | 3000 | 1193 | 1175 | 2350  |
| ЦНС 300-1300   | 10 | 1300 | 1600 | 3125 | 1313 | 1320 | 2480  |
| Q = 350–450 м <sup>3</sup> /ч; P <sub>вс</sub> <sup>max</sup> = 1 МПа; η=0,65; n=1475 об/мин; Т до +60°С     |    |      |      |      |      |      |       |
| ЦНС 400-12   | 8  | 1160 | 2500 | 3168 | 1600 | 1195 | 9070  |
| ЦНС 400-13   | 9  | 1305 | 2500 | 3300 | 1600 | 1195 | 9550  |
| ЦНС 400-14,5   | 10 | 1450 | 3150 | 3432 | 1600 | 1195 | 10030 |
| ЦНС 16   | 11 | 1600 | 3150 | 3564 | 1600 | 1195 | 10500 |
| Q = 380–620 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> =4,5 м; η=0,73; n <sub>s</sub> =70; n=1475 об/мин; Т до +60°С |    |      |      |      |      |      |       |
| ЦНСК 500-160   | 2  | 160  | 400  | 2035 | 229  | 369  | 2432  |
| ЦНСК 500-240   | 3  | 240  | 630  | 2180 | 374  | 514  | 2754  |
| ЦНСК 500-320   | 4  | 320  | 800  | 2325 | 519  | 659  | 3076  |
| ЦНСК 500-400   | 5  | 400  | 1000 | 2470 | 664  | 804  | 3398  |
| ЦНСК 500-480   | 6  | 480  | 1000 | 2615 | 809  | 949  | 3865  |
| ЦНСК 500-560   | 7  | 560  | 1250 | 2765 | 954  | 1094 | 4333  |
| ЦНСК 500-640   | 8  | 640  | 1600 | 2905 | 1099 | 1239 | 4801  |
| ЦНСК 500-720   | 9  | 720  | 1600 | 3050 | 1254 | 1334 | 5269  |
| ЦНСК 500-800   | 10 | 800  | 1600 | 3195 | 1399 | 1529 | 5737  |
| Q = 640–1000 м <sup>3</sup> /ч; H <sub>вс</sub> =3 м; η=0,7; n <sub>s</sub> =70; n=1450 об/мин; Т до +40°С   |    |      |      |      |      |      |       |
| ЦНСГ 850-240   | 2  | 240  | 800  | 2010 | 468  | 460  | 4220  |
| ЦНСГ 850-360   | 3  | 360  | 1250 | 2180 | 638  | 630  | 4721  |

Продолжение таблицы А.2

|              |   |     |      |      |      |      |      |
|--------------|---|-----|------|------|------|------|------|
| ЦНСГ 850-480 | 4 | 480 | 2000 | 2350 | 808  | 800  | 5222 |
| ЦНСГ 850-600 | 5 | 600 | 2100 | 2520 | 978  | 970  | 5723 |
| ЦНСГ 850-720 | 6 | 720 | 3150 | 2690 | 1178 | 1170 | 6224 |
| ЦНСГ 850-840 | 7 | 840 | 3150 | 2860 | 1310 | 1310 | 6725 |
| ЦНСГ 850-960 | 8 | 960 | 3150 | 3030 | 1488 | 1480 | 7226 |

Примечание: эти насосы предназначены для откачки воды с концентрацией механических примесей до 0,1...0,5 % по массе при размере частиц 0,1...0,2 мм. При большей концентрации и размерах частиц наработка на отказ уменьшается до 2500...3000 ч, ресурс до ремонта 10000 ч, потери напора увеличиваются на 8...10 %.

Насосы ЦНС 180–85...425 выпускаются и в кислотном исполнении ЦНСК с такими же параметрами, но температура воды допускается не более +40°C.

ЦНС 300–650... 1300 имеют ресурс быстроизнашивающихся деталей 5000 ч, а ресурс до капитального ремонта – 10000 ч.

ЦНСК 500–160...800 имеют наработку на отказ 2000 ч, а средний ресурс до капитального ремонта – 4000 ч.

ЦНСГ 850–240..960 имеют наработку на отказ до 5000 ч, а средний ресурс до капитального ремонта – 10000 ч, способны работать по грязной воде при концентрации механических примесей до 0,4 % и размере частиц до 1 мм.

Таблица А.3 – Параметры центробежных спиральных насосов

| Модель насоса | Q<br>м <sup>3</sup> /ч | H,<br>м | N,<br>кВт | КПД,<br>ед. | H <sub>вс</sub> ,<br>м | n,<br>об/ми | D <sub>к</sub> ,<br>мм | m,<br>кг |
|---------------|------------------------|---------|-----------|-------------|------------------------|-------------|------------------------|----------|
| ЦП 400-105    | 400                    | 108     | 158       | 0,76        | 4,5                    | 1450        | 445                    | 2400     |
|               | 450                    | 87      | 144       | 0,755       | 4,3                    |             | 420                    |          |
|               | 350                    | 83      | 107       | 0,755       | 4,8                    |             | L 390                  |          |
| ЦН 400-210    | 400                    | 216     | 316       | 0,76        | 4,5                    | 1450        | 445                    | 2800     |
|               | 450                    | 174     | 288       | 0,755       | 4,3                    |             | 420                    |          |
|               | 350                    | 166     | 214       | 0,755       | 4,8                    |             | 390                    |          |
| ЦН 1000-180   | 1000                   | 182     | 702       | 0,72        | 2                      | 1450        | 590                    | 2340     |
|               | 1000                   | 140     | 540       | 0,72        | 2                      |             | 545                    |          |
|               | 900                    | 150     | 500       | 0,72        | 2,5                    |             | 545                    |          |
|               | 800                    | 206     | 575       | 0,72        | 2,8                    |             | 590                    |          |
|               | 720                    | 170     | 470       | 0,72        | 3                      |             | 545                    |          |
| ЦН 1200-310   | 1000                   | 294     | 1068      | 0,765       | 2                      | 1450        | 535                    | 10000    |
| ЦН 900-360    | 600                    | 380     | 777       | 0,815       | 4,3                    | 1450        |                        | 7100     |
| 8М-8х4        | 190                    | 173     | 128       | 0,71        | 2                      | 1450        | 375                    | 1200     |

Продолжение таблицы А.3

|           |      |     |      |      |     |      |     |       |
|-----------|------|-----|------|------|-----|------|-----|-------|
| 10М-7х6   | 300  | 430 | 490  | 0,73 |     | 1470 | 456 | 4500  |
| 10М-8х6   | 320  | 285 | 342  | 0,74 |     | 1470 | 400 | 3150  |
| 28М-12х2  | 3000 | 200 | 2220 | 0,75 |     | 980  | 890 | 7800  |
| 5МД-7х3   | 144  | 234 | 127  | 0,74 | 6,2 | 2950 | 290 | 1210  |
| 8МД-12х3  | 260  | 210 | 208  | 0,73 | 3,2 | 2900 | 262 | 1400  |
| 8МД-9х2   | 360  | 315 | 416  | 0,76 |     | 2950 | 360 | 3200  |
| 10Н-8х4   | 400  | 720 | 1081 | 74   | -5  | 1450 | 280 | 8500  |
| 14Н-12х2  | 1000 | 420 | 1556 | 75   | -5  | 1450 | 540 | 10800 |
| 8НД-10х5  | 400  | 500 | 750  | 74   | -10 | 2950 | 300 | 6500  |
| 12НД-11х2 | 1000 | 280 | 1024 | 76   |     | 2950 | 460 | 9500  |
| 16НД-10х1 | 2000 | 220 | 1630 | 75   | -10 | 2950 | 280 | 11500 |

Примечание: отрицательная высота всасывания указывает на необходимость подпора не менее приведенной величины. Указана масса всего агрегата (насос, муфта, двигатель). При откачке нейтральных вод насосы имеют наработку на отказ не менее 5000 часов.

Таблица А.4 – Параметры насосов типа Д, НДв, НДс

| Модель насоса        | Q,<br>м <sup>3</sup> /ч | H,<br>м | N,<br>кВт | КПД,<br>ед. | H <sub>вс</sub> ,<br>м | n,<br>об/мин | D <sub>к</sub> ,<br>мм | m,<br>кг |
|----------------------|-------------------------|---------|-----------|-------------|------------------------|--------------|------------------------|----------|
| 1                    | 2                       | 3       | 4         | 5           | 6                      | 7            | 8                      | 9        |
| 4НДв-60              | 180                     | 95      | 65        | 0,70        | 2,7                    | 2950         | 280                    | 184      |
|                      | 160                     | 88      | 57        | 0,70        | 3,3                    |              | 265                    |          |
| 5НДв-60              | 210                     | 35      | 30        | 0,70        | 5,8                    | 1450         | 350                    | 242      |
|                      | 190                     | 30      | 22,5      | 0,71        | 6,2                    |              | 325                    |          |
|                      | 180                     | 25      | 17,5      | 0,72        | 6,7                    |              | 300                    |          |
| 8НДв-60              | 700                     | 88      | 210       | 0,82        | 2                      | 2950         | 525                    | 732      |
|                      | 680                     | 78      | 180       | 0,81        | 2,7                    |              | 500                    |          |
|                      | 590                     | 70      | 140       | 0,81        | 3                      |              | 470                    |          |
| Д200-36              | 200                     | 36      | 20        | 0,70        | 6,3                    | 2950         | 350                    | 184      |
|                      | 180                     | 31      | 23        | 0,68        | 6,7                    |              | 325                    |          |
|                      | 170                     | 27      | 18        | 0,71        | 7                      |              | 300                    |          |
| Д200-95              | 175                     | 100     | 72        | 0,68        | 1,5                    | 1450         | 280                    | 224      |
|                      | 150                     | 93      | 57        | 0,68        | 2,9                    |              | 265                    |          |
| Д250-130             | 350                     | 130     | 180       | 0,68        | 0,2                    | 2950         | 325                    |          |
|                      | 325                     | 115     | 194       | 0,68        | 1,8                    |              | 300                    |          |
| Д320-50<br>(6НДв-60) | 320                     | 48      | 56        | 0,76        | 5,1                    | 1450         | 405                    | 342      |
|                      | 280                     | 45      | 46        | 0,76        | 5,3                    |              | 380                    |          |
|                      | 270                     | 40      | 40        | 0,76        | 5,5                    |              | 360                    |          |
| Д320-70<br>(6НДс-60) | 320                     | 65      | 75        | 0,77        | 2,9                    | 2950         | 265                    | 240      |
|                      | 270                     | 63      | 61        | 0,77        | 4,4                    |              | 242                    |          |
|                      | 260                     | 65      | 59        | 0,79        | 4,6                    |              | 230                    |          |

Продолжение таблицы А.4

|                    |      |     |      |      |     |      |     |      |
|--------------------|------|-----|------|------|-----|------|-----|------|
| Д500-36            | 500  | 39  | 68   | 0,80 | 5,4 | 980  | 525 |      |
|                    | 450  | 31  | 48   | 0,80 | 6,2 |      | 470 |      |
| Д500-65<br>(10-6)  | 500  | 66  | 132  | 0,76 | 5,5 | 1450 | 465 |      |
|                    | 450  | 63  | 104  | 0,76 | 6   |      | 432 |      |
| Д630-40            | 600  | 40  | 72   | 0,78 |     | 960  | 525 |      |
| Д630-90            | 630  | 90  | 190  | 0,81 | 2,7 | 1450 | 525 |      |
|                    | 630  | 80  | 172  | 0,81 | 2,7 |      | 500 |      |
|                    | 600  | 73  | 152  | 0,80 | 3,5 |      | 470 |      |
| Д800-28<br>(12НДс) | 800  | 28  | 72   | 0,87 | 6,2 | 980  | 460 |      |
|                    | 750  | 24  | 58   | 0,86 | 6,3 |      | 430 |      |
|                    | 700  | 21  | 48   | 0,85 | 6,4 |      | 400 |      |
| Д800-57<br>(12Д-9) | 800  | 57  | 170  | 0,82 | 3,8 | 1470 | 432 |      |
|                    | 720  | 46  | 115  | 0,80 | 6,8 |      | 395 |      |
|                    | 580  | 37  | 77   | 0,77 | 7,1 |      | 355 |      |
| Д1000-40           | 1000 | 40  | 128  | 0,87 | 5,1 | 980  | 540 |      |
|                    | 1000 | 30  | 96   | 0,87 | 5,1 |      | 480 |      |
| Д1250-14           | 1250 | 16  | 68   | 0,82 | 7   | 730  | 450 |      |
|                    | 1250 | 10  | 39   | 0,89 | 7   |      | 410 |      |
| Д1250-65           | 1250 | 67  | 300  | 0,78 | 3,2 | 1450 | 450 | 1160 |
|                    | 1125 | 58  | 240  | 0,76 | 4   |      | 430 |      |
|                    | 1000 | 50  | 185  | 0,75 | 4,5 |      | 400 |      |
| Д1250-125          | 1250 | 125 | 620  | 0,76 | 5,2 | 1480 | 650 | 1710 |
|                    | 1250 | 100 | 450  | 0,77 | 5,2 |      | 610 |      |
| Д1600-90           | 1600 | 90  | 445  | 0,90 | 2   | 1450 | 540 | 1525 |
|                    | 1600 | 77  | 385  | 0,89 | 2   |      | 510 |      |
|                    | 1600 | 66  | 330  | 0,89 | 2   |      | 480 |      |
| Д2000-21           | 2000 | 20  | 136  | 0,82 | 4,8 | 980  | 450 |      |
|                    | 1750 | 16  | 92   | 0,85 | 5,7 |      | 410 |      |
| Д2000-34           | 2000 | 33  | 210  | 0,87 | 4,6 | 735  | 450 |      |
| Д2000-100          | 2000 | 100 | 670  | 0,77 | 3,7 | 985  | 855 |      |
|                    | 1800 | 88  | 590  | 0,75 | 4   |      | 745 |      |
| Д2500-17           | 2500 | 17  | 135  | 0,88 | 6   | 730  | 650 |      |
|                    | 2250 | 13  | 92   | 0,89 | 6,4 |      | 590 |      |
| Д2500-45(20НДс)    | 2800 | 37  | 320  | 0,90 | 4,8 | 730  | 740 | 7190 |
| Д2500-62(18НДс)    | 2500 | 60  | 475  | 0,88 | 2,3 | 980  | 700 | 6890 |
| Д3200-20           | 4000 | 17  | 210  | 0,89 | 4,2 | 585  | 690 |      |
|                    | 3600 | 13  | 190  | 0,88 | 4,7 |      | 615 |      |
| Д3200-33           | 3200 | 31  | 320  | 0,87 | 2,8 | 980  | 550 |      |
|                    | 2900 | 24  | 225  | 0,86 | 3,5 |      | 490 |      |
| Д3200-55           | 3200 | 55  | 530  | 0,92 | 4,8 | 730  |     |      |
| Д3200-75           | 3200 | 72  | 730  | 0,88 | 2,5 | 980  | 755 | 8320 |
| Д4000-22           | 4800 | 18  | 290  | 0,83 | 5,4 | 585  | 740 |      |
|                    | 3750 | 13  | 165  | 0,82 | 7,2 |      | 620 |      |
| Д4000-95           | 4800 | 90  | 1320 | 0,91 | 3,3 | 980  |     |      |
| Д5000-32           | 5000 | 27  | 295  | 0,87 | 3,5 | 750  | 690 |      |

Примечание. В скобках указаны обозначения насосов до введения ГОСТ 10272–77. Число перед буквами в обозначении указывает диаметр напорного патрубка в дюймах (это число следует умножить на 25, чтобы получить ответ в мм). Два числа через дефис, стоящих после буквы «Д», не всегда указывают номинальные параметры насоса (производительность и напор при максимальном КПД). В обозначении насосов серии НД число в конце указывает примерное значение коэффициента быстроходности колеса.

Таблица А.5 – Параметры скважных и погружных насосов

| Модель насоса                | Q,<br>м <sup>3</sup> /ч | H,<br>м | N, кВт | КПД,<br>ед. | d <sub>н</sub> /d <sub>с</sub> ,<br>мм | m,<br>кг | H <sub>вс</sub> ,<br>м |
|------------------------------|-------------------------|---------|--------|-------------|--|----------|------------------------|
| Скважные                     |                         |         |        |             |  |          |                        |
| ЦТВ 6-25-35                  | 25                      | 35      | 6,3    | 0,67        | 142/155                                | 1560     | -1,5                   |
| ЦТВ 6-25-55                  |                         | 55      | 8      |             |  | 1720     |                        |
| ЦТВ 6-25-75                  |                         | 75      | 12     |             |  | 1830     |                        |
| ЦТВ 6-25-125                 |                         | 125     | 20     |             |  | 1970     |                        |
| ЦТВ 6-25-175                 |                         | 175     | 25     |             |  | 2130     |                        |
| ЦТВ 8-40-25                  | 40                      | 25      | 6,3    | 0,72        | 190/200                                | 1940     | -1,5                   |
| ЦТВ 8-40-45                  |                         | 45      | 12     |             |  | 2130     |                        |
| ЦТВ 8-40-65                  |                         | 65      | 16     |             |  | 2650     |                        |
| ЦТВ 8-40-100                 |                         | 100     | 25     |             |  | 2730     |                        |
| ЦТВ 8-40-160                 |                         | 160     | 32     |             |  | 2820     |                        |
| ЦТВ 10-100-30                | 100                     | 30      | 16     | 0,74        | 240/250                                | 2650     | -1,5                   |
| ЦТВ 10-100-50                |                         | 50      | 25     |             |  | 3020     |                        |
| ЦТВ 10-100-80                |                         | 80      | 50     |             |  | 3490     |                        |
| ЦТВ 10-100-120               |                         | 120     | 55     |             |  | 3720     |                        |
| ЦТВ 12-250-40                | 250                     | 40      | 50     | 0,77        | 284/300                                | 5530     | -1,5                   |
| ЦТВ 12-250-70                |                         | 70      | 80     |             |  | 5820     |                        |
| ЦТВ 12-250-100               |                         | 100     | 125    |             |  | 8630     |                        |
| ЦТВ 14-400-30                | 400                     | 30      | 63     | 0,78        | 336/350                                | 5460     | -1,5                   |
| ЦТВ 14-400-60                |                         | 60      | 125    |             |  | 5830     |                        |
| ЦТВ 14-400-90                |                         | 90      | 200    |             |  | 6020     |                        |
| ЦТВ 16-630-40                | 630                     | 40      | 125    | 0,79        | 380/396                                | 5800     | -1,5                   |
| ЦТВ 16-630-60                |                         | 60      | 200    |             |  | 6086     |                        |
| ЦТВ 16-630-80                |                         | 80      | 225    |             |  | 6210     |                        |
| ЦТВ 20-1000-25               | 1000                    | 25      | 125    | 0,79        | 466/482                                | 9300     | -1,5                   |
| ЦТВ 20-1000-50               |                         | 50      | 225    |             |  | 10150    |                        |
| ЦТВ 20-1000-75               |                         | 75      | 320    |             |  | 11050    |                        |
| Погружные                    |                         |         |        |             |  |          |                        |
| ЗПВР-6 (d <sub>к</sub> =246) | 44,6                    | 17,91   | 10     | 0,52        | 500x500x2030*                          | 415      | -1                     |
|                              | (d <sub>к</sub> =285)   | 54      | 24     | 13          |  | 0,52     | 457                    |
| ВП-340                       | 340                     | 19      | 31     | 0,57        | 600x600x2800*                          | -        | 4                      |

Примечание: \* – длина, ширина и высота насосного агрегата, мм.

$H_{bc}$  – высота всасывания, м.

Таблица А.6 – Размеры фланцев всасывающих и нагнетательных патрубков насосов, мм

| №  | $D_{вн}$ | $D_{нар}$ | $d_{отв}$ | $D_{отв}$ | n   | №   | $D_{вн}$ | $D_{нар}$ | $d_{отв}$ | $D_{отв}$ | n  |
|----|----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----|----------|-----------|-----------|-----------|----|
| 1  | 32       | 120       | 14        | 90        | 4   | 61  | 175      | 380       | 34        | 320       | 12 |
| 2  |          | 135       | 18        | 100       | 4   | 62  |          | 395       | 26        | 340       | 4  |
| 3  | 40       | 130       | 14        | 100       | 4   | 63  |          | 395       | 26п       | 340       | 4  |
| 4  | 50       | 140       | 14        | 100       | 4   | 64  | 200      | 315       | 18        | 280       | 8  |
| 5  |          | 140       | 14        | 110       |     | 65  |          | 320       | 18        | 280       | 8  |
| 6  |          | 140       | 20        | 110       |     | 66  |          | 335       | 23        | 295       | 6  |
| 7  | 70       | 160       | 14        | 130       | 4   | 67  |          | 335       | 26п       | 295       | 8  |
| 8  |          | 180       | 20        | 145       |     | 68  |          | 350       | 33        | 300       | 12 |
| 9  |          | 180       | 22        | 145       |     | 69  |          | 360       | 25        | 310       |    |
| 10 |          | 185       | 18        | 145       |     | 70  |          | 360       | 27        | 310       |    |
| 11 |          | 185       | 18        | 150       |     | 71  |          | 375       | 30        | 320       |    |
| 12 |          | 190       | 18        | 150       |     | 72  |          | 380       | 33        | 340       |    |
| 13 | 180      | 18        | 150       | 73        | 390 | 23  |          | 350       |           |           |    |
| 14 | 80       | 185       | 18        | 130       | 4   | 74  | 395      | 23        | 340       | 6         |    |
| 15 |          | 185       | 17        | 150       | 6   | 75  | 405      | 34        | 345       | 12        |    |
| 16 |          | 185       | 18        | 150       | 4   | 76  | 430      | 41        | 360       | 12        |    |
| 17 |          | 190       | 18        | 150       | 4   | 77  | 350      | 22        | 320       | 12        |    |
| 18 | 195      | 18        | 160       | 8         | 78  | 370 | 18       | 335       | 8         |           |    |
| 19 | 210      | 24        | 170       | 8         | 79  | 370 | 18       | 335       | 12        |           |    |
| 20 | 245      | 18        | 210       | 8         | 80  | 370 | 23       | 350       | 12        |           |    |
| 21 | 100      | 205       | 18        | 170       | 4   | 81  | 250      | 390       | 23        | 350       | 6  |
| 22 |          | 205       | 21п       | 170       |     | 82  |          | 390       | 23        | 350       | 12 |
| 23 |          | 210       | 18        | 170       |     | 83  |          | 395       | 22        | 350       | 12 |
| 24 |          | 215       | 18        | 180       | 8   | 84  |          | 395       | 23        | 350       | 8  |
| 25 |          | 220       | 18        | 180       |     | 85  |          | 405       | 27        | 355       | 12 |
| 26 |          | 230       | 24        | 190       |     | 86  |          | 425       | 27        | 370       |    |
| 27 |          | 235       | 18        | 200       |     | 87  |          | 425       | 32        | 370       |    |
| 28 |          | 236       | 20п       | 175       | 4   | 88  |          | 435       | 30        | 370       |    |
| 29 |          | 236       | 20        | 200       | 4   | 89  |          | -         | 32        | 385       |    |
| 30 |          | 245       | 18        | 210       | 8   | 90  |          | 445       | 33        | 385       |    |
| 31 | 265      | 18        | 170       | 91        |     | -   | 34       | 385       |           |           |    |
| 32 | 280      | 23        | 240       | 92        |     | 500 | 41       | 430       |           |           |    |
| 33 | 112      | 240       | 20        | 200       | 8   | 93  | 285      | 485       | 32        | 390       | 16 |

Продолжение таблицы А.6

| №  | D <sub>вн</sub> | D <sub>нар</sub> | d <sub>отв</sub> | D <sub>отв</sub> | n   | №   | D <sub>вн</sub> | D <sub>нар</sub> | d <sub>отв</sub> | D <sub>отв</sub> | n  |    |
|----|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----|-----|-----------------|------------------|------------------|------------------|----|----|
| 34 | 125             | 235              | 21п              | 200              | 8   | 94  | 300             | 435              | 23               | 395              | 12 |    |
| 35 |                 | 235              | 18               | 200              |     | 95  |                 | 440              | 22               | 400              |    |    |
| 36 |                 | 240              | 16               | 200              |     | 96  |                 | 440              | 23               | 400              |    |    |
| 37 |                 | 240              | 18               | 200              |     | 97  |                 | 460              | 27               | 410              |    |    |
| 38 |                 | 245              | 21п              | 210              |     | 98  |                 | 480              | 27               | 410              |    |    |
| 39 |                 | 246              | 17               | 210              |     | 99  |                 | 525              | 32               | 370              |    |    |
| 40 |                 | 260              | 18               | 225              |     | 100 |                 | 585              | 42               | 500              |    |    |
| 41 |                 | 270              | 18               | 220              |     | 101 |                 | 585              | 45               | 500              |    |    |
| 42 |                 | 270              | 19               | 220              | 6   | 102 |                 | 585              | 48               | 500              |    | 16 |
| 43 |                 | 140              | 280              | 23               | 240 | 8   |                 | 103              | 350              | 500              |    | 22 |
| 44 | 310             |                  | 34               | 250              | 104 |     | 520             | 24               |                  | 470              |    |    |
| 45 | 350             |                  | 34               | 290              | 105 |     | 550             | 33               |                  | 490              |    |    |
| 46 | 355             |                  | 41               | 285              | 106 |     | 570             | 34               |                  | 510              |    |    |
| 47 | 140             | 395              | 33               | 340              | 6   | 107 |                 | 620              | 32               | 560              | 12 |    |
| 48 | 150             | 260              | 18               | 225              | 8   | 108 | 400             | 580              | 30               | 525              | 16 |    |
| 49 |                 | 265              | 18               | 221              |     | 109 | 438             | 520              | 24               | 470              | 16 |    |
| 50 |                 | 265              | 18               | 225              |     | 110 | 450             | 650              | 28               | 580              | 20 |    |
| 51 |                 | 265              | 26п              | 240              | 4   | 111 |                 | 790              | 32               | 730              | 20 |    |
| 52 |                 | 280              | 21п              | 240              | 8   | 112 | 500             | 715              | 34               | 650              | 20 |    |
| 53 |                 | 280              | 23               | 240              | 8   | 113 |                 | 725              | 32               | 650              |    |    |
| 54 |                 | 280              | 26               | 240              | 4   | 114 |                 | 780              | 32               | 720              |    |    |
| 55 |                 | 280              | 26п              | 240              | 8   | 115 | 600             | 845              | 30               | 770              | 20 |    |
| 56 |                 | 320              | 18               | 225              |     | 116 | 125             |                  | 25               | 220              | 8  |    |
| 57 |                 | 350              | 34               | 290              |     |     |                 |                  |                  |                  |    |    |
| 58 | 385             | 23               | 325              |                  |     |     |                 |                  |                  |                  |    |    |
| 59 | 40              | 130              | 14               | 105              | 4   |     |                 |                  |                  |                  |    |    |
| 60 | 80              | 180              | 18               | 145              | 4   |     |                 |                  |                  |                  |    |    |

Примечание:

26п – индекс «п» означает, что вместо отверстий выполнены радиальные пазы шириной, равной указанному диаметру, n – число отверстий или пазов для установки крепежных болтов.

d<sub>отв</sub> – диаметр отверстий под крепежные болты, мм.

D<sub>вн</sub> и D<sub>нар</sub> – внутренний (условный) и наружный диаметр фланца, мм.

D<sub>отв</sub> – диаметр, по которому расположены отверстия под крепежные болты, мм.

Таблица А.7 – Номера фланцев всасывающего и нагнетательного патрубков по таблице А.6

| Модель насоса                            | $\frac{\text{№ всас}}{\text{№наг}}$ | Модель насоса   | $\frac{\text{№ всас}}{\text{№наг}}$ | Модель насоса     | $\frac{\text{№ всас}}{\text{№наг}}$ |
|--|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Секционные</b>                        |                                     |                 |                                     |                   |                                     |
| ЦНС38-44...220                           | 18/18                               | ЦНС60-40...200  | 44/44                               | ЦНС60-198...330   | 25/19                               |
| ЦНС 105-98...490                         | 44/44                               | ЦНС 150-240     | 53/41                               | ЦНС 150-390       | 53/46                               |
|  |                                     | ЦНС180-85..425  | 57/57                               | ЦНС180-476..680   | 57/44                               |
| ЦНС180-500..900                          | 57/57                               | ЦНС300-120..600 | 75/75                               | ЦНС300-700..1000  | 76/61                               |
| ЦНС300-780. 1300                         | 76/61                               | ЦНС500-160..800 | 92/76                               | ЦНС850-240..960   | 102/92                              |
| <b>Центробежные двухстороннего входа</b> |                                     |                 |                                     |                   |                                     |
| 4НДв-60                                  | 48/24                               | 5НДв-60         | 48/35                               | 8НДв-60           | 79/66                               |
| Д200-36                                  | 48/35                               | Д200-95         | 48/24                               | Д320-50 (6НДв-60) | 64/48                               |
| Д320-70 (6НДс-60)                        | 64/53                               | Д500-65 (ЮД-6)  | 79/53                               | Д630-40           | 80/53                               |
| Д630-90                                  | 80/53                               | Ц800-28 (12НДс- | 103/96                              | Д800-57(12Д-9)    | 94/79                               |
| Д2500-45 (20НДс)                         | 115/112                             | Д2500-62(18НДс) | 113/110                             | Д3200-75          | 115/112                             |
| <b>Шламовые и багерные</b>               |                                     |                 |                                     |                   |                                     |
| Гр50/16                                  | 14/35                               | ГрТ 100-40      | 30/20 Е                             | 5ШН-150 ШН-150    | 36/35                               |
| 5МШ-1                                    | 50/28                               | ГрТ160/31,5     | 39/53                               | ГрУ 160/16        | 34/22                               |
| ГрТ160/71а                               | 43/32                               | ШН2-200-1       | 36/40                               | 6Ш-8;             | 66/42                               |
| 6Ш8-2                                    | 66/27                               | 8С-8; 8МШ-8     | 66/51                               | ГрУ400/20         | 67/55                               |
| ГрТ400/40                                | 73/58                               | 8Ш-8; 8НШ-8     | 81/74                               | 10С-8             | 84/63                               |
| ГрТ800/71                                | 90/71                               | ГрТ 1250/71-Б   | 97/90                               | ГрУ800/40         | 82/70                               |
| ЗГМ-1М                                   | 109/104                             | ГрУ 1600/25     | 96/85                               | ГрТ1600/50        | 93/99                               |
| ГрК 1600/50                              | 93/99                               | ЗГМ-2           | 103/95                              | ГрУ2000/63        | 108/105                             |
| ГрТ4000/71                               | 114/111                             | ГрТ4000/71а     | 114/111                             |                   |                                     |

Приложение Б

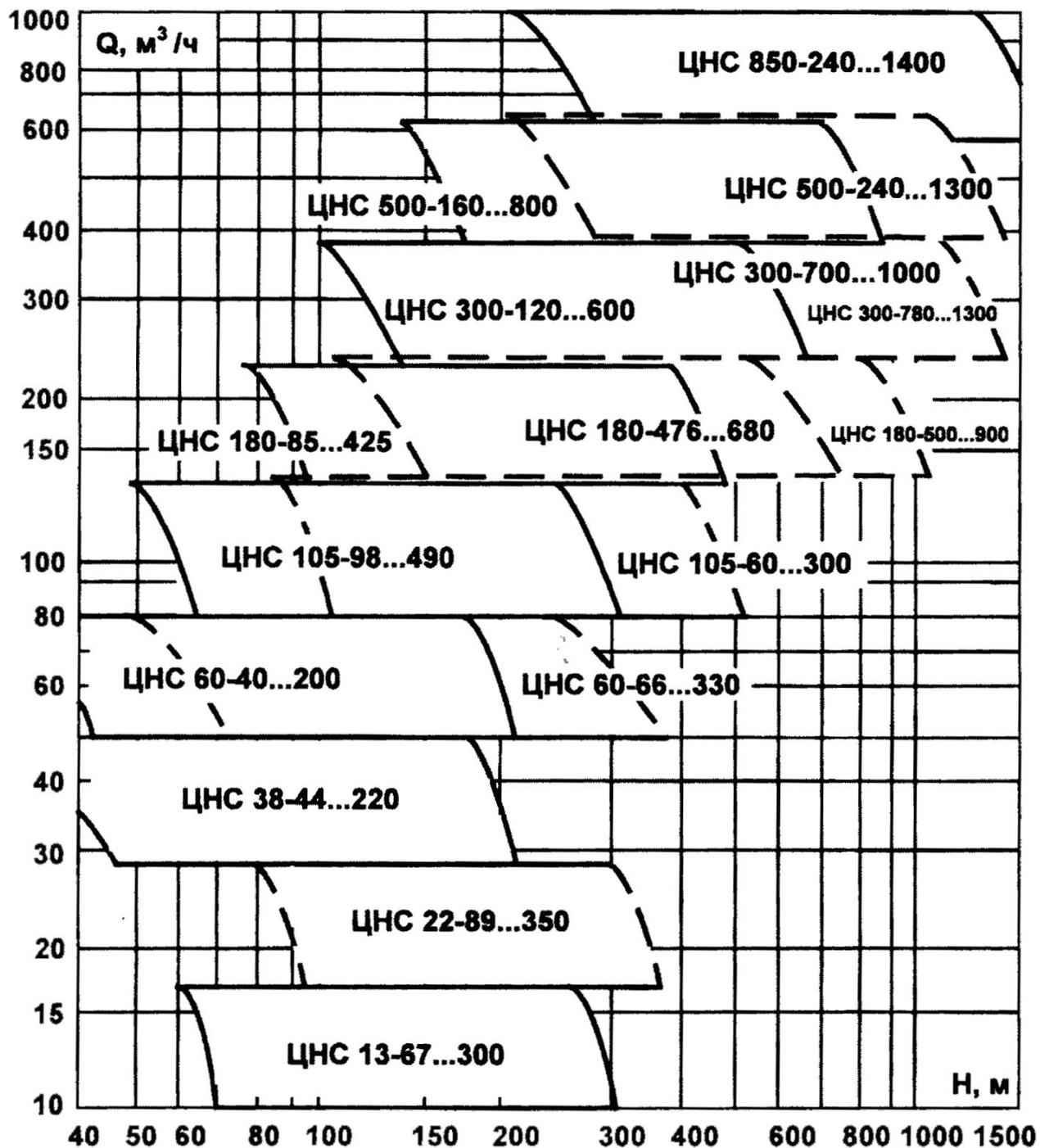
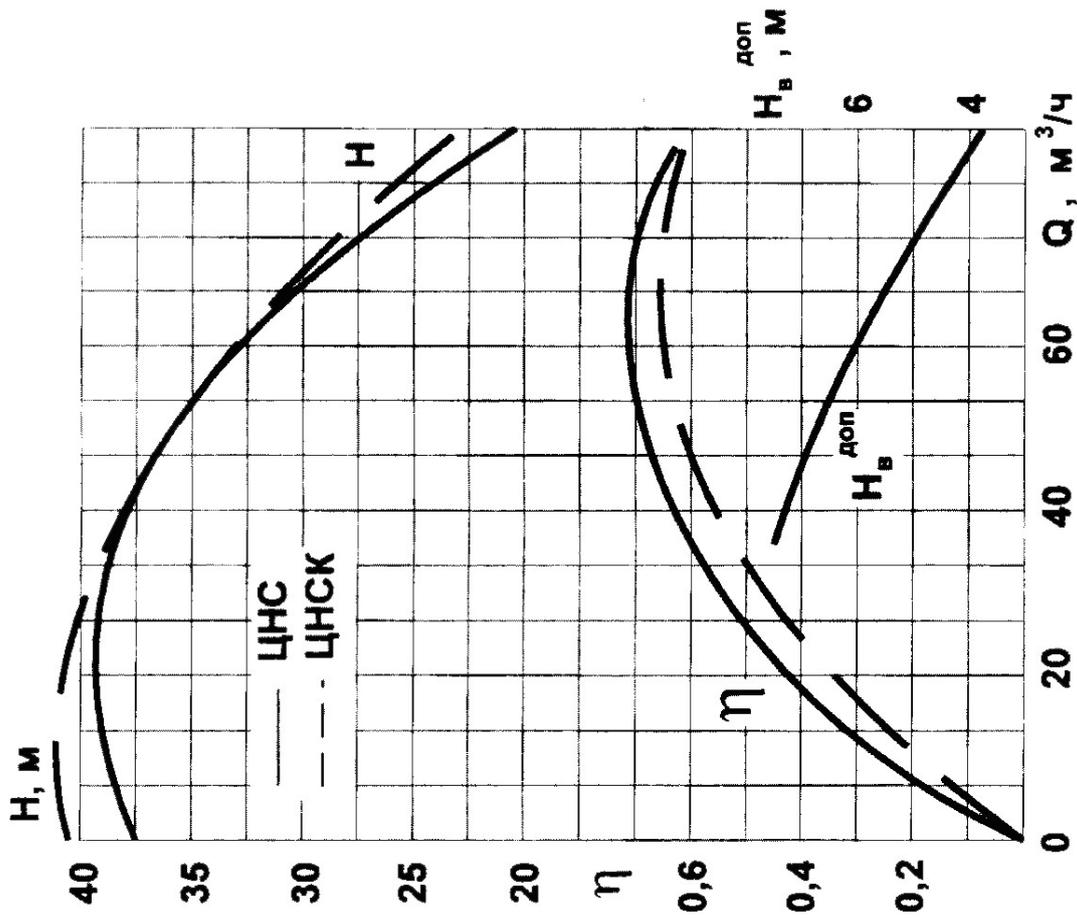
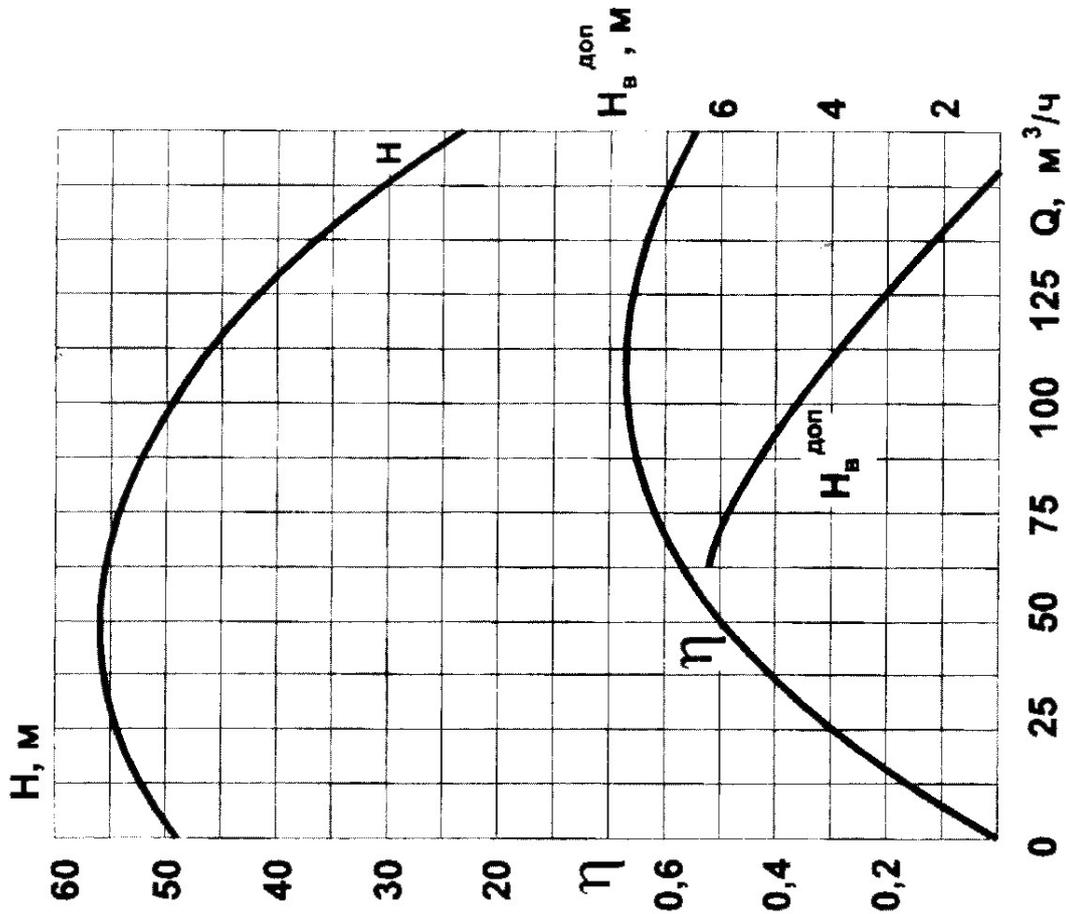


Рисунок Б.1 – Области промышленного использования насосов серии ЦНС

Продолжение приложения Б

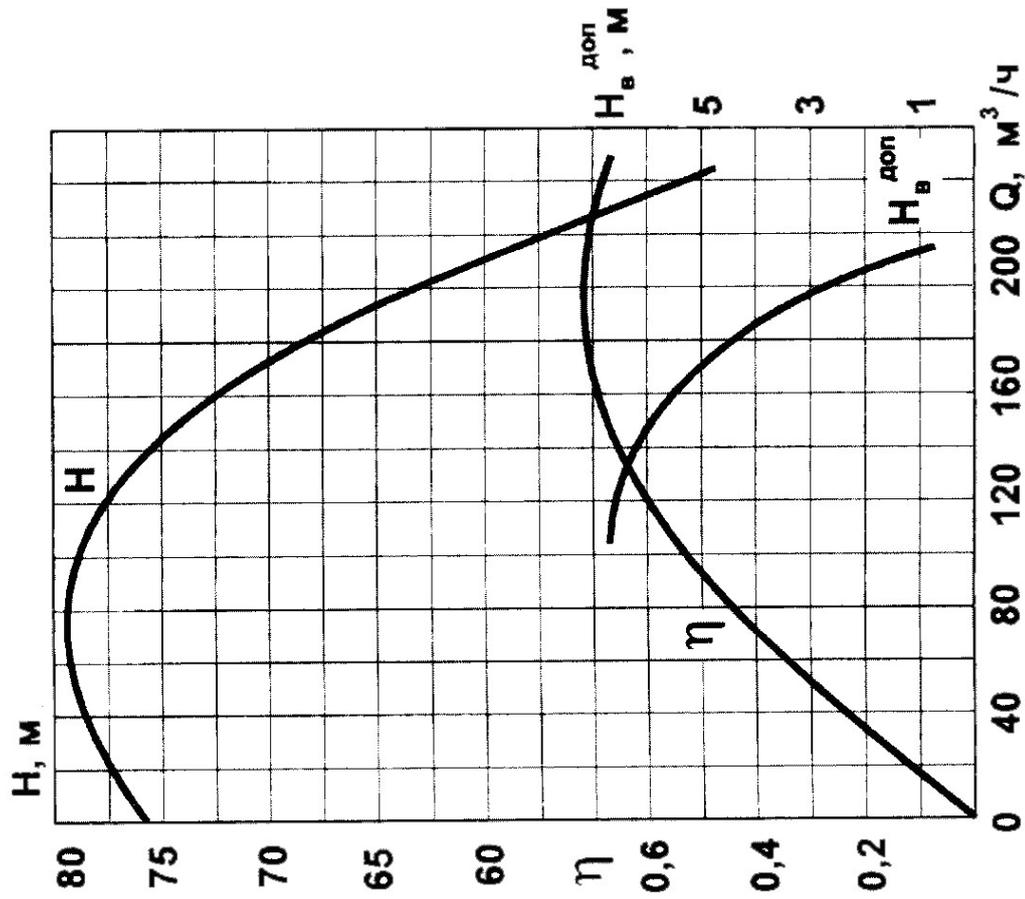
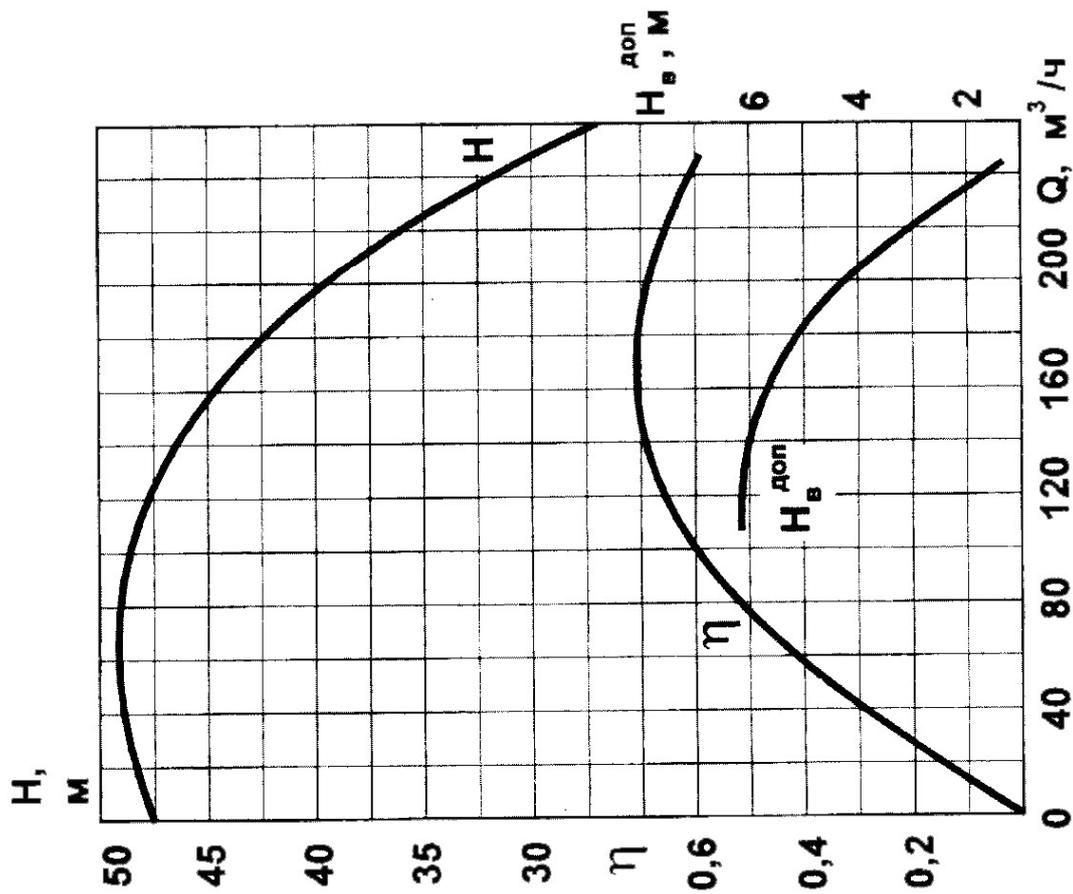


ЦНС (ЦНСК) 60 - 66 ... 330,  
 $z = 2 - 10, \quad n = 2950 \text{ об/мин}$

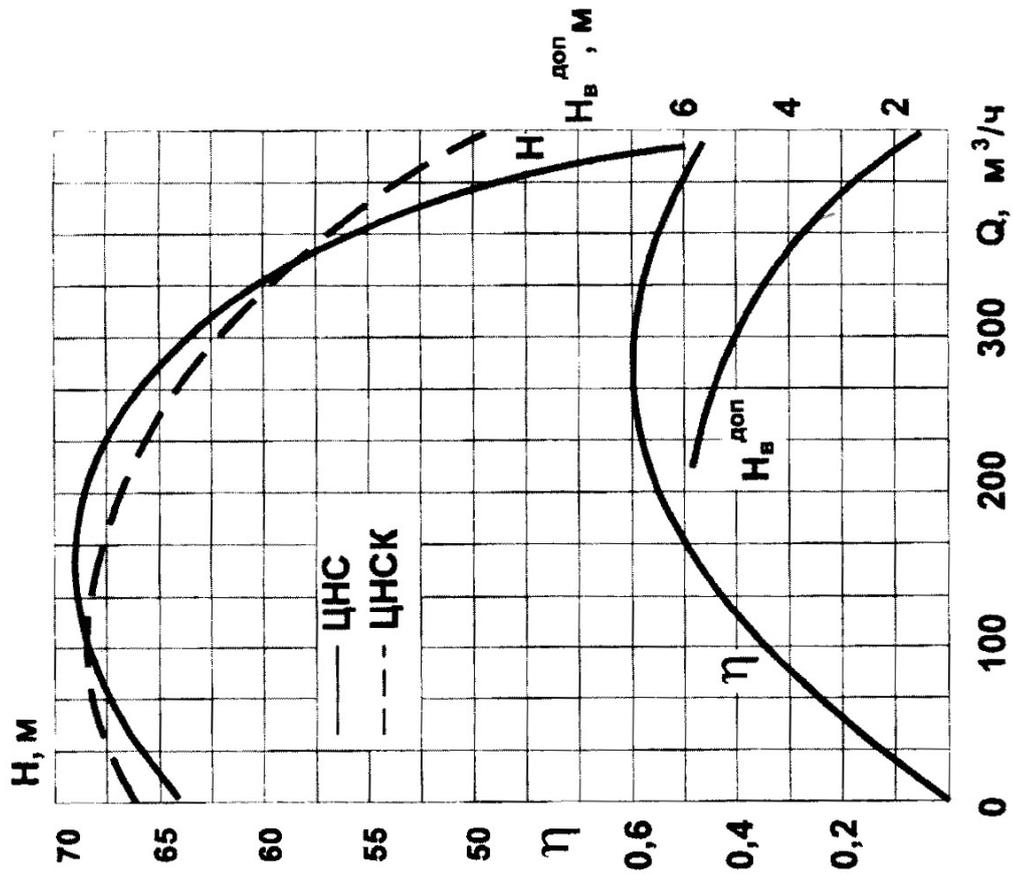
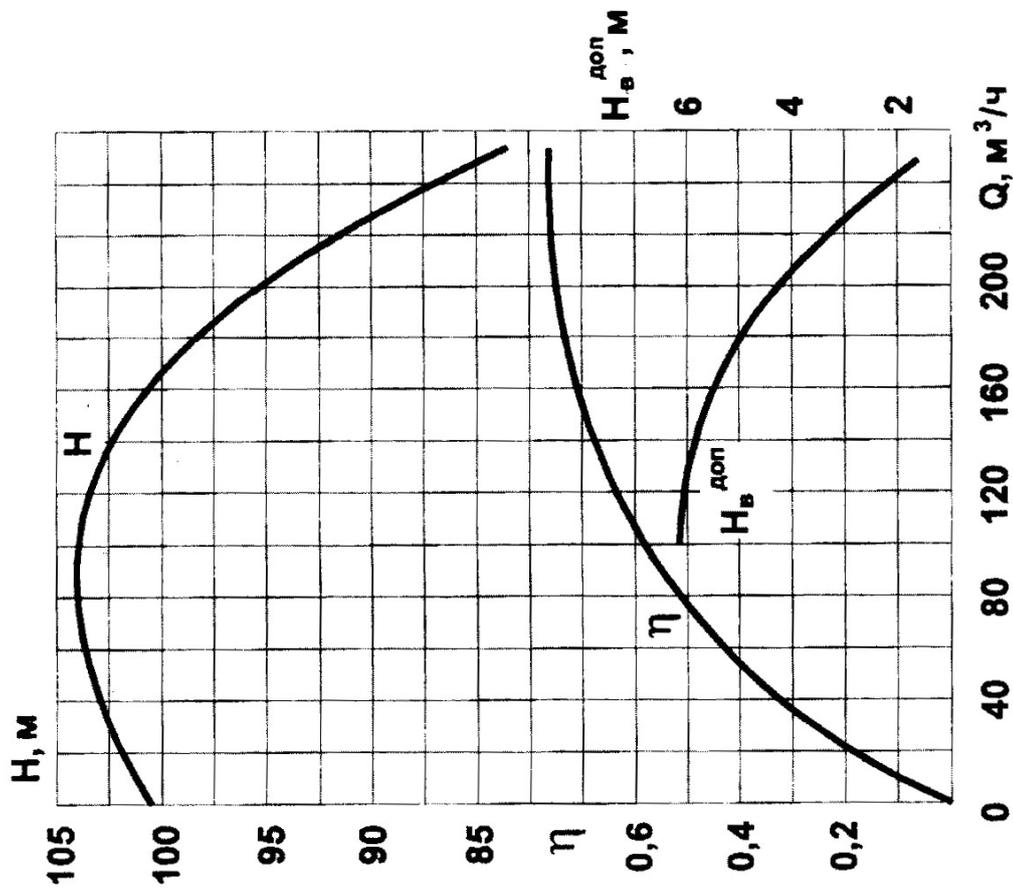


ЦНС 105 - 98 ... 490,  
 $z = 2 - 10, \quad n = 2950 \text{ об/мин}$

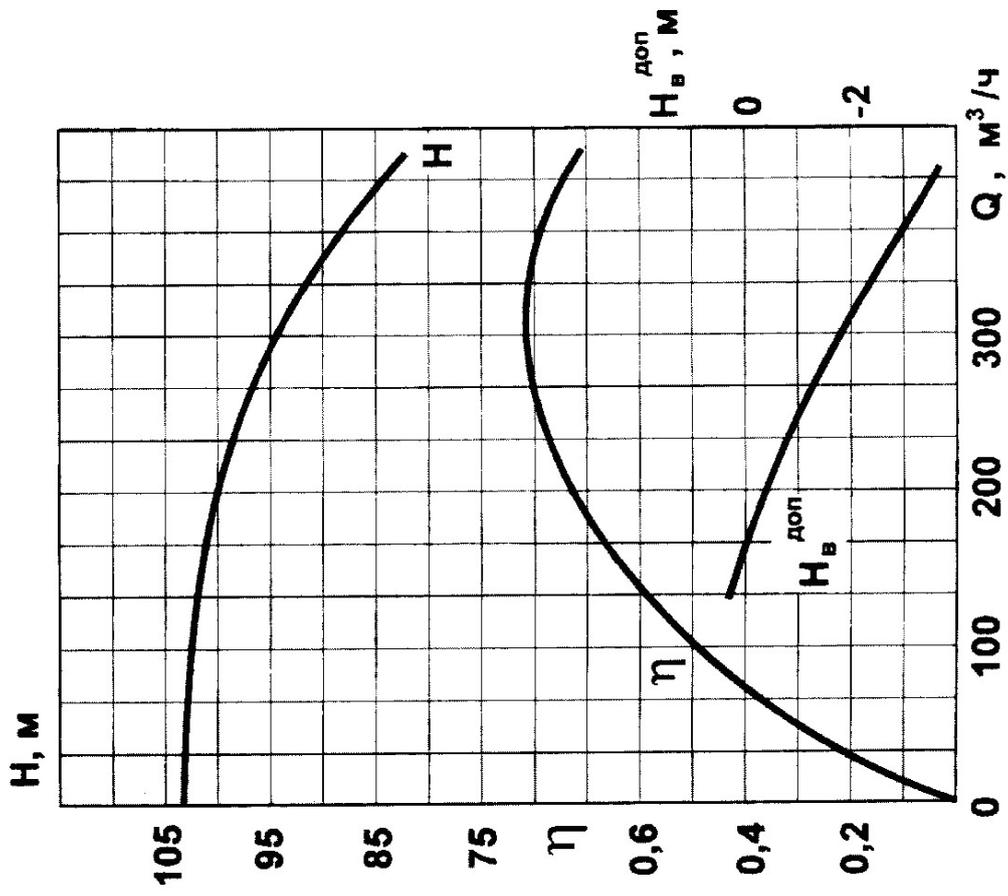
Продолжение приложения Б



Продолжение приложения Б

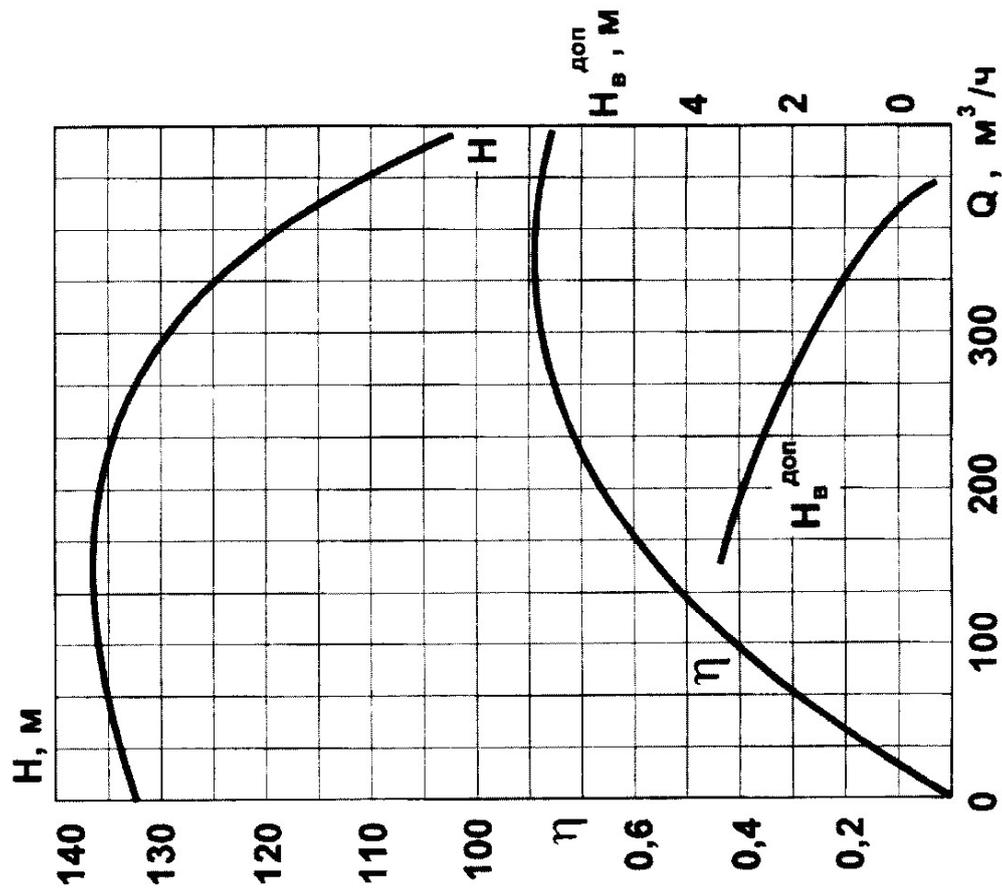


Продолжение приложения Б



ЦНС 300 - 700 ... 1000,

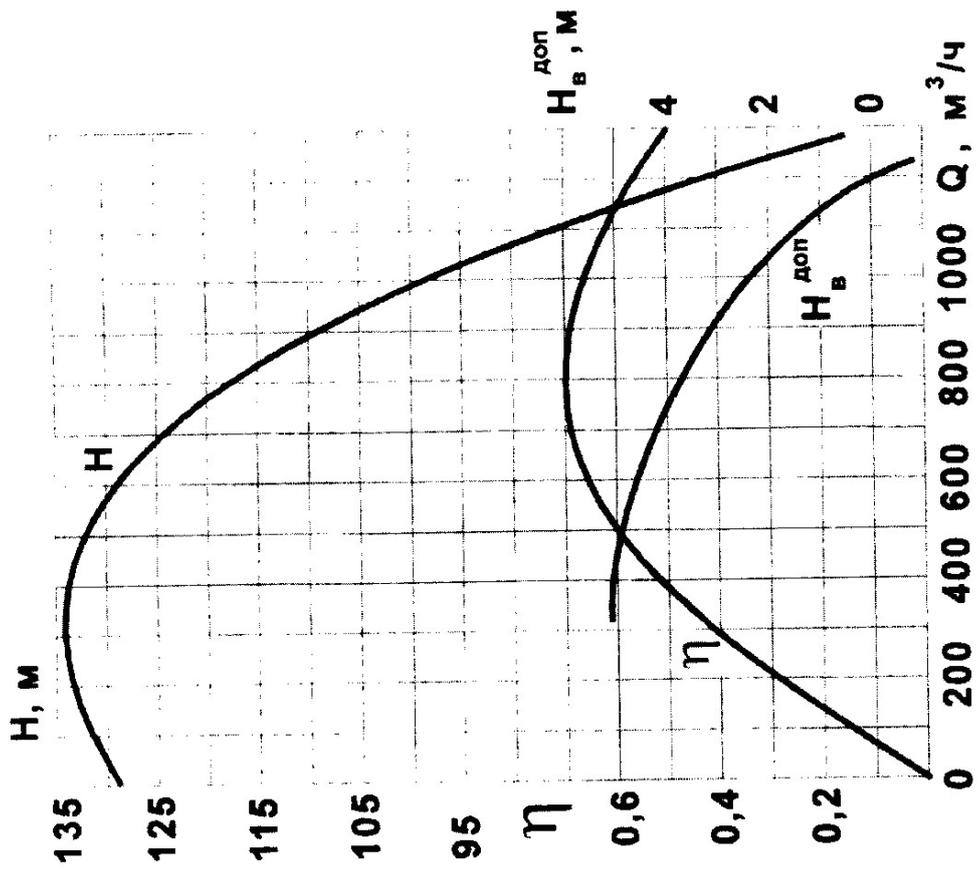
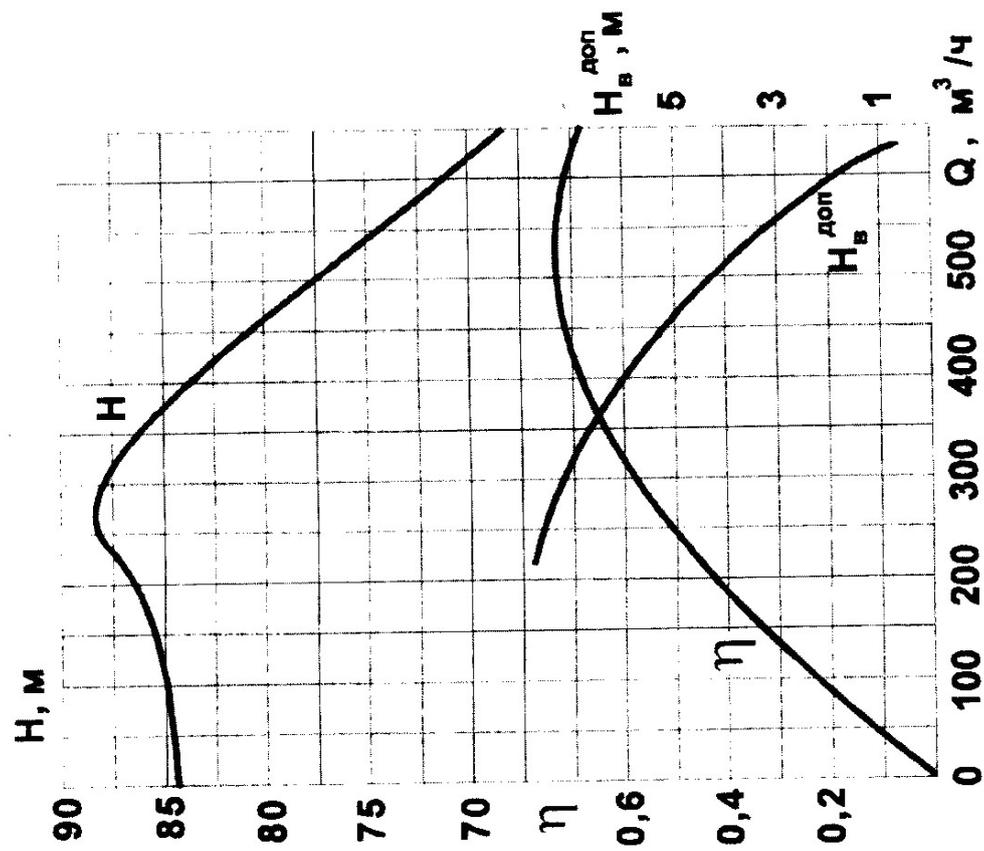
$z = 7 - 10$ ,  $n = 2950$  об/мин



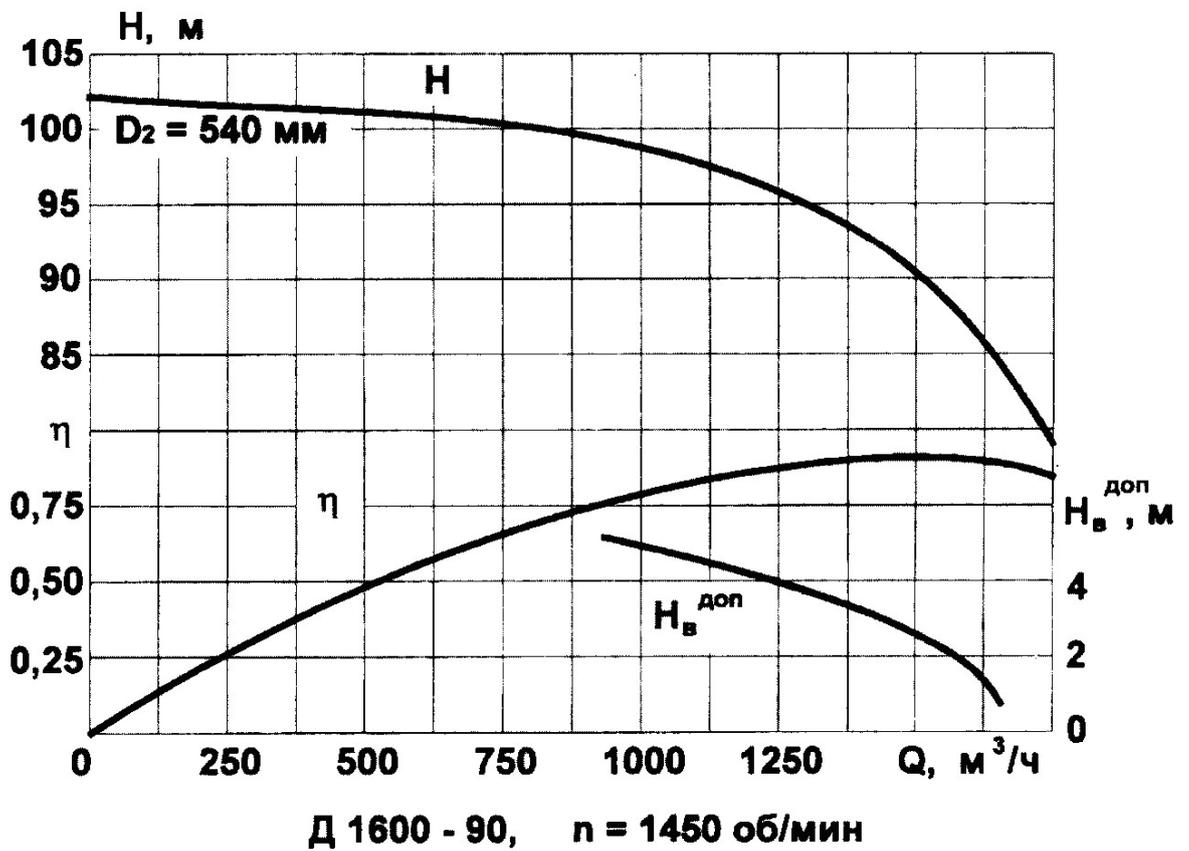
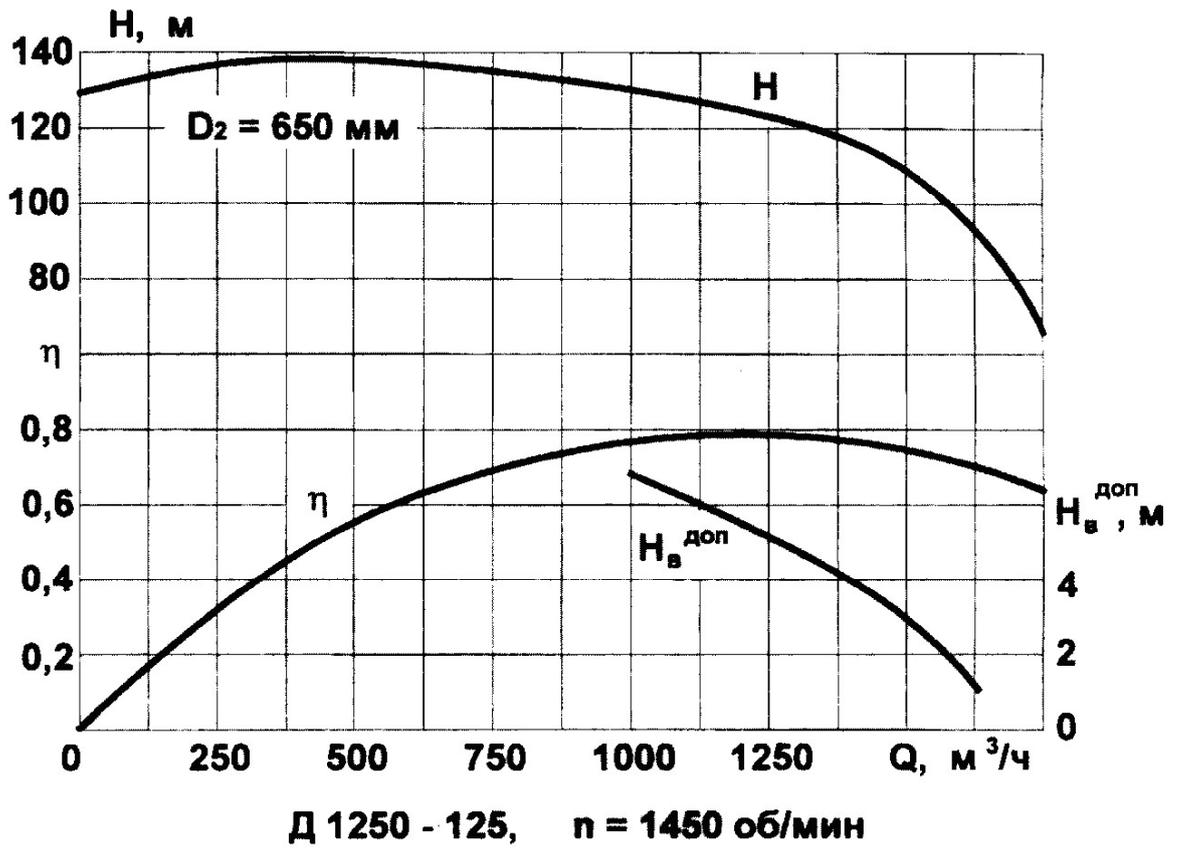
ЦНС 300 - 780 ... 1300,

$z = 6 - 10$ ,  $n = 2950$  об/мин

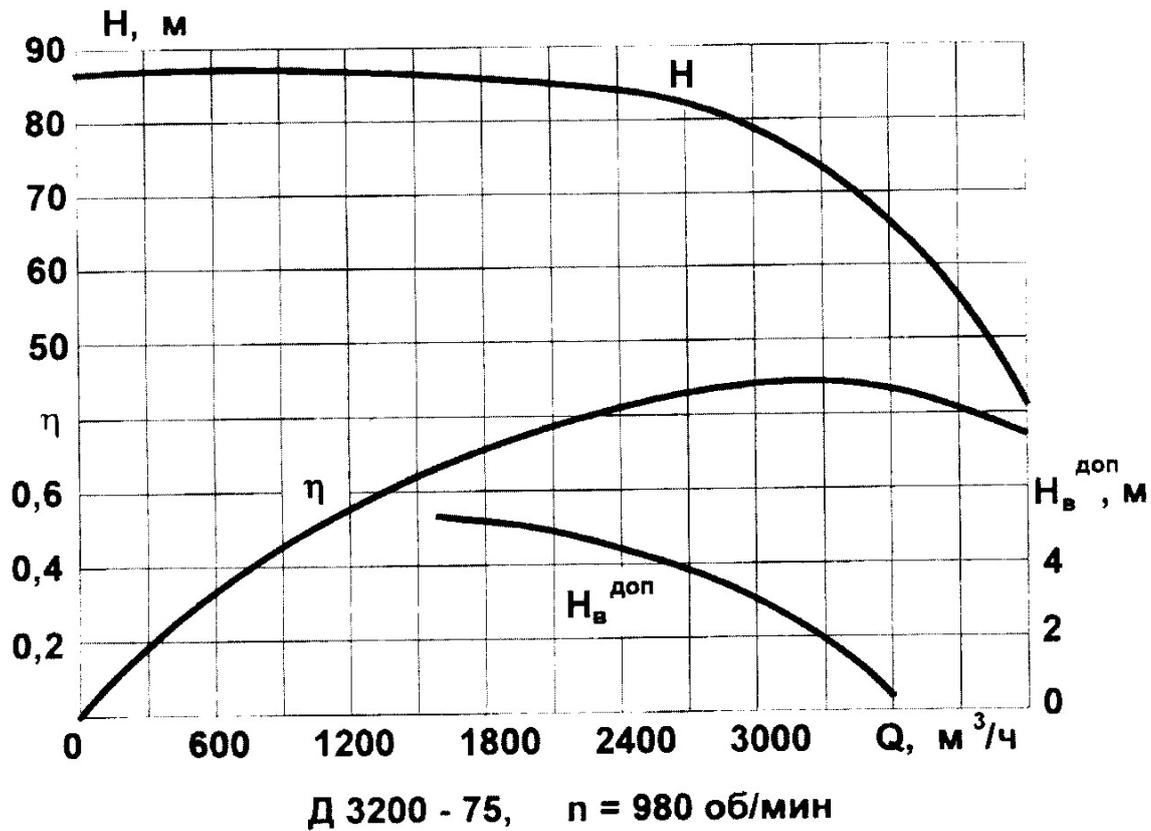
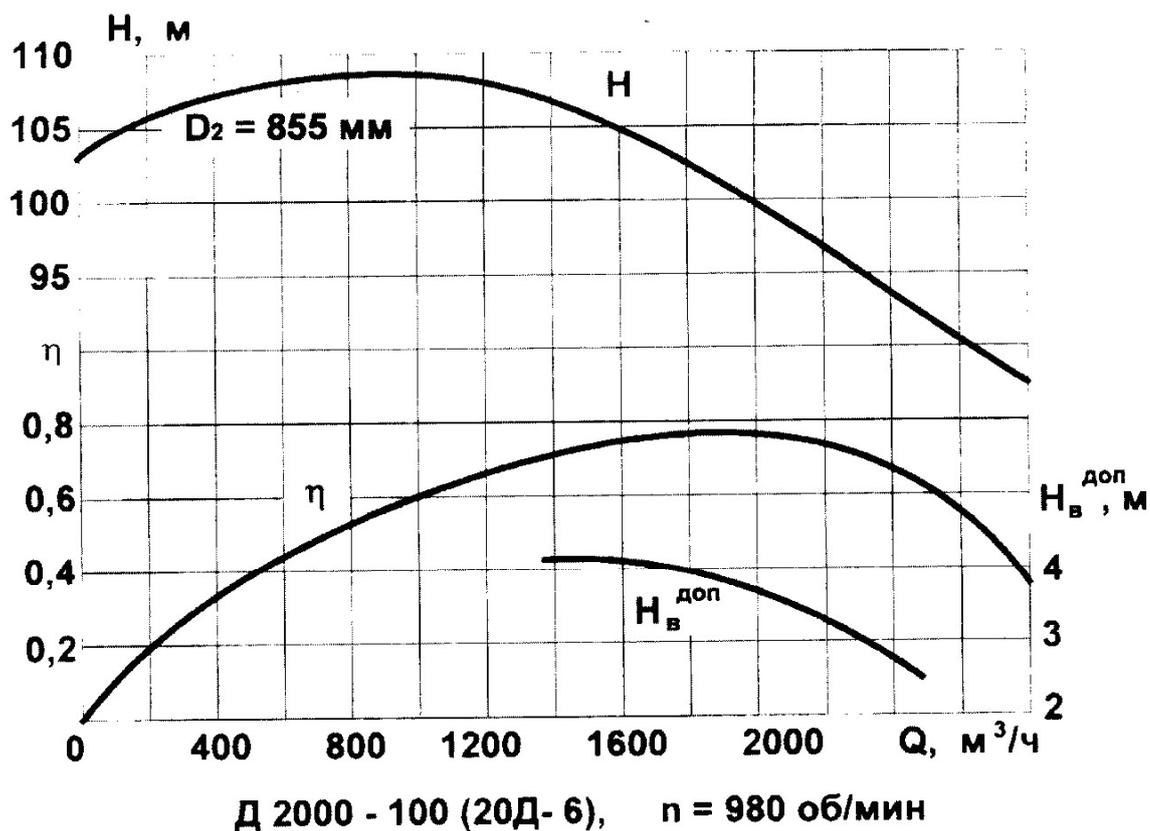
Продолжение приложения Б



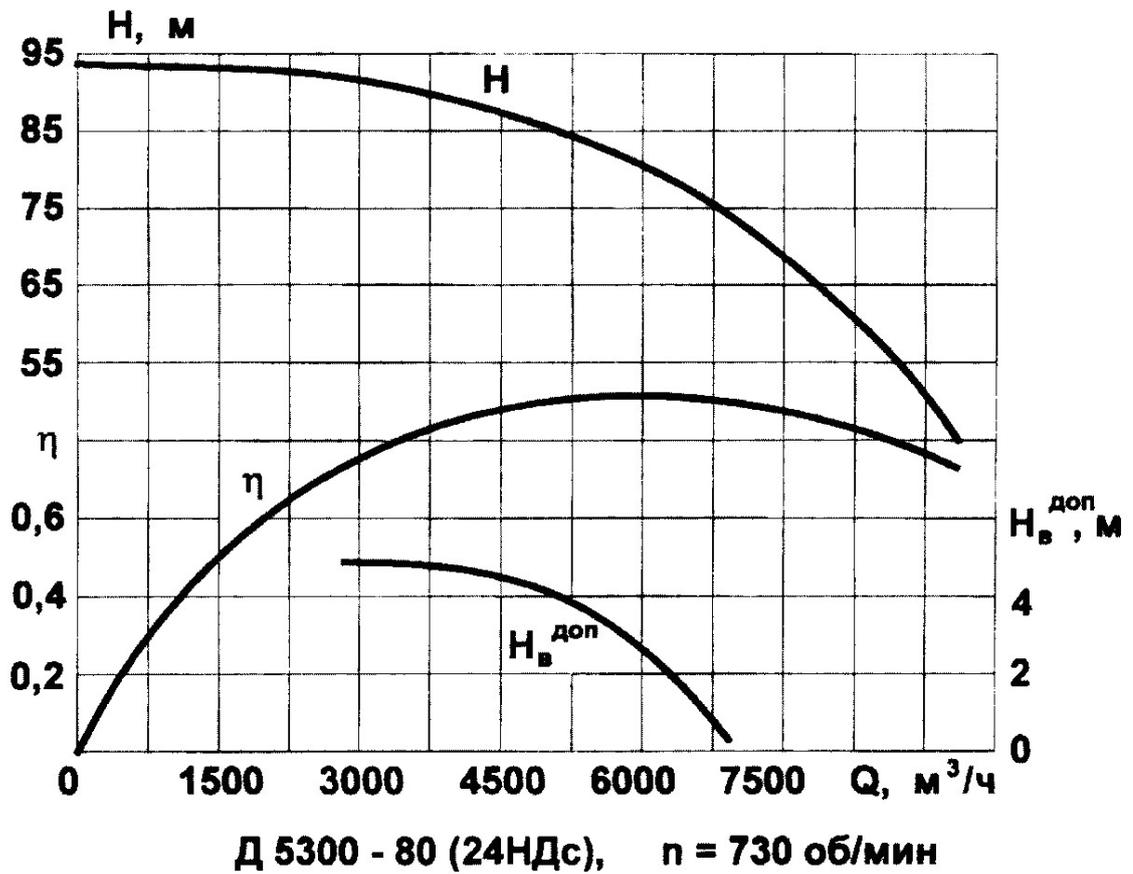
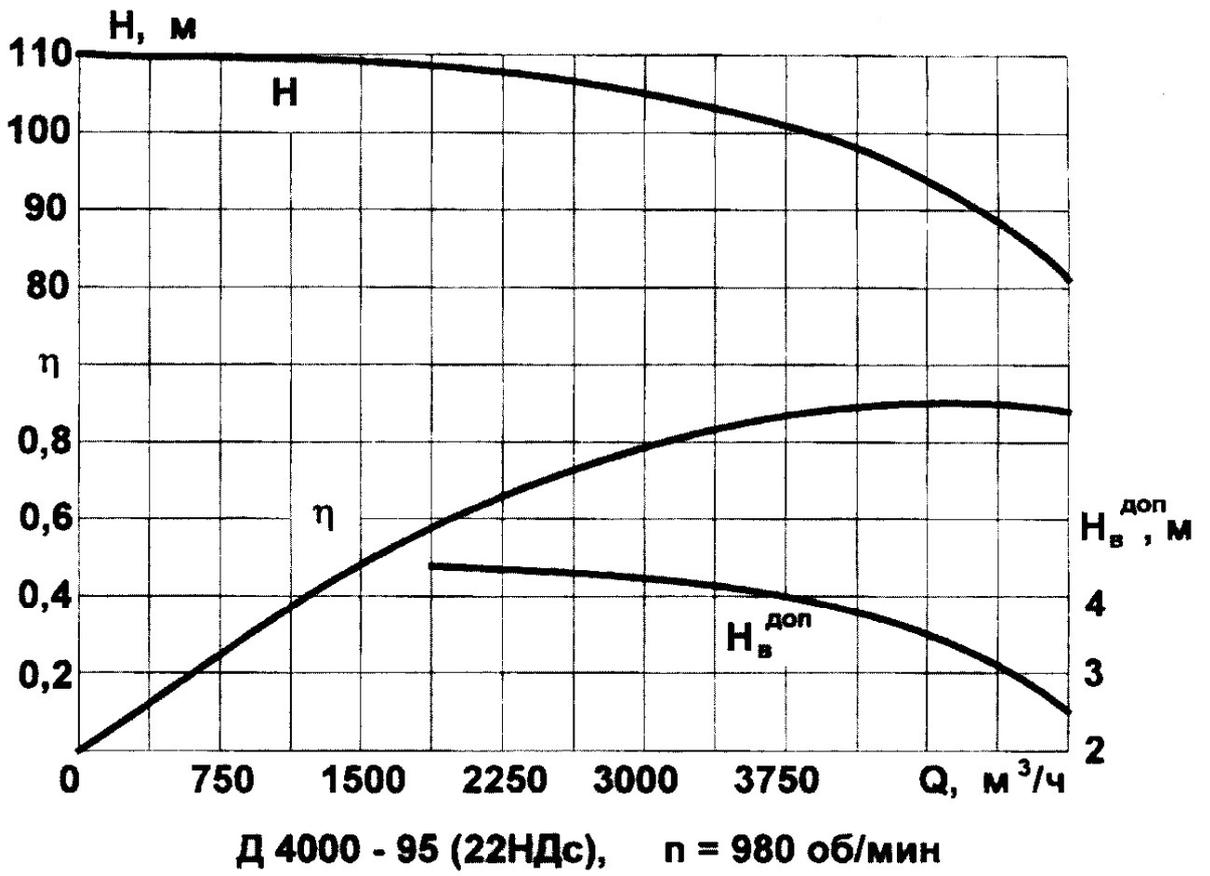
Продолжение приложения Б



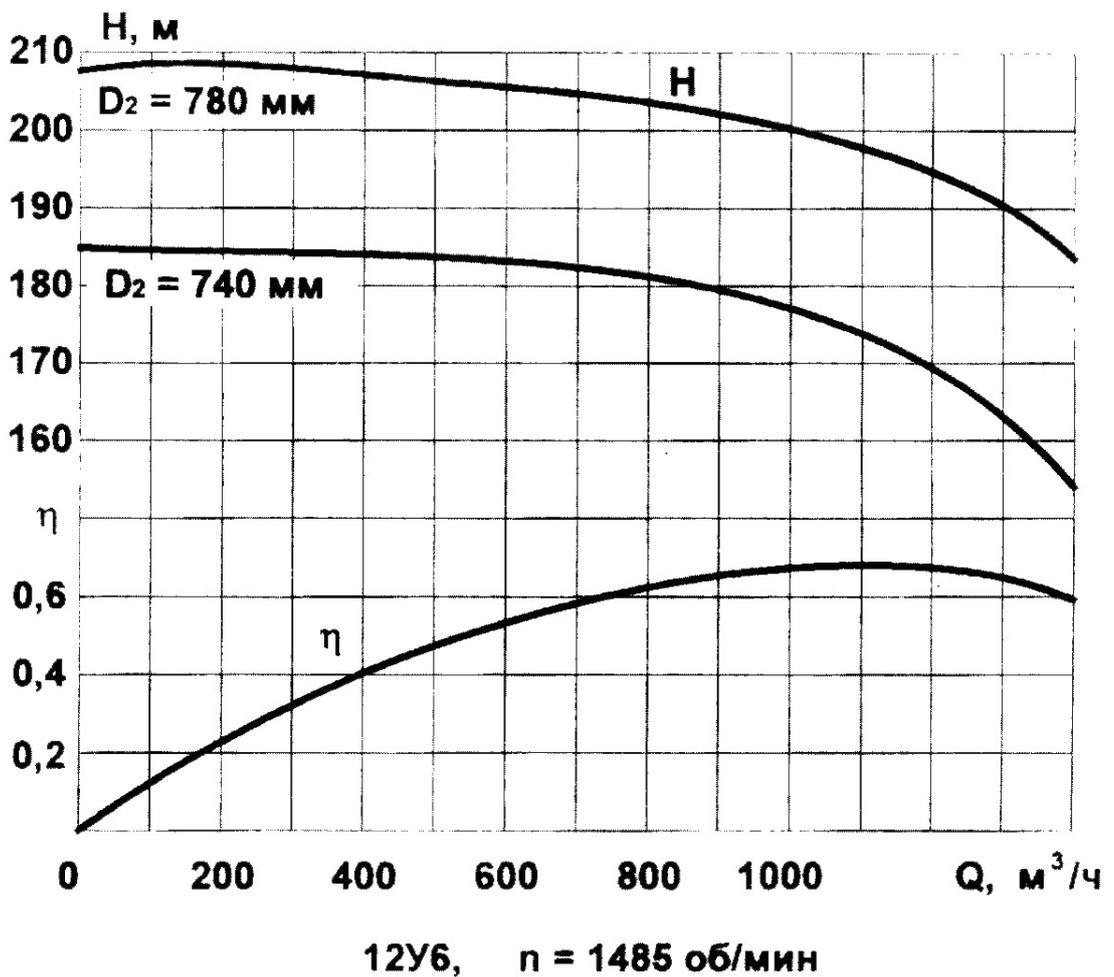
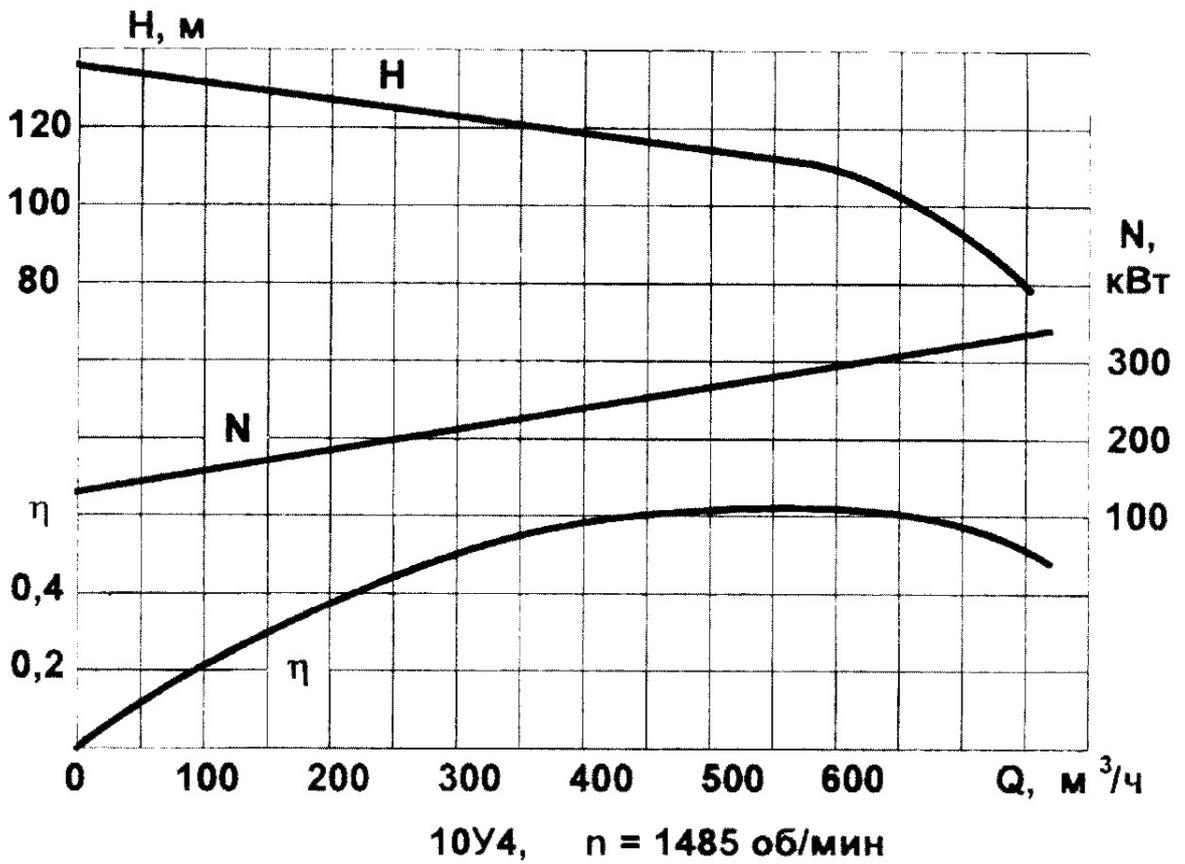
Продолжение приложения Б



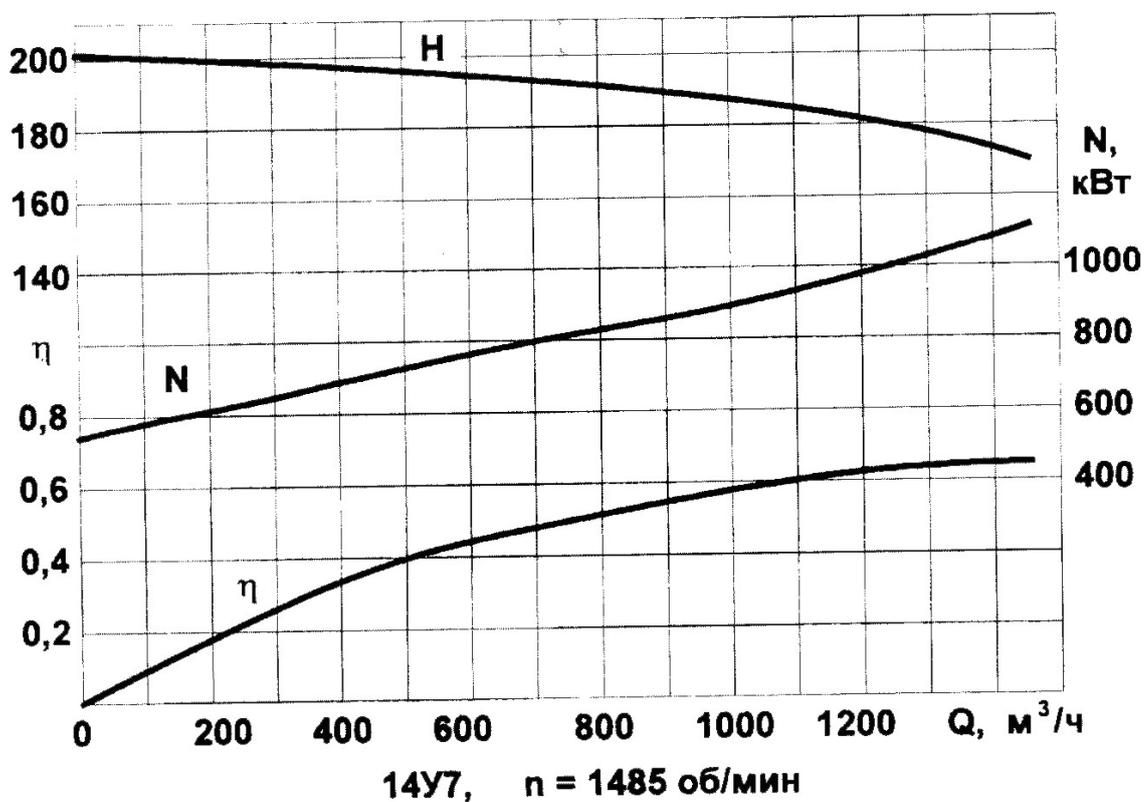
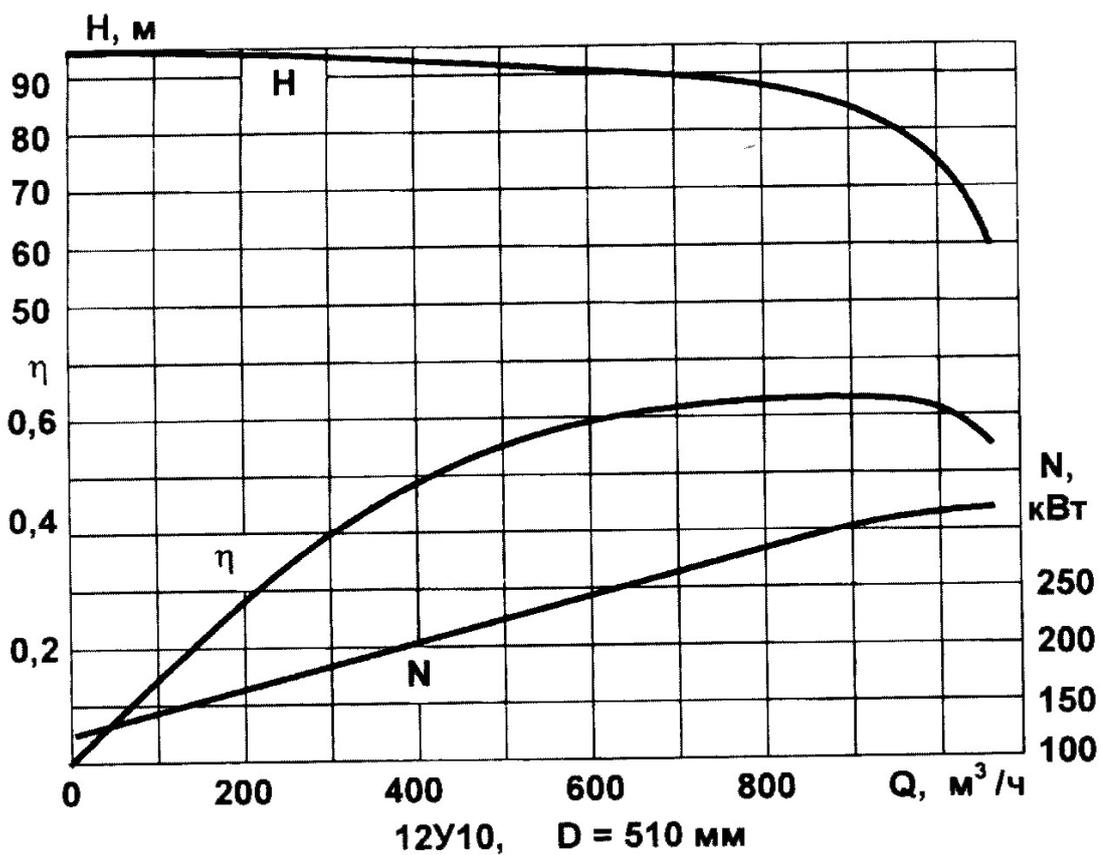
Продолжение приложения Б



Продолжение приложения Б



Продолжение приложения Б



## Приложение В

### Справочная информация для проектирования трубопровода

Таблица В.1 – Временное сопротивление разрыву трубной стали

|                     |     |     |     |     |     |      |      |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Марка стали         | Ст2 | Ст3 | Ст4 | Ст5 | Ст6 | Ст10 | Ст20 |
| $\sigma_{вр}$ , МПа | 300 | 350 | 420 | 500 | 600 | 400  | 500  |

Таблица В.2 – Скорость коррозионного износа поверхностей труб из сталей низкого качества (мм/год)

|  |            |      |
|--|------------|------|
| Трубопровод с защитным покрытием, уложен на дневной поверхности                                      | $\alpha_H$ | 0,05 |
| Трубопровод в стволе со свежим воздухом или в любом стволе, если на шахте не ведутся взрывные работы |            | 0,15 |
| Трубопровод в стволе, по которому выдается отработанный воздух при ведении взрывных работ            |            | 0,25 |
| Водопроводная вода   | $\alpha_B$ | 0,05 |
| Щелочная вода (рН>7)   |            | 0,10 |
| Кислотная вода при рН=6–7  |            | 0,20 |
| Кислотная вода при рН=5–6  |            | 0,40 |

Таблица В.3 – Количество насосных агрегатов в камере главной водоотливной установки шахты

| Количество насосных агрегатов в насосной камере |                  |           |       |
|---|------------------|-----------|-------|
| рабочая группа                                  | резервная группа | в ремонте | всего |
| 1   | 1                | 1         | 3     |
| 2   | 2                | 1         | 5     |
| 3   | 3                | 1         | 7     |
| 4   | 4                | 1         | 9     |
| 5   | 5                | 1         | 11    |
| 6   | 6                | 1         | 13    |

Таблица В.4 – Значения коэффициентов местных сопротивлений трубопроводной арматуры ( $\xi$ )

| Вид местного сопротивления                   | $D_v$ , мм             | $\xi$ , ед. |
|--|------------------------|-------------|
| 1. Задвижки клиновые                         | 80–400                 | 0,25–0,3    |
| 2. Клапан обратный поворотный                | 80–400                 | 10          |
| 3. Приемная сетка с клапаном                 | 100                    | 7           |
|  | 150                    | 6           |
|  | 200                    | 5,2         |
|  | 250                    | 4,5         |
|  | 300                    | 3,7         |
| 4. Приемная сетка без клапана                | –                      | 1,0         |
| 5. Колено с углом 90°:<br>сварное,<br>гнутое | 80–300                 | 0,6         |
|  |                        | 0,4         |
| 6. Тройник                                   | 80–300                 | 1,5         |
| 7. Диффузор                                  | $d_1/d_2=0,5\dots 0,8$ | 0,2–0,3     |
| 8. Конфузор                                  | $d_1/d_2>1,2\dots 1,7$ | 0,1...0,25  |
| 9. Конфузор с углом раскрытия 30°            | -                      | 0,1         |
| 10. Диффузор с углом раскрытия 30°           | -                      | 0,25        |

Примечание.  $d_1$  и  $d_2$  – внутренний диаметр перехода (диффузор или конфузор), соответственно, на входе и выходе (по ходу движения жидкости).

При угле раскрытия перехода 30° значения коэффициентов местных сопротивлений минимальные.

