

**Кафедра водоснабжения**

**НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ  
2-го ПОДЪЕМА  
СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

**Методические указания  
для студентов специальности 1208  
“Водоснабжение и водоотведение”**

### Составитель

доц., канд. техн. наук **Л.Г. Дерюшев**

### Рецензент

доц., канд. техн. наук **В.И. Баженов**  
(Моск. ин-т коммунального хозяйства и строительства)

## Введение

Выполнение курсовых проектов по дисциплине “Насосные и воздухоподводящие станции” связано с решением комплекса задач по обоснованию выбора технологического, энергетического, грузо-подъемного оборудования, размеров сооружений и помещений насосных и воздухоподводящих станций.

Настоящие методические указания дают возможность правильно подойти к решению перечисленных выше задач на стадии учебного проектирования насосных станций 2-го подъема систем водоснабжения.

При выполнении графической части проекта целесообразно пользоваться типовыми проектами, утвержденными государственными ведомствами.

Размеры сооружений и помещений следует назначать в соответствии с действующими правилами по унификации производственных зданий и сооружений.

Насосная станция, как и любое другое сооружение системы водоснабжения, проектируется на две очереди строительства (развития) – I, II.

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО ОБЪЕКТУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Объектом проектирования является *насосная станция 2-го подъема* системы водоснабжения, которая забирает воду из резервуара чистой воды и подает ее по водоводам в городскую распределительную сеть. Схема подачи воды представлена на рис. 1.

Городская распределительная сеть системы водоснабжения имеет регулируемую емкость – водонапорную башню, расположенную в начале распределительной сети. Система водоснабжения предусматривается для обеспечения потребителей города водой *на хозяйственно-питьевые и противопожарные нужды*. Число жителей в городе 300 тыс. чел. Застройка – 3-5-этажные здания. Предполагается возможность трех пожаров в городе одновременно. Расход воды на тушение каждого пожара  $q_{\text{пож}} = 55 \text{ л/с}$ .

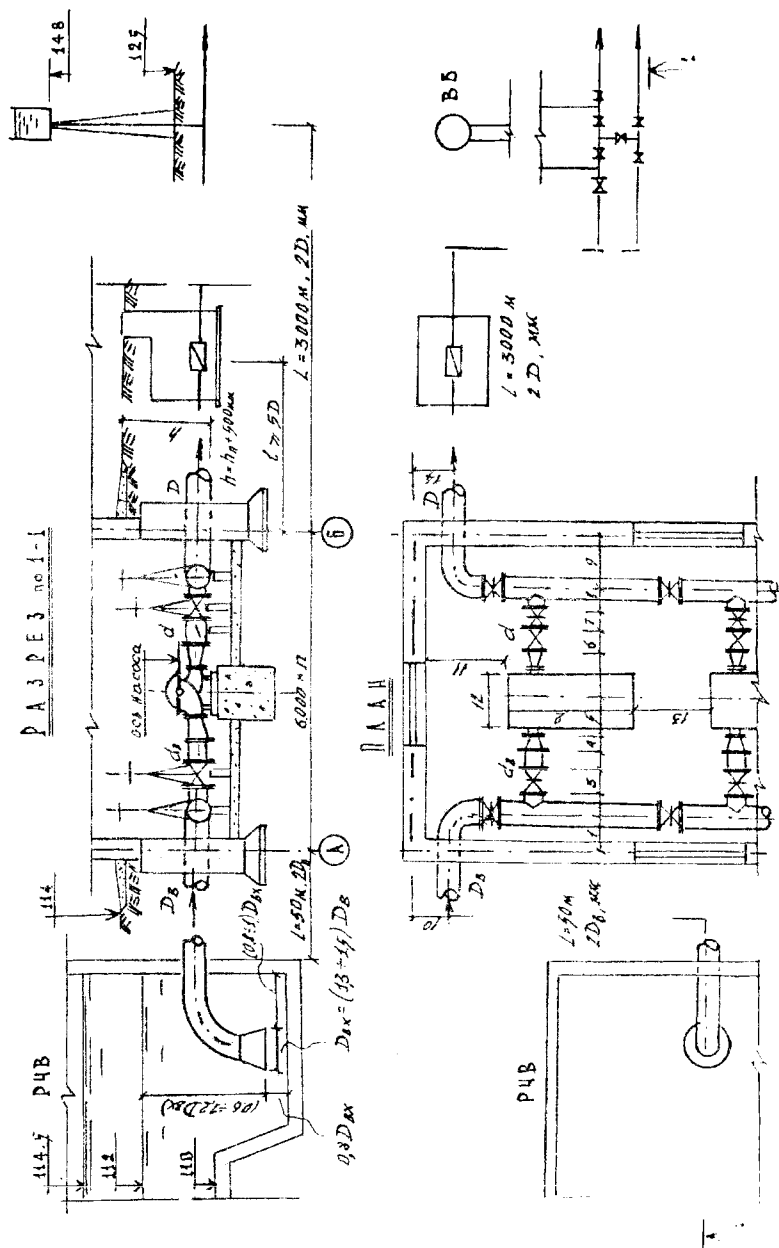


Рис. 1. Схема подачи воды в распределительную сеть: 1, 2, 3 ... 14 – размеры, привязки;

Средний расход воды в городе на I очередь развития  $Q_1 = 27000 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Проектный (средний за год) расход воды в городе (на II очередь)  $Q_2 = 36000 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Длина напорных водоводов  $L_n = 3000 \text{ м}$ , всасывающих –  $L_v = 50 \text{ м}$ .

Отметка дна резервуара чистой воды (РЧВ) – 110 м.

Отметка уровня противопожарного запаса воды в РЧВ – 112 м.

Отметка дна бака водонапорной башни составляет 148 м.

Отметка земли в точке подключения водоводов к сети – 125 м.

Свободный напор в точке подключения водоводов к сети при пожаротушении – 12 м.

Согласно СНиП 2.04.02-84 насосная станция 2-го подъема отнесится к 1-й категории надежности (п.7.1 СНиП 2.04.02-84).

Место строительства – центральная часть России. Глубина промерзания – 1,4 м. Грунтовые воды – не агрессивные и наблюдаются на глубине 2,5 м от поверхности земли. Грунты – суглинки. Напряжение в системе энергоснабжения –  $U=3000 \text{ В}$ .

На основании анализа исходных данных и требований СНиП 2.04.02-84 предусматривается типовая незаглубленная насосная станция. Размеры проектируемой станции уточняются в зависимости от количества, марок и размеров применяемого на ней оборудования.

## 2. РАСЧЕТНЫЕ РАСХОДЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Подача воды насосной станцией принимается в зависимости от расчетных расходов воды потребителя (города) в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления (СНиП 2.04.02-84). При анализе исходных данных и нормативных требований установлено, что коэффициенты суточной неравномерности водопотребления:  $K_{\text{сут}}^{\text{max}} = 1,2$  и  $K_{\text{сут}}^{\text{min}} = 0,7$ .

Для I очереди развития водопровода:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{max}} = 27000 \cdot 1,2 = 32400 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$Q_{\text{сут}}^{\text{min}} = 27000 \cdot 0,7 = 18900 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Для II очереди развития водопровода (на расчетный период)

$$Q_{\text{сут}}^{\text{max}} = 36000 \cdot 1,2 = 43200 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{\text{сут}}^{\text{min}} = 36000 \cdot 0,7 = 25200 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

На этапе учебного проектирования насосной станции рассматривается случай только максимального хозяйственного водопотребления в городе.

Расчетные часовые расходы воды определяются с учетом коэффициентов часовой неравномерности.

Расчетный расход воды потребителями в максимальный час определяется по формуле

$$q_{\text{час}}^{\text{max}} = k_{\text{час}}^{\text{max}} \cdot \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{max}}}{24}.$$

Анализируя исходные данные и нормативные требования (см. п.2.2 СНиП 2.04.02-84), определим  $k_{\text{час}}^{\text{max}} = 1,25$ . Соответственно расчетные расходы воды в городе на хозяйственно-питьевые нужды составляют:

для I очереди строительства:

$$q_{\text{час}}^{\text{max}} \text{ I} = 1,25 \cdot 32400 / 24 = 1687,5 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } q_{\text{хоз}}^{\text{max}} \text{ I} = 1687,5 / 3,6 = 469 \text{ л/с};$$

для II очереди строительства:

$$q_{\text{час}}^{\text{max}} \text{ II} = 1,25 \cdot 43200 / 24 = 2250 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } q_{\text{хоз}}^{\text{max}} \text{ II} = 2250 / 3,6 = 625 \text{ л/с}.$$

Все дальнейшие расчеты приводятся ниже для II очереди развития города и строительства водопроводной системы.

При пожаротушении в городе насосная станция (см. СНиП) должна подавать:

$$Q_{\text{н. ст. х.п.+пож}} = q_{\text{хоз}}^{\text{max}} + q_{\text{пож}},$$

т.е. расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды и на тушение пожаров.

$$\text{По заданию: } q_{\text{пож}} = 55 \cdot 3 = 165 \text{ л/с}.$$

Подача воды насосной станцией на хозяйственно-питьевые нужды и тушение пожаров составляет

$$Q_{\text{н. ст. х.п.+пож}} = q_{\text{хоз}}^{\text{max}} + q_{\text{пож}} = 625 + 165 = 790 \text{ л/с}$$

### 3. ПОДАЧА И КОЛИЧЕСТВО НАСОСОВ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ, ОБЪЕМ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ЕМКОСТИ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ

В целях обеспечения условий взаимозаменяемости оборудования на насосной станции устанавливаются однотипные насосные агрегаты. Подача каждым насосом и количество агрегатов на насосной станции назначаются в зависимости от режимов водопотребления, условий совместной работы насосов и регулирующих емкостей, категории надежности насосной станции (см. пп. 7.1- 7.3. СНиП 2.04.02-84).

Минимальное количество насосных агрегатов на насосной станции должно быть

$$m + n \geq 2 + n,$$

где  $m$  - количество рабочих агрегатов;

$n$  - количество резервных агрегатов.

Учитывая, что максимальная регулирующая емкость водонапорной башни обычно не превышает емкости стандартной водонапорной башни  $W_{\text{р. баш}} \leq 800 \dots 1400 \text{ м}^3$ , максимальная подача насосной станции назначается в пределах

$$Q_{\text{нас.ст}}^{\text{max}} \geq (q^{\text{max}} - q_{\text{в.башни}}),$$

где  $q_{\text{в.башни}}$  - поступление воды в сеть из бака водонапорной башни, л/с;

$q^{\text{max}}$  - максимальный расход воды в городе, л/с.

Если за 100% принять суточный расход воды в городе, т.е.  $Q_{\text{сут}}^{\text{max}} = 43200 \text{ м}^3/\text{сут}$ , а емкость регулирующего бака водонапорной башни принять равной  $W_{\text{р. баш}} = 800 \text{ м}^3$ , то, составив пропорцию  $43200 - 100\%$ ,  $800 - \chi\%$ , найдем:  $\chi = 800 \cdot 100 / 43200 = 1,85\%$ .

Из этого расчета следует, что регулирующий объем бака водонапорной башни не должен превышать 1,85 %.

Анализируя график режима водопотребления (рис. 2), составленный по данным табл. 1 приложения, представим режим работы насосной станции с тремя однотипными рабочими насосами по часам суток в табличном виде (табл. 1).

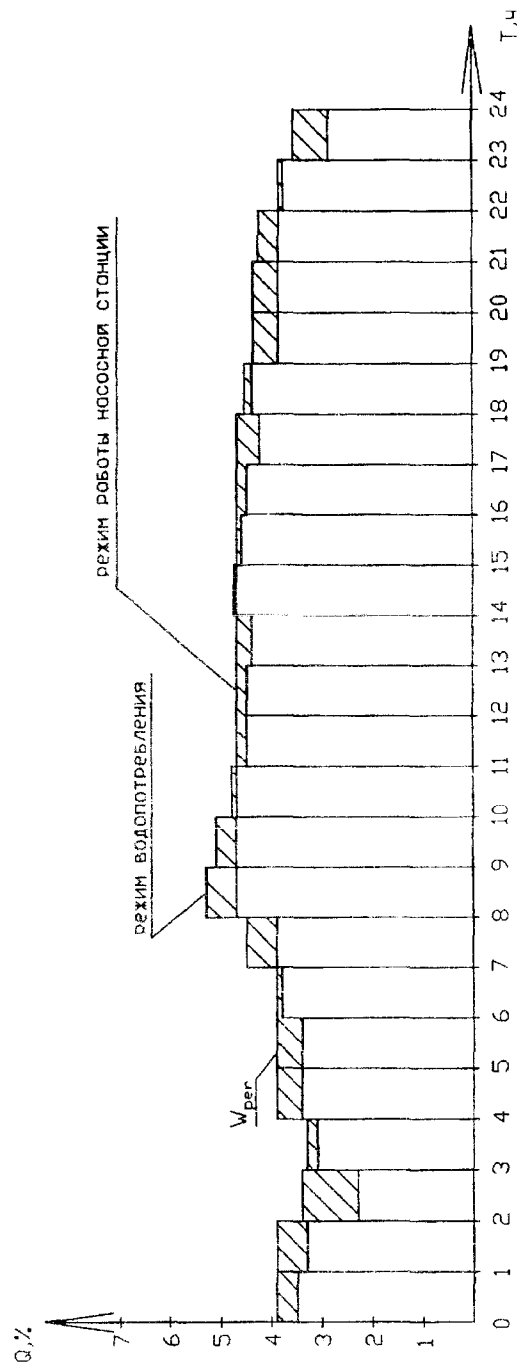


Рис. 2. График режимов водопотребления и работы насосной станции 2-го подъема

Таблица 1  
Суточный баланс воды, % от  $Q_{\text{сут}}$

| Часы суток | Водопотребление, % от $Q_{\text{сут}}$ | Подача, $Q_{\text{нас. ст.}}$ , % | Поступление, % |         | Остаток воды в баке $W_{\text{рег.}}$ , % | Режим работы насосов                |
|------------|----------------------------------------|-----------------------------------|----------------|---------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
|            |                                        |                                   | в бак          | из бака |                                           |                                     |
| 0-1        | 3,35                                   | 3,4                               | 0,05           | -       | 0,05                                      | 2 насоса                            |
| 1-2        | 3,25                                   | 3,4                               | 0,15           | -       | 0,2                                       | То же                               |
| 2-3        | 3,3                                    | 3,4                               | 0,1            | -       | 0,3                                       | "                                   |
| 3-4        | 3,2                                    | 3,4                               | 0,2            | -       | 0,5                                       | "                                   |
| 4-5        | 3,25                                   | 3,4                               | 0,15           | -       | 0,65                                      | "                                   |
| 5-6        | 3,4                                    | 3,4                               | -              | -       | 0,65                                      | "                                   |
| 6-7        | 3,85                                   | 3,55                              | -              | 0,3     | 0,35                                      | 2 нас. — 54 мин,<br>3 нас. — 6 мин  |
| 7-8        | 4,45                                   | 4,8                               | 0,35           | -       | 0,7                                       | 3 насоса                            |
| 8-9        | 5,2                                    | 4,8                               | -              | 0,4     | 0,3                                       | То же                               |
| 9-10       | 5,05                                   | 4,8                               | -              | 0,25    | 0,05                                      | "                                   |
| 10-11      | 4,85                                   | 4,8                               | -              | 0,05    | 0                                         | "                                   |
| 11-12      | 4,6                                    | 4,8                               | 0,2            | -       | 0,2                                       | "                                   |
| 12-13      | 4,6                                    | 4,8                               | 0,2            | -       | 0,4                                       | "                                   |
| 13-14      | 4,55                                   | 4,8                               | 0,25           | -       | 0,65                                      | "                                   |
| 14-15      | 4,75                                   | 4,8                               | 0,05           | -       | 0,7                                       | "                                   |
| 15-16      | 4,7                                    | 4,8                               | 0,1            | -       | 0,8                                       | "                                   |
| 16-17      | 4,65                                   | 4,8                               | 0,15           | -       | 0,95                                      | "                                   |
| 17-18      | 4,35                                   | 4,8                               | 0,45           | -       | 1,4                                       | "                                   |
| 18-19      | 4,4                                    | 3,8                               | -              | 0,6     | 0,8                                       | 2 нас. — 43 мин,<br>3 нас. — 17 мин |
| 19-20      | 4,3                                    | 4,3                               | -              | -       | 0,8                                       | 2 нас. — 21 мин,<br>3 нас. — 39 мин |
| 20-21      | 4,3                                    | 4,8                               | 0,5            | -       | 1,3                                       | 3 насоса                            |
| 21-22      | 4,2                                    | 3,4                               | -              | 0,8     | 0,5                                       | 2 насоса                            |
| 22-23      | 3,75                                   | 3,4                               | -              | 0,35    | 0,15                                      | "                                   |
| 23-24      | 3,7                                    | 3,55                              | -              | 0,15    | 0                                         | 2 нас. — 54 мин,<br>3 нас. — 6 мин  |
| Итого:     | 100%                                   | 100%                              | 2,9%           | 2,9%    | -                                         | -                                   |

*Примечания.*

1. В период с 6 до 7 часов работают два и три насоса по минутам.
2. Цветом выделены максимальный час водопотребления и максимальный регулирующий объем бака.

Допустим, что три параллельно работающих насоса подают в час 4,8 % от  $Q_{\text{сут}}^{\text{max}}$ , а превышения расхода воды в сети города или избыточные подачи воды насосной станцией в течение суток компенсируются регулирующей емкостью водонапорной башни.

Определим подачи насосов при их совместной работе:  $Q_1, Q_{1+2}, Q_{1+2+3}$ .

Если  $Q_{\text{н.ст}} = 4,8\%$ , т.е.  $Q_{1+2+3} = 4,8\%$ , то подача одного насоса составит

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{н.ст}}}{m} \cdot k_p = \frac{4,8\%}{3} \cdot 1,18 = 1,9\%,$$

где  $k_p$  - коэффициент, учитывающий увеличение подачи насосной станции при отключении из работы двух насосов (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты, учитывающие увеличение подачи насосной станции при отключении из параллельной работы насосов

| Количество насосов, отключаемых из работы $m$ | 1    | 2    | 3    |
|-----------------------------------------------|------|------|------|
| $k_p$                                         | 1,11 | 1,18 | 1,25 |

Подача двух параллельно работающих насосов:

$$Q_{1+2} = 1,9\% \cdot 2 \cdot 0,9 = 3,4\%.$$

где  $0,9 = \frac{1}{k_{p1}} = \frac{1}{1,11}$ .

Из табл. 1 видно, что при совместной работе насосной станции и водонапорной башни потребители обеспечиваются водой по часам суток (регулирующая емкость бака на башне не превысит 1,85%).

Расчет времени работы насосов по минутам в течение часа выполняется по следующей методике.

Допустим, что " $\chi$ " долю часа работают 2 насоса с  $Q_{1+2} = 3,4\%$ , а в остальное время, т.е.  $(1-\chi)$  часа – работают 3 насоса с  $Q_{1+2+3} = 4,8\%$ :

$$3,55 = 3,4 \cdot \chi + 4,8 (1 - \chi);$$

$\chi = 54$  мин, а в остальное время часа, т.е. 6 мин, работают 3 насоса.

Аналогично: с 18-19 часов: 2 насоса работают 43 минуты, а 3 насоса – 17 минут;

с 19-20 часов: 2 насоса работают 21 минуту, а 3 насоса – 39 минут;

с 23-24 часов: 2 насоса работают 54 минуты, а 3 насоса – 6 минут.

Определим подачу насосной станции при расчетных режимах водопотребления для случая максимального хозяйственного водопотребления.

Проектная подача насосной станции

$$Q_{\text{н.ст}}^{\text{max}} = 43200 \cdot 4,8 / 100 = 2073,6 \text{ м}^3/\text{ч} = 2073,6 : 3,6 = 576 \text{ л/с} < 625 \text{ л/с},$$

т.е. в час максимального хозяйственного водопотребления часть воды подается в сеть из водонапорной башни.

Подача воды в сеть каждым насосом, при совместной работе насосов и водоводов,

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1/3 \cdot Q_{\text{н.ст}}^{\text{max}} = 192 \text{ л/с}.$$

Подача воды в сеть двумя насосами, при совместной работе насосов и водоводов,

$$Q_{1+2} = 192 \cdot 2 \cdot 0,9 = 345,6 \approx 346 \text{ л/с}.$$

Согласно СНиП 2.04.02-84, в баке водонапорной башни необходимо дополнительно с регулирующим объемом хранить 10-минутный противопожарный запас воды на тушение одного внутреннего и одного наружного пожара (на время включения противопожарных насосов в работу)

$$W_{\text{пож}} = (55 + 5) \cdot 60 \cdot 10 / 1000 = 36 \text{ м}^3.$$

Общая емкость бака  $W_{\text{б}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}}$ :

$$W_{\text{рег}} = 1,4\% \cdot 43200 / 100 = 604,8 \text{ м}^3,$$

где 1,4% - максимальный остаток в баке, определяемый по табл. 1,

$$W_{\text{б}} = 604,8 + 36 = 640,8 \text{ м}^3.$$

Габариты цилиндрического бака (рис. 3) принимаются из соотношения:

$$H / D = 0,6 \div 0,7,$$

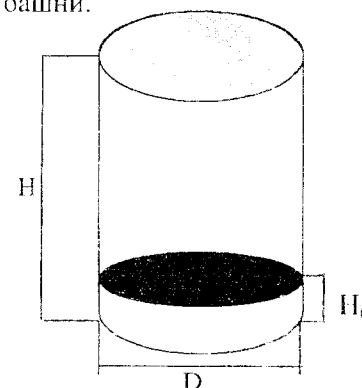


Рис. 3. Схема водонапорного бака

где  $H$ ,  $D$  — высота и диаметр бака, м;

$S$  — площадь бака;

$$W_{\text{рег}} = S / H = (\pi D^2) / 4 \cdot H;$$

$$604,8 = (\pi D^2) / 4 \cdot 0,7 D;$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{604,8 \cdot 4}{0,6 \cdot 3,14}} = 11 \text{ м}; H = 0,6 \cdot 11 = 6,6 \text{ м},$$

т.е. максимальный уровень воды в баке может достигать 6,6 м.

Принимается:  $D = 11$  м,  $H = 7$  м

( $\Delta H = 7 - 6,6 = 0,4$  м — запас на циркуляцию воздуха),

$$W_{\text{рег}} = (3,14 \cdot 11^2 \cdot 7) / 4 \approx 665 \text{ м}^3.$$

К часу максимального хозяйственного водопотребления в городе, т.е. к 8-9 часам утра, объем воды в баке составит (см. табл. 1) 0,7 % от суточного расхода воды по городу, т.е.  $W_{\text{рег}} = 0,7 \% \cdot 43\,200 / 100 = 302,4 \text{ м}^3$ .

При  $D = 11$  м уровень воды в баке водонапорной башни к этому часу

$$H_0 = \frac{W_{\text{рег}}}{S} = \frac{302,4}{3,14 \cdot 11^2} = 3,18 \approx 3 \text{ м}.$$

#### 4. РАСЧЕТНЫЙ НАПОР НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Полный расчетный напор насосов определяется для режима максимального хозяйственного водопотребления в городе, когда подача насосной станции  $Q_{\text{нас.ст}} = 576$  л/с.

Согласно СНиП 2.04.02-84, для насосной станции 1-й категории необходимо принимать как минимум два всасывающих и два напорных водовода, что и делается в проекте.

Подача воды по каждому водоводу  $Q_{\text{вод}} = 288$  л/с.

$$H = H_r + \sum h + h_{\text{зан}},$$

где  $H$  — расчетный напор насосов, м;

$\sum h$  — потери напора в трубопроводах по длине и на местные сопротивления, м;

$h_{\text{зан}}$  — запас на потери напора в коммуникациях насосной станции, м;  $h_{\text{зан}} = 2 \div 3,5$ ;

$H_r$  — геометрическая высота подъема воды, м;

$$H_r = Z_0 - Z_{\text{р.ч.в}} + H_0 + H_{\text{св}}.$$

Здесь  $H_0$  — высота уровня воды в баке, м;

$H_{\text{св}}$  — свободный напор на излив воды, м;  $H_{\text{св}} = 1$ ;

$Z_0$  — отметка дна бака водонапорной башни, м;

$Z_{\text{р.ч.в}}$  — отметка расчетного уровня воды в резервуаре чистой воды, м;

$$H_r = 148 - 112 + 3 + 1 = 40 \text{ м}.$$

При пожаротушении  $H_r^{\text{пж}} = 125 - 110 + 12 = 27 \text{ м}$ ,

где 125 — отметка поверхности земли в точке подключения водоводов к распределительной сети (диктующей точке), м;

110 — отметка дна резервуара чистой воды, м;

12 — свободный напор, м.

Потери напора в трубопроводах определяются по формулам

$$\sum h = h_{\text{вс}} + h_{\text{нап}} + h_{\text{нас.ст}};$$

$$h_{\text{вс}} = 1,2 \cdot i \cdot L + 1,5;$$

$$h_{\text{нап}} = 1,1 \cdot i \cdot L + 2 \div 5,$$

где  $h_{\text{вс}}$ ,  $h_{\text{нап}}$ ,  $h_{\text{нас.ст}}$  — потери напора во всасывающей, напорной линиях и в коммуникациях насосной станции (1,5; 2...5 м);

$i = \Delta \cdot Q^2 \cdot k$  — гидравлический уклон,

здесь  $\Delta$ ,  $k$  принимаются по таблицам для гидравлического расчета водопроводных труб с внутренним цементно-песчаным покрытием либо по табл. 2 — 4 приложения;

$Q$  — расход воды по трубопроводу, м<sup>3</sup>/с;

$L$  — длина водовода, м.

Для определения потерь напора при движении воды от резервуаров чистой воды до точки подачи необходимо составить схему всасывающих и напорных трубопроводов, выбрать материал труб и соединительных деталей.

В проекте принимается:

- трубопроводы всасывающие и внутри насосной станции стальные с внутренним цементно-песчаным покрытием;

\* Отметка расчетного уровня воды в резервуаре чистой воды принимается на 1-2 м выше дна, с учетом того, что ниже данной отметки хранится аварийный запас воды на хозяйственно-бытовые и противопожарные нужды.

- напорные водоводы (могут монтироваться из различных труб) принимаются из стальных труб с внутренним цементно-песчаным покрытием;

- запорно-регулирующая арматура принимается с учетом сортамента труб и рабочего давления в трубопроводах.

Трубы и оборудование насосной станции принимаются по справочнику монтажника [1].

Потери напора в трубопроводах определяются по таблицам гидравлического расчета водопроводных труб [2] либо по табл. 2 – 4 приложения.

Диаметры трубопроводов назначаются с учетом экономии затрат на их строительство и оплату электроэнергии, которая затрачивается на подачу по ним воды, т. е. с учетом экономического фактора Э.

Для средней полосы России экономический фактор Э = 0,75 (для южной Э = 1; районов Сибири и Урала Э = 0,5) – см. табл. 2 приложения.

Подача насосной станции составляет  $Q_{н.ст} = 576$  л/с. Подача по одному водоводу:  $Q_v = 576 / 2 = 288$  л/с.

По таблицам для гидравлического расчета труб (см. табл. 2 – 4 приложения) определим:

при Э = 0,75;  $q_{1\text{водов}} = 288$  л/с;  $d_{\text{нап}} = 500$  мм;

$i = A \cdot Q^2 \cdot k$ , где  $Q$  – м<sup>3</sup>/с,  $A = 0,04939$ ,  $k = 0,955$  при  $\vartheta = 1,38$  м/с,  $Q = 288$  л/с;

$$i = 0,04939 \cdot 0,288^2 \cdot 0,955 = 0,00391.$$

Тогда для напорного водовода длиной  $L_n = 3000$  м потери напора по длине составят

$$\Sigma h = 3000 \cdot 0,00391 \cdot 1,1 + 2 = 14,9 \text{ м.}$$

При пожаротушении  $Q = 790$  л/с,  $Q_{\text{вод}} = 395$  л/с,  $\vartheta = 1,88$  м/с,  $k = 0,92$ ;

$$i = 0,04939 \cdot 0,395^2 \cdot 0,92 = 0,007089;$$

$$\Sigma h = 3000 \cdot 0,007089 \cdot 1,1 + 2,5 = 25,89 \approx 26 \text{ м,}$$

здесь 1,1 – коэффициент, учитывающий местные сопротивления в напорном водоводе;

2 – 2,5 – потери напора в коммуникациях станции (напорной части).

Количество всасывающих водоводов принимается равным двум, поскольку длина каждого из них  $L_v = 50$  м, т.е. находится в пределах  $L_n \geq 50$  м (по каждому водоводу обеспечивается 100%-ная подача воды при выходе из строя другого водовода).

Принимать для каждого насоса свою всасывающую линию в данном случае не экономично.

Если подача насосной станции  $Q_{\text{нас.ст}} = 576$  л/с, то подача воды по одному всасывающему водоводу составит  $Q_{\text{водов}} = 288$  л/с. Во всасывающих трубопроводах скорости движения воды принимаются с учетом данных табл. 3.

Таблица 3

Рекомендуемые скорости движения воды  
в трубопроводах насосной станции

| D <sub>v</sub> , мм | ϑ, м/с, в трубопроводах |          |
|---------------------|-------------------------|----------|
|                     | всасывающем             | напорном |
| ≤ 250               | 0,6 - 1                 | 0,8 - 2  |
| 300-800             | 0,8 - 1,5               | 1 - 3    |
| ≥ 800               | 1,2 - 2                 | 1,5 - 4  |

Для  $Q_{\text{вод}} = 288$  л/с,  $D = 600$  мм,  $\vartheta = 0,97$  м/с,  $A = 0,01951$ ,  $k = 1$ ,

$$i = A \cdot Q^2 \cdot k = 0,01951 \cdot 0,288^2 \cdot 1 = 0,001618;$$

$$h_{\text{расч}} = 0,001618 \cdot 1,2 \cdot 50 + 1,5 = 1,597 \approx 2 \text{ м.}$$

При пожаротушении  $Q = 395$  л/с,  $\vartheta = 1,32$  м/с,  $k = 0,96$ ;

$$i = A \cdot Q^2 \cdot k = 0,01951 \cdot 0,395^2 \cdot 0,96 = 0,00292;$$

$$h_{\text{всас. пож}} = 0,00292 \cdot 1,2 \cdot 50 + 2 = 2,17 \approx 2 \text{ м,}$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий местные сопротивления во всасывающем трубопроводе;

1,5÷2 – потери напора в коммуникациях насосной станции (всасывающая часть), м.

При подаче всего расхода по одному водоводу:  $Q = 576$  л/с,  $\vartheta = 1,91$  м/с,  $k = 0,915$ ;

$$i = A \cdot Q^2 \cdot k = 0,01951 \cdot 0,576^2 \cdot 0,915 = 0,005922;$$

$$h_{\text{всас}} = 0,005922 \cdot 1,2 \cdot 50 + 2 = 2,355 \approx 2 \text{ м.}$$

Полный напор насосной станции

$$H = H_r + h_{всас} + h_{нап};$$

при максимальном хозяйственном водопотреблении

$$H_{\max} = 40 + 14,9 + 1,597 = 56,497 \text{ м} \approx 57 \text{ м};$$

при пожаротушении

$$H_{\text{пож}} = 27 + 2 + 26 = 55 \text{ м};$$

при аварии на всасывающем водоводе

$$H_{\text{ав}} = 40,2 + 2 + 14,9 = 57,1 \approx 57 \text{ м}.$$

Принимается  $H_{\text{нас. ст}} = 57 \text{ м}$ .

Все трубопроводы в пределах насосной станции проектируются стальными, со сварными соединениями. На фланцах соединяются только трубы с технологическим оборудованием (насосами, запорно-регулирующей арматурой и т.д.).

Диаметры труб и запорно-регулирующей арматуры для напорных и всасывающих линий насосных агрегатов назначаются аналогично, как и для водоводов насосной станции, т.е. в зависимости от расхода, допустимой скорости движения воды в трубопроводе и наличия соответствующего сортамента труб или запорно-регулирующей арматуры (проверка осуществляется по таблицам гидравлического расчета труб, справочникам проектировщика).

Каждый насос при совместной работе подает

$$Q_{\text{н.л}} = \frac{576}{3} = 192 \text{ л/с}.$$

По трубопроводу от каждого насоса поступает расход  $q=192 \text{ л/с}$ .

Для каждого насосного агрегата проектируется:

всасывающий трубопровод:  $D 500 \text{ мм}$ ,  $q = 0,92 \text{ м/с}$ ;

напорный трубопровод:  $D 400 \text{ мм}$ ,  $q = 1,43 \text{ м/с}$ .

Диаметр всасывающего коллектора ("гребенки")  $d = 600 \text{ мм}$  (принимается по диаметру всасывающего водовода).

Диаметр напорного коллектора  $d = 500 \text{ мм}$  (принимается по диаметру напорного водовода).

## 5. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ПОДБОР НАСОСОВ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В час максимального хозяйственного водопотребления подача насосной станции должна составлять  $Q_{\text{нас. ст}} = 576 \text{ л/с}$  и напор не ниже  $H=57 \text{ м}$ . Соответственно, подача каждого насоса  $Q_1=Q_{\text{нас. ст}}/3=192 \text{ л/с}$ , а напор  $H = 57 \text{ м}$  (насосные агрегаты одноступенчатые).

По сводному графику полей  $H-Q$  каталога насосов определим марку насоса, энергетические параметры которого с максимальной точностью соответствуют расчетным  $Q_1$  и  $H$ . Предварительно выбирается насос марки Д800-57 с параметрами:  $D_{\text{кол}} = 432 \text{ мм}$ ,  $D_{\text{всас}} = 300 \text{ мм}$ ,  $D_{\text{нап}} = 230 \text{ мм}$ ,  $n = 1450 \text{ об/мин}$ ,  $\eta = 0,82$ , вес - 880 кг.

Марка электродвигателя подбирается с учетом параметров и мощности насоса.

Мощность насоса

$$N_{\text{нас}} = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{102 \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{пр}}} = \frac{0,192 \cdot 57 \cdot 1000}{102 \cdot 0,82} = 130,8 \text{ кВт},$$

где  $Q$  - подача воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$H$  - напор, м;

$\gamma$  - объемный вес воды,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;

$\eta_{\text{пр}}$  - КПД привода.

Мощность электродвигателя:

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{нас}} \cdot k = 130,8 \cdot 1,15 = 150,5 \text{ кВт},$$

где  $k$  - коэффициент запаса; принимается по табл. 4.

Таблица 4

| Коэффициенты запаса для электродвигателей |      |       |        |      |
|-------------------------------------------|------|-------|--------|------|
| Мощность $N$ , кВт                        | <20  | 20-50 | 50-300 | >300 |
| $k_{\text{зап}}$                          | 1,25 | 1,2   | 1,15   | 1,1  |

По каталогу насосов подбирается марка электродвигателя 4АОЗ-315М-А с номинальными параметрами:  $N_{\text{дв}} = 200 \text{ кВт}$  (несколько больше расчетной  $N_{\text{дв}} = 150,5 \text{ кВт}$ ),  $n = 1450 \text{ об/мин}$ ,  $U = 660 \text{ В}$ ,  $\cos \varphi = 0,9$ ,  $\eta_{\text{дв}} = 0,95$ , вес - 1195 кг. Вес насосного агрегата составляет 2075 кг.

Рабочая характеристика насоса приведена на рис. 4 и 5.

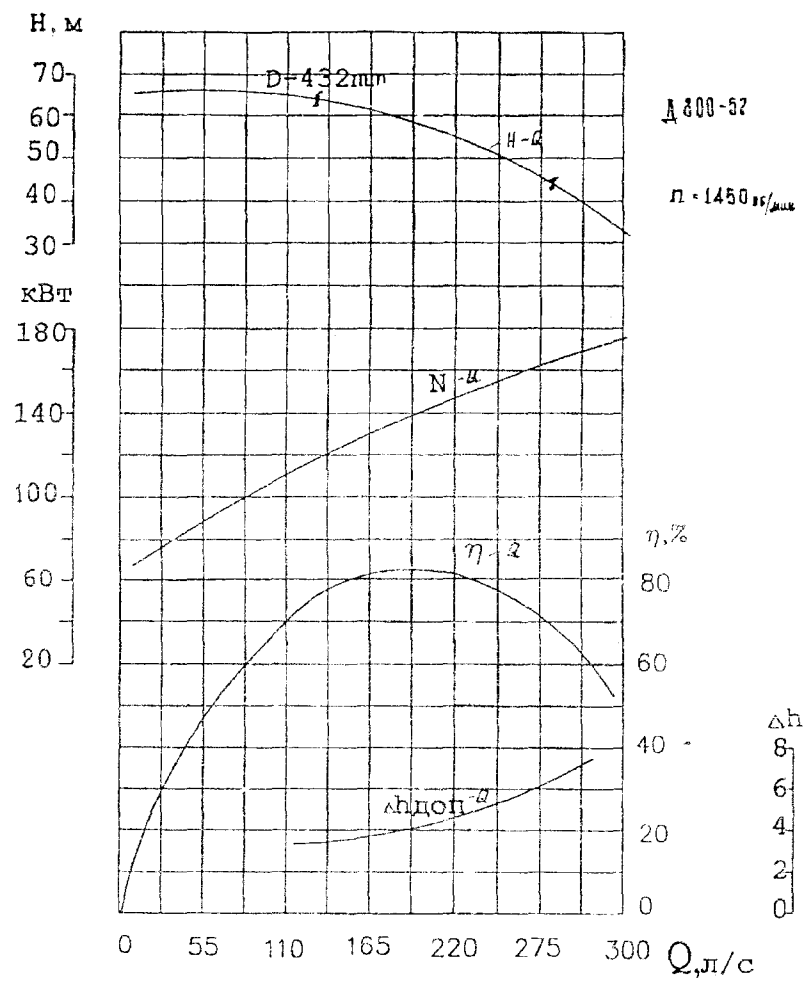


Рис. 4. Рабочая характеристика насоса

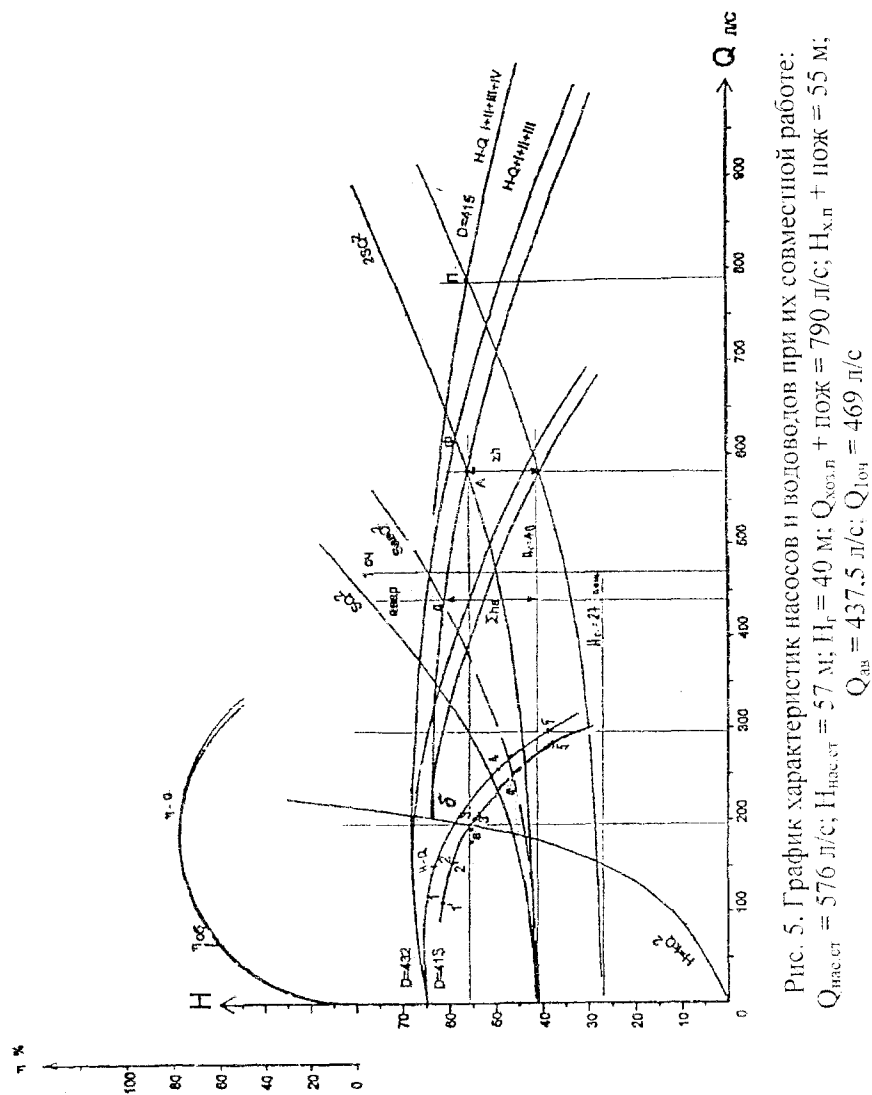


Рис. 5. График характеристик насосов и водоводов при их совместной работе:

Окончательный выбор марки электродвигателя, так же как и определение количества насосов, осуществляется после проверки работы насосной станции при подачах воды:

- в час максимального хозяйственного водопотребления;
- в час максимального хозяйственного водопотребления и пожаротушения;
- в период возникновения аварии на водоводах (сети) при максимальном хозяйственном водопотреблении;
- в час максимального хозяйственного водопотребления на 1-ю очередь развития системы водоснабжения.

Проверка работы насосов на перечисленные выше случаи осуществляется графическим методом, т.е. методом построения характеристик насосов и водоводов при их совместной работе.

## 6. ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАСОСОВ, ВОДОВОДОВ И ГРАФИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ ИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РАСЧЕТНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Построение характеристик Н-Q однопоточных насосов при их совместной работе выполняется графически методом сложения рабочих характеристик насосов (выбранных по каталогу насосов), т.е. сложением  $Q_i$  подач при равных напорах  $H_i$  насосов (случай параллельной работы) – см. рис. 5.

Построение характеристик водоводов при их совместной работе выполняется аналогично. При этом учитываются:

- геометрическая высота подъема воды при хозяйственно-питьевом водопотреблении  $H_t = 40,2$  м, при хозяйственно-питьевом водопотреблении и пожаре  $H_{г.п.ож} = 27$  м;
- потери напора во всасывающей линии насосной станции:  $h_n = 1,597$  м,  $h_{н.п.ож} = 2$  м;
- потери напора в напорном водоводе и коммуникации насосной станции:  $h_n = 14,9$  м,  $h_{н.п.ож} = 26$  м.

В целях соблюдения единства функциональных зависимостей Н-Q насосов и водоводов графические построения характеристик водоводов выполняются с учетом следующих преобразований:

$$H_i = H_r + \sum h = H_r + S Q_i^2,$$

где  $H_i$  - полный напор насосной станции, м;

$Q_i$  - подача по водоводу, м<sup>3</sup>/с;

$i = 1, 2, 3 \dots$  - номер итерации;

$S$  - приведенное сопротивление трубопровода;  $S = \sum h / Q^2 = \text{const}$ ;

$\sum h$  - потери напора в трубопроводе, м.

При построении характеристик Н – Q насосов и  $SQ^2$  водоводов на общем графике приводятся и характеристики  $\eta - Q$  и  $N - Q$  однопоточного насоса. Графические построения отражают энергетические возможности насосной станции обеспечивать требуемую подачу воды потребителям в случаях, перечисленных выше.

При проверке достаточности энергетических параметров системы “насосная станция – водоводы” на случай подачи воды потребителю

в час “максимального хозяйственного водопотребления и пожара” вводится допущение, что напор в диктующей точке сети может быть снижен. Поскольку в данном примере весь гидравлический расчет системы подачи и распределения воды не рассматривается, делается ссылка на исходные данные, что в точке подключения водоводов к сети  $H_{своб.п.ож} = 12$  м, а  $H_{г.п.ож} = 125 - 110 + 12 = 27$  м.

Всасывающие водоводы подобны друг другу и имеют равные геометрические размеры. Расход воды по каждому водоводу  $Q_{нас.ст} / 2 = 288$  л/с.

Приведенное сопротивление каждого всасывающего водовода

$$S_{вс} = h_{вс} / Q^2 = 1,597 / 0,288^2 = 19,3.$$

Потери напора во всасывающем водоводе  $h_{вс}$  оцениваются на основе произвольно заданных значений  $Q_i$ . Значения  $h_{всi}$  приводятся в табл. 5.

Принимая во внимание сравнительно малые потери напора во всасывающем трубопроводе и ограниченность исходных данных по проектируемому объекту, “приведенная” характеристика (т.е.  $H'-Q'$  - с учетом  $h_{всi} = S_{вс} \cdot Q_i^2$ ) для каждого насоса не строится. В целях упрощения дальнейших графических построений допуска-

ется, что  $\sum h = h_{\text{вс}} + h_{\text{н}} = SQ^2$ . По графику проверяется подача воды насосной станции при аварии на одном из всасывающих водоводов, смещение режимных точек подач воды на характеристиках  $H-Q$  насосов. По табл. 3 и таблицам для гидравлического расчета водопроводных труб оценивается допустимость изменения скорости движения воды во всасывающем водоводе.

Таблица 5

**Расчетные параметры для построения характеристик всасывающего водовода при подаче воды в час максимального хозяйственного водопотребления**

| $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ | $Q^2, \text{ м}^6/\text{с}^2$ | $S_{\text{вс}}$ | $h_{\text{вс}}, \text{ м}$ |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|
| 0,05                      | 0,0025                        | 19,3            | 0,048                      |
| 0,1                       | 0,01                          | 19,3            | 0,193                      |
| 0,2                       | 0,04                          | 19,3            | 0,772                      |
| 0,3                       | 0,09                          | 19,3            | 1,737                      |
| 0,4                       | 0,16                          | 19,3            | 3,088                      |

Примечание.  $h_{\text{вс}} = S_{\text{вс}} \cdot Q^2$ .

Аналогично выполняются оценки для напорных водоводов. Напорные водоводы – подобны. Расход по каждому водоводу  $Q/2 = 288 \text{ л/с}$ .

Гидравлическое сопротивление напорного водовода

$$S_{\text{н}} = h_{\text{н}} / Q_{\text{в}}^2;$$

$$S_{\text{н}} = 14,9 / 0,288^2 = 179,6.$$

Аналогично, как и для всасывающего водовода, оцениваются изменения  $h_{\text{н}}$  в напорном водоводе. Для обобщения потерь энергии во всасывающем и напорном водоводах необходимо в дальнейших расчетах переменные величины  $h_{\text{вн}}$  и  $h_{\text{н}}$  складывать:

$$\sum h_{\text{пож 1}} = 26 + 2 = 28 \text{ м}, \quad S_{\text{пож}} = 28 / 0,395^2 = 179,46.$$

В практике графических построений характеристик  $SQ^2$  водоводов допускается принимать приведенное сопротивление трубопровода  $S = \text{const}$ . Оценки  $\sum h_i$  и  $H_i = H_r + \sum h_i$  приводятся в табл. 6.

Таблица 6

**Расчетные параметры напорного и всасывающего водоводов для случая максимального хозяйственного водопотребления**

| $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ | $Q^2, \text{ м}^6/\text{с}^2$ | $S$   | $h_{\text{н}}, \text{ м}$ | $\sum h_i, \text{ м}$ | $H_i, \text{ м}$ | $H_{\text{пож}}, \text{ м}$ |
|---------------------------|-------------------------------|-------|---------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------|
| 0,05                      | 0,0025                        | 179,6 | 0,449                     | 0,497                 | 40,497           | 27,50                       |
| 0,1                       | 0,01                          | 179,6 | 1,796                     | 1,989                 | 41,989           | 28,99                       |
| 0,2                       | 0,04                          | 179,6 | 7,184                     | 7,956                 | 47,956           | 34,96                       |
| 0,3                       | 0,09                          | 179,6 | 16,164                    | 17,901                | 57,901           | 44,90                       |
| 0,4                       | 0,16                          | 179,6 | 28,736                    | 31,824                | 71,824           | 58,82                       |

Анализируя характеристики насосов и водоводов (см. рис. 4), можно убедиться, что расчетная точка А находится несколько ниже фактической точки Ф пересечения характеристик трех насосов (имеющих диаметры рабочих колес  $D = 465 \text{ мм}$  у каждого) и двух водоводов, т. е. подача и напор насосной станции превышают соответствующие расчетные параметры  $Q_{\text{нас ст.}}$ ,  $H_{\text{нас ст.}}$ . Следовательно, работу насосов необходимо регулировать в целях экономии энергии на подачу воды. Методы регулирования энергетических параметров насосов разнообразны: дросселированием задвижкой, изменением частоты вращения ротора насоса, применением входных направляющих аппаратов и т.д. Характеристику насоса можно изменить и при обточке его колеса.

На этапе учебного проектирования насосной станции для изменения энергетических параметров насосов применяется метод срезки (обточки) рабочих колес. При расчетах срезки рабочих колес центробежных насосов (при коэффициенте быстроходности  $n_s \leq 150$ ) обычно пользуются формулами

$$Q_1/Q_{06} = D_1/D_{06};$$

$$H_1/H_{06} = D_1^2/D_{06}^2;$$

$$H_{06} = k \cdot Q_{06}^2.$$

Воспользовавшись вышеприведенными зависимостями, получим

$k = H_{06}/Q_{06}^2 = 57/0,192^2 = 1546,2$ , где  $H_{06} = 57 \text{ м}$ ,  $Q_{06} = 192 \text{ л/с}$  – расчетные параметры однотипного насоса.

Для графического построения кривой  $H_{об} = 1546,2 \cdot Q_{об}^2$  нужны промежуточные точки с координатами  $[H_{об.i}, Q_{об.i}]$ . Координатные значения этих точек, выбранных с произвольным шагом  $\Delta Q$ , приводятся в табл. 7.

Таблица 7

Расчетные параметры для построения кривой подобия режимов работы насоса

| № точки                          | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Q_{об.i}, \text{ м}^3/\text{с}$ | 0,1   | 0,15  | 0,2   | 0,25  | 0,3   |
| $H_{об.i}, \text{ м}$            | 15,46 | 34,79 | 61,85 | 96,63 | 139,2 |

Далее, после построения кривой  $H_{об} = 1546,2 \cdot Q_{об}^2$  (линии режимных точек), проходящей через начало координат и точку “а”, с координатами  $[H = 57 \text{ м}, Q = 192 \text{ л/с}]$ , на исходной характеристике насоса  $H-Q$  (при  $D = 432 \text{ мм}$ ) получим новую точку пересечения “б” (см. рис. 4). Координаты точки “б”:  $[H = 60 \text{ м}, Q = 200 \text{ л/с}]$ . Координаты точек “а” и “б” пропорционально взаимосвязаны:  $k_a = \frac{H_b}{H_a} = \frac{60}{57} = 1,05$ ;  $k_q = \frac{Q_b}{Q_a} = \frac{200}{192} = 1,04$ . Подобная

пропорциональность сохраняется для всех точек кривой ( $H-Q$ ) и кривой ( $H''-Q''$ ). Поэтому параметры для графических построений отмеченных кривых можно рассчитать по аналогичной методике (табл. 8).

Таблица 8

Расчетные параметры насоса

| № п/п | Энергетические параметры насоса         |                |            |                                                 |                     |                 |
|-------|-----------------------------------------|----------------|------------|-------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
|       | до срезки колеса при $D=432 \text{ мм}$ |                |            | после срезки колеса при $D_{об}=415 \text{ мм}$ |                     |                 |
|       | $Q, \text{ м}^3/\text{с}$               | $H, \text{ м}$ | $\eta, \%$ | $Q_{об}, \text{ м}^3/\text{с}$                  | $H_{об}, \text{ м}$ | $\eta_{об}, \%$ |
| 1     | 0,1                                     | 65             | 68         | 0,096                                           | 61,9                | 67,4            |
| 2     | 0,15                                    | 63             | 76         | 0,144                                           | 60                  | 75,5            |
| 3     | 0,2                                     | 57             | 78         | 0,192                                           | 54,3                | 77,6            |
| 4     | 0,25                                    | 47             | 75         | 0,240                                           | 44,7                | 73,5            |
| 5     | 0,3                                     | 40             | 64         | 0,288                                           | 38,1                | 63,3            |

Примечание.  $k_q = Q/Q_{об} = 200/192 = 1,04$ ;  $k_h = H/H_{об} = 60/57 = 1,05$ .

Диаметр обточенного колеса насоса рассчитывается по формуле

$$D_{об} = \frac{Q_{об}}{Q} \cdot D = \frac{0,192 \cdot 432}{0,2} = 415 \text{ мм}.$$

После срезки колеса КПД ( $\eta_{об}$ ) насоса изменяется (см. на графике рис. 5 характеристику  $\eta_{об}-Q$ ). Для определения КПД насоса со срезанным колесом можно воспользоваться формулой Moody:

$$\eta_n = 1 - [(1 - \eta_m) (D_m/D_n)^{0,45} (n_m/n_n)^{0,2}] \text{ при } n_m/n_n = 1,$$

где  $D_m/D_n$  – диаметры колес насоса модели и натуры (если регулирование обеспечивается за счет изменения числа оборотов колеса насоса, то  $D_m/D_n = 1$ ).

“Срезка” колеса насоса широко применяется в практике проектирования насосных станций. В зависимости от коэффициента быстроходности  $n_s$  пределы обточки колес ограничиваются интервалами, значения которых приводятся в табл. 9.

Таблица 9

Области допустимой обточки рабочего колеса насоса

| Классификация насосов по коэффициенту $n_s$ | $60 < n_s < 120$ | $120 < n_s < 200$ | $200 < n_s < 300$ |
|---------------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Допустимые пределы обточки колес            | 15-20%           | 11-15%            | 11-15%            |

Примечание. КПД насоса уменьшается на 1% на каждые 10% обточки рабочего колеса

Предусмотренная проектом обточка колеса однопотопного насоса составляет

$$\frac{432 - 415}{432} \cdot 100\% = 3,9\%, \text{ а снижение КПД насоса не превышает } 0,3 \div 0,5 \%.$$

Дальнейшие графические построения характеристик насосов и водоводов выполняются по правилам, оговоренным выше:

- строится исправленная характеристика насосной станции  $H''-Q''_{1+2+3}$ , имеющей однопотопные параллельно работающие насосы с обточенными колесами и характеристиками  $H''-Q''$ , способом сложения подач насосов при равных напорах, т.е. при равных значениях  $H_i$ , где  $i=1,2,3...$ , характеристика водоводов  $2SQ^2$  не меняется;

- строится исправленная характеристика  $\eta_{05}-Q$  (по данным табл. 8);

- наносятся на график расчетные точки (с координатами  $[H, Q]$ ) для каждого случая водопотребления (“мак.хоз.”, “мак.хоз. + пожар”, “мак.хоз. + авария”, “мак.хоз. на 1-ю очередь”);

- анализируется работа насосной станции.

Правильность выполненных графических построений оценивается по точке “А”, точке пересечения характеристик  $H-Q$  и  $2SQ^2$ . Координаты этой точки должны соответствовать расчетным энергетическим параметрам насосной станции в час максимального хозяйственного водопотребления.

Анализируя работу насосной станции и водоводов по их характеристикам, можно убедиться, что в час максимального хозяйственного водопотребления и пожаротушения три насоса не обеспечат требуемую подачу воды потребителям.

Следовательно:

- необходима установка дополнительного четвертого насоса, аналогичного первым трем рабочим насосам;

- на насосной станции устанавливаются четыре рабочих однотипных насоса.

При работе четырех насосов режимная точка “П” смещается вправо от точки с координатами, соответствующими расчетным значениям при  $Q_{х.л. + пож.}$ , что указывает на выполнение нормативных условий подачи воды насосной станцией.

## 7. ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДАЧИ ВОДЫ ПОТРЕБИТЕЛЯМ НА 1-ю ОЧЕРЕДЬ СТРОИТЕЛЬСТВА СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ПРИ АВАРИИ НА ВОДОВОДАХ

На 1-й очереди строительства системы водоснабжения  $q_{хоз}^{max} = 469$  л/с подача воды в город может обеспечиваться двумя насосами насосной станции по двум водоводам (см. рис. 5). Два других рабочих насосных агрегата могут устанавливаться на насосной станции в соответствии с планом развития системы либо храниться на складе.

При аварийной ситуации в системе водоснабжения подача воды потребителям может составлять  $Q_{ав} = 0,7 q_{хоз}^{max} = 0,7 \cdot 625 = 437,5$  л/с (см. п.4.4 СНиП 2.04.02-84).

Вероятность возникновения одновременно двух аварий на водоводах чрезвычайно мала.

При аварии на одном из водоводов, не имеющих переключений, подача воды  $Q_{ав} = 437,5$  л/с не обеспечивается даже всеми насосами насосной станции (см. рис. 5). Если же предусмотреть переключения на водоводах между ремонтными участками, то требуемую подачу воды насосами можно обеспечить.

Достаточное количество ремонтных участков на водоводах рассчитывается графо-аналитически. По рис. 5 определим величину допустимых потерь напора  $\Sigma h_a$  в системе при аварии на водоводах. Если допустить, что

$$\Sigma h_a = S_a \cdot Q_{ав}^2, \quad \Sigma h = S \cdot Q_{пас.ст}^2, \quad S_a = \alpha \cdot S,$$

где  $\alpha = \frac{Z+3}{Z}$  ( $Z$  - число ремонтных участков),

то  $\Sigma h_{ав} = 20$  м при  $Q_{ав} = 437,5$  л/с,  $S_{ав} = 20 / 0,437,5^2 = 104,49$ ;

$\Sigma h = 14,9$  м при  $Q = 576$  л/с,  $S = 14,9 / 0,576^2 = 44,9$ ,

$$\alpha = S_a = \frac{104,49}{44,9} = 2,33,$$

$$2,33 = \frac{Z+3}{Z}, \quad Z = 2,27 \approx 3.$$

Принимаем  $z \approx 3$ , что соответствует трем ремонтным участкам на каждом водоводе.

Характеристика водоводов при аварии строится по данным табл. 10.

Таблица 10

Расчетные параметры водоводов при аварийной ситуации

| $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ | 0,1     | 0,2   | 0,3   | 0,5   |
|---------------------------|---------|-------|-------|-------|
| $h, \text{ м}$            | 1,0449  | 4,18  | 9,40  | 26,12 |
| $H = h + 40$              | 41,0449 | 44,18 | 49,40 | 66,12 |

*Примечание.* В случае аварии на водоводе ремонтный участок отключается задвижками.

На графике рис. 5 видно, что в аварийной ситуации, при наличии переключений на водоводах, точка пересечения "D" характеристик насосов и водоводов будет находиться справа от расчетной точки с координатами  $[Q_{ав}, H_{ав}]$ .

Следовательно, энергетические параметры предварительно подобранных марок насосов и электродвигателей соответствуют расчетным параметрам насосной станции.

## 8. УТОЧНЕНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ПРИ ВЫБРАННЫХ МАРКАХ НАСОСОВ

После того как насосные агрегаты подобраны, необходимо уточнить режим работы насосной станции и графически оценить подачи и напоры насосной станции.

Вода подается по двум водоводам. По графику рис. 5 принимается:

при работе одного насоса его подача составляет  $Q_1 = 280 \text{ л/с}$ ;

при работе двух насосов  $Q_{1+2} = 470 \text{ л/с}$ ;

при работе трех насосов  $Q_{1+2+3} = 576 \text{ л/с}$  (точка А на рис. 5).

В % от  $Q_{сут}$ :

$Q_1 = 0,280 \cdot 3600 \cdot 100 / 43200 = 2,3 \%$ ;

$Q_{1+2} = 0,470 \cdot 3600 \cdot 100 / 43200 = 3,9 \%$ ;

$Q_{1+2+3} = 4,8 \%$ .

С учетом выполненных оценок составляется табл. 11 баланса воды.

$$W_{рег} = 43200 \cdot 1,7 : 100 = 734 \text{ м}^3, \quad W = 734 + 36 = 770 \text{ м}^3.$$

Средний уровень воды в баке к часу максимального хозяйственного водопотребления  $H_{y,6}$  можно рассчитать:  $W_{рег} = (0,7+0,3):2 = 0,5\% = 216 \text{ м}^3$ ,  $W = 216 + 36 = 252 \text{ м}^3$ ,  $H_{y,6} = 2,65 \text{ м} < 3 \text{ м}$ .

Ввиду незначительных расхождений высот воды в баке ( $\Delta H_{y,6} = 0,35 \text{ м}$ ) при предварительном расчете и графо-аналитических построениях расчетные напоры насосной станции оставляем неизменными.

Следовательно, энергетические параметры подобранных марок насосных агрегатов соответствуют расчетным параметрам насосной станции.

Таблица 11

Суточный баланс воды и режим работы насосов

| Часы суток | Водопотребление, % от $Q_{сут}$ | Подача $Q_{пст.}$ % | Поступление, % |         | Остаток воды в баке $W_{рег.}$ % | Режим работы насосов                |
|------------|---------------------------------|---------------------|----------------|---------|----------------------------------|-------------------------------------|
|            |                                 |                     | в бак          | из бака |                                  |                                     |
| 0-1        | 3,35                            | 3,9                 | 0,55           | -       | 0,55                             | 2 насоса                            |
| 1-2        | 3,25                            | 3,9                 | 0,65           | -       | 1,2                              | То же                               |
| 2-3        | 3,3                             | 2,3                 | -              | 1       | 0,2                              | 1 нас. на 2 водовода                |
| 3-4        | 3,2                             | 3,05                | -              | 0,15    | 0,05                             | 2 нас. – 28 мин;<br>1 нас. – 32 мин |
| 4-5        | 3,25                            | 3,9                 | 0,65           | -       | 0,7                              | 2 насоса                            |
| 5-6        | 3,4                             | 3,9                 | 0,5            | -       | 1,2                              | То же                               |
| 6-7        | 3,85                            | 3,9                 | 0,05           | -       | 1,25                             | “                                   |
| 7-8        | 4,45                            | 3,9                 | -              | 0,55    | 0,7                              | “                                   |
| 8-9        | 5,2                             | 4,8                 | -              | 0,4     | 0,3                              | 3 насоса                            |
| 9-10       | 5,05                            | 4,8                 | -              | 0,25    | 0,05                             | То же                               |
| 10-11      | 4,85                            | 4,8                 | -              | 0,05    | 0                                | “                                   |
| 11-12      | 4,6                             | 4,8                 | 0,2            | -       | 0,2                              | “                                   |
| 12-13      | 4,6                             | 4,8                 | 0,2            | -       | 0,4                              | “                                   |
| 13-14      | 4,55                            | 4,8                 | 0,25           | -       | 0,65                             | “                                   |
| 14-15      | 4,75                            | 4,8                 | 0,05           | -       | 0,7                              | “                                   |
| 15-16      | 4,7                             | 4,8                 | 0,1            | -       | 0,8                              | “                                   |
| 16-17      | 4,65                            | 4,8                 | 0,15           | -       | 0,95                             | “                                   |
| 17-18      | 4,35                            | 4,8                 | 0,45           | -       | 1,4                              | “                                   |
| 18-19      | 4,4                             | 4,7                 | 0,3            | -       | 1,7                              | 2 нас. – 7 мин;<br>3 нас. – 53 мин  |
| 19-20      | 4,3                             | 3,9                 | -              | 0,4     | 1,3                              | 2 насоса                            |
| 20-21      | 4,3                             | 3,9                 | -              | 0,4     | 0,9                              | То же                               |
| 21-22      | 4,2                             | 3,9                 | -              | 0,3     | 0,6                              | “                                   |
| 22-23      | 3,75                            | 3,9                 | 0,15           | -       | 0,75                             | “                                   |
| 23-24      | 3,7                             | 2,95                | -              | 0,75    | 0                                | 2 нас. – 24 мин;<br>1 нас. – 36 мин |
| Итого:     | 100%                            | 100%                | 4,25%          | 4,25%   |                                  |                                     |

Примечания. 1. Время работы насосов в сутки: один насос работает 2,6 ч; два насоса – 10,6 ч; три насоса – 10,8 ч.

2. Цветом выделены максимальный час водопотребления и максимальный регулирующий объем бака.

## 9. ПОДБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ

Выбранные для привода насосов электрические двигатели рассчитаны на работу при напряжении  $U = 660$  В (в зависимости от марки электродвигателя), а напряжение в сети энергоснабжения  $U = 3000$  В. Следовательно, на насосной станции необходимо предусматривать установку понижающих трансформаторов.

Необходимая для работы электрического оборудования насосной станции мощность силовых трансформаторов  $S$ , кВт, определяется суммарной мощностью электродвигателей основной группы насосов, задвижек, подъемного оборудования, вспомогательных насосов и др., мощностью электроосветительных и электроотопительных устройств:

$$S = \frac{k_c \Sigma P_n}{\eta_{дв} \cdot \cos \alpha} + (10 \div 50),$$

где  $k_c$  - коэффициент загрузки двигателя, равный отношению мощности, потребляемой в данный момент, к номинальной мощности двигателя;  $k_c = 0,7 \div 1$ ;

$\Sigma P_n$  - номинальная (паспортная) мощность электродвигателей основных агрегатов (без резервных);

$\cos \alpha$  - коэффициент мощности электродвигателя;  $\cos \alpha = 0,92$ ;

10-50 кВт - нагрузка от вспомогательного оборудования;

$\eta_{дв}$  - КПД двигателя.

На насосной станции устанавливается четыре рабочих насосных агрегата (четыре электрических двигателя) и два таких же резервных (4 + 2 электрических двигателя).

Номинальная мощность каждого электродвигателя насосного агрегата  $P_n = 200$  кВт, тогда:

$$S = \frac{0,8 \cdot 4 \cdot 200}{0,95 \cdot 0,92} + 50 = 782,2 \text{ кВА.}$$

При прямом пуске электрического двигателя величина пускового тока  $I$  возрастает в 4 – 5 раз. Очевидно, при пуске двигателя

пропорционально  $I$  увеличивается и потребляемая мощность  $P$ , так как  $P = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3}}{1000}$ . Поэтому при выборе мощности сило-

вого трансформатора насосной станции необходимо учитывать не только номинальные, но и пусковые нагрузки по  $P$ .

Как следует из паспортных данных выбранного насосного агрегата (см. рис. 4), мощность холостого хода его электродвигателя составляет  $N_0 \approx 70$  кВт, тогда  $N_{пуск} = N_0 \cdot 5 = 70 \cdot 5 = 350$  кВт.

Отечественной промышленностью выпускаются трансформаторы мощностью: 100, 180, 320, 420, 560, 750, 1000, 1800 кВА и т.д. На насосной станции необходимо установить трансформаторы с оптимальным использованием их мощности. Недогруженные трансформаторы снижают  $\cos \varphi$ . Режим работы насосной станции не равномерный, поэтому и мощность трансформаторов в течение суток будет востребована не одинаково. С учетом этой особенности и имеющегося ряда трансформаторов на насосной станции предусматривается установка трех трансформаторов мощностью  $320 \cdot 3 = 960$  кВА. Данный выбор обосновывается расчетами, которые приводятся ниже (табл. 12, 13). При максимальной нагрузке, т.е. при пуске одного двигателя и работе двух агрегатов;  $\Sigma N = 350 + 2 \cdot 200 = 750$  кВт, т.е.  $750 < 960 \Rightarrow$  условие запаса мощности трансформатора при запуске электрического двигателя выполняется. Кратковременная перегрузка трансформаторов не должна превышать 40%.

Т а б л и ц а 12

Расчетные параметры насосной станции

| Число рабочих насосов | Режим работы | Подача, л/с | Напор, м | Мощность $N = Q \cdot H \cdot \gamma / (102 \cdot \eta_n \cdot \eta_{дв})$ | $\eta_n$ | $\eta_{дв}$ |
|-----------------------|--------------|-------------|----------|----------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|
| 1                     | Норм.        | 280         | 45       | 201,3                                                                      | 0,66     | 0,93        |
| 2                     | То же        | 470         | 51       | 337,8                                                                      | 0,74     | 0,94        |
| 3                     | “            | 576         | 57       | 413,2                                                                      | 0,82     | 0,95        |
| 4                     | Пожар        | 745         | 54       | 512,6                                                                      | 0,81     | 0,95        |

Таблица 13

## Расчетные параметры мощности насосной станции

| Число рабочих двигателей | Режим работы | Продолжительность работы, ч | Мощность включенных трансф., кВА | Необходимая мощность, кВА     | % недогрузки, перегрузки     |
|--------------------------|--------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1                        | Норм.        | 2,6                         | 320<br>(320 · 2)                 | 201,3+50=251,3<br>(350+50)    | Недогр. 21%<br>(недогр.37%)  |
| 2                        | То же        | 10,6                        | 320 · 2                          | 337,8+50=387,8<br>(400+251,3) | Недогр. 39%<br>(перегр.1,7%) |
| 3                        | “            | 10,8                        | 320 · 2<br>(320 · 3)             | 413,2+50=463,2<br>(400+387,8) | Недогр. 27%<br>(недогр.18%)  |
| 4                        | Пожар        | 3                           | 320 · 2<br>(320 · 3)             | 512,6+50=562,6<br>(400+463,2) | Недогр. 12%<br>(недогр. 10%) |

Установленная на насосной станции суммарная мощность трансформаторов несколько больше расчетной 782,2 кВА < 960 кВА, так как предварительные оценки выполнялись для рабочих режимов работы насосной станции и не учитывались нагрузки трансформаторов при запуске электрических двигателей.

При выходе из строя одного из трансформаторов нагрузка других не превысит номинальных пределов: 562,6 кВА < 640 кВА (допускается перегрузка до 40%)

# 10. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

КПД станции определяется по формуле

$$\eta_{н.ст} = \frac{Q_1 \cdot H_1 \cdot T_1 + Q_2 \cdot H_2 \cdot T_2 + Q_3 \cdot H_3 \cdot T_3}{\frac{Q_1 \cdot H_1 \cdot T_1}{\eta_n \cdot \eta_{дв}} + \frac{Q_2 \cdot H_2 \cdot T_2}{\eta_n \cdot \eta_{дв}} + \frac{Q_3 \cdot H_3 \cdot T_3}{\eta_n \cdot \eta_{дв}}}$$

После подстановки известных величин в формулу (см. рис. 5, табл. 12, 13) получаем

$$\eta_{н.ст} = \frac{(280 \cdot 45 \cdot 2,6) + (470 \cdot 51 \cdot 10,6) + (576 \cdot 57 \cdot 10,8)}{(280 \cdot 45 \cdot 2,6) \cdot 0,66 \cdot 0,93 + (470 \cdot 51 \cdot 10,6) \cdot 0,74 \cdot 0,94 + (576 \cdot 57 \cdot 10,8) \cdot 0,82 \cdot 0,95} = 0,73.$$

Расход энергии рабочими насосами в сутки составляет

$$A_{факт} = \frac{Q_1 \cdot H_1 \cdot T_1}{102 \cdot \eta_n \cdot \eta_{дв}} + \frac{Q_2 \cdot H_2 \cdot T_2}{102 \cdot \eta_n \cdot \eta_{дв}} + \frac{Q_3 \cdot H_3 \cdot T_3}{102 \cdot \eta_n \cdot \eta_{дв}} = 8566,9 \text{ кВт.}$$

Если бы все установленные насосы работали в оптимальном режиме в течение всех 24 часов в сутки, то было бы израсходовано энергии

$$A_{опт} = \frac{24 \cdot m \cdot Q_{опт} \cdot H_{опт}}{102 \cdot \eta_{max} \cdot \eta_{дв}} = \frac{24 \cdot 4 \cdot 200 \cdot 57}{102 \cdot 0,8 \cdot 0,94} = 14267,8 \text{ кВт.}$$

где m - число установленных рабочих насосов;

$Q_{опт}$  - подача каждого насоса при оптимальной работе, т.е. при максимальном значении КПД, л/с,

$$Q_{опт} = 200 \text{ л/с}; H_{опт} = 57 \text{ м}; \eta_{max} = 0,8 - \text{по графику рис. 4.}$$

Коэффициент полезного использования установленной мощности

$$\eta_{исп} = \frac{A_{факт}}{A_{опт}} = \frac{8566,9}{14267,8} = 0,6.$$

Удельная норма затрат энергии, отнесенная к 1000 тм полезной работы, определяется по формуле

$$Y_{1000} = 2,72 / \eta_{н.ст} = 2,72 / 0,73 = 3,73 \text{ кВт.}$$

## 11. ВЫБОР ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Вид подъемно-транспортного оборудования принимается в зависимости от массы монтируемых агрегатов и габаритов здания насосной станции с учетом удобств эксплуатации: балки неподвижные (монорельсы) с кошками и талями при массе груза до 1000 кг, краны подвесные (кран-балки) - при массе груза до 5000 кг, краны мостовые при массе груза более 5000 кг.

На проектируемой насосной станции максимальный перемещаемый груз имеет массу 2075 кг. По этой причине на насосной станции предусматривается кран подвесной грузоподъемностью до 5 т для монтажа и ремонта се насосных агрегатов и оборудования. Погрузка на автотранспорт, ремонт оборудования осуществляются на монтажной площадке. Въездные ворота на станцию принимаются стандартные, размером 3х3,6 м, с учетом габаритов автотранспорта и перемещаемого груза.

## 12. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

К вспомогательным системам насосной станции относятся: система технического водоснабжения, дренажная система, система маслоснабжения.

Система технического водоснабжения на насосной станции проектируется для целей санитарной очистки оборудования и помещений, а также для охлаждения узлов насосных и воздушных агрегатов. Вода на насосную станцию подводится из системы городского водоснабжения в бак с разрывом струи, а из бака вихревыми насосами марки ВК 1/16 вода подается на технологические нужды. Предусматриваются два насоса: один рабочий и один резервный.

Вода, поступающая на охлаждение, должна быть с жесткостью менее 3,56 мг-экв/л, рН = 6-9, с содержанием взвешенных веществ до 50 мг/л и температурой до 30°C.

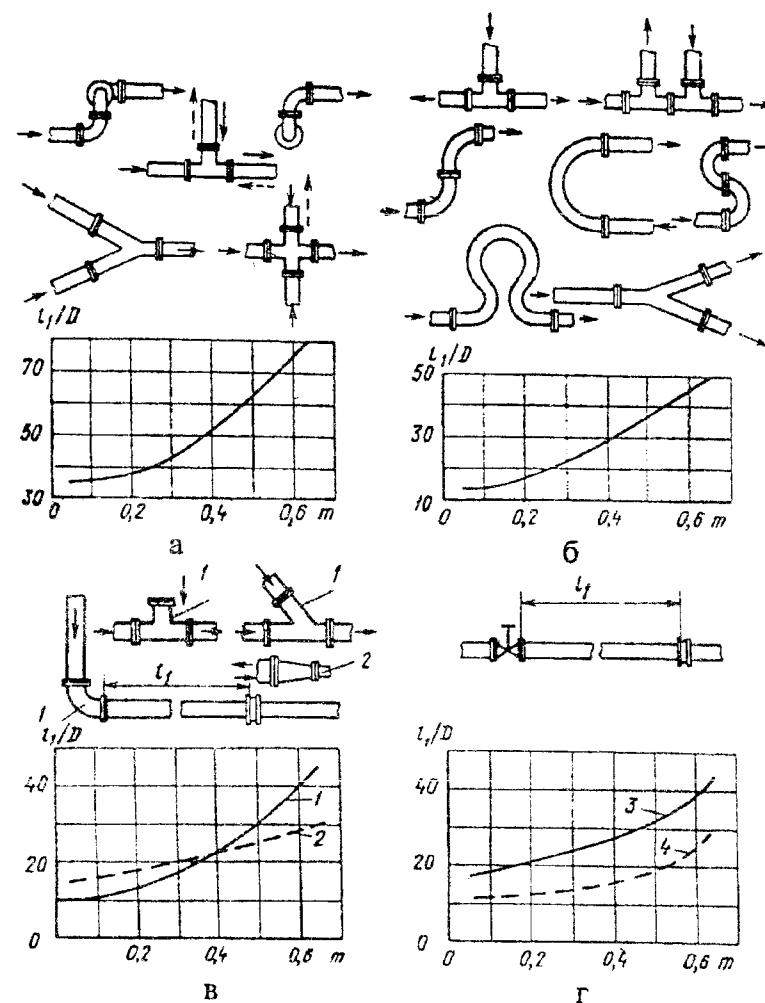


Рис. 6. Графики для определения необходимых длин прямых участков трубопроводов перед диафрагмами, соплами и соплами Вентури: а - прямые участки за местными сопротивлениями, создающими вихревое движение потока; б - то же за двойными поворотами потока; в - то же за местными сопротивлениями, не создающими вихревого движения потока, и за конически сходящимися патрубками; г - то же за полностью открытыми вентилями и задвижкой; 1, 2, 3, 4 - кривые соответственно для колен и тройников, переходов, вентиля и задвижки

Для отвода дренажных и промывных вод предусматривается уклон пола и лотков к приемке не менее  $i = 0,005$ . Вода отводится по дренажным лоткам в колодец, который устраивается под монтажной площадкой. Объем колодца принимается равным 15-минутной производительности одного насоса марки ГНОМ 10/10:  $Q = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 10 \text{ м}$ ,  $N = 1,1 \text{ кВт}$ .

На случай разрыва трубопровода в насосной станции отвод воды из машинного зала будет осуществляться по аварийному трубопроводу  $D = 500 \text{ мм}$ .

Постоянное количество масла под давлением подается к подшипникам, редукторам, соединительным муфтам насосов и воздушных нагнетателей. Масло охлаждается в маслоохладителе водой, подаваемой от системы технического водоснабжения. Для периодического удаления отработанного масла из баков маслоустановок и подачи чистого масла на насосной станции предусматривается вспомогательная маслосистема. Для подачи масла устанавливаются два шестеренных насоса марки НМШ-32-10-1-18/6,3-1.

### 13. ВЫБОР ВОДОМЕРОВ

Подача воды насосной станцией контролируется водомерами ультразвукового типа. Водомеры устанавливаются на каждом напорном водоводе в водомерных камерах на прямолинейных участках (длины участков до водомера  $L \geq 6 - 18D$  и после водомера  $L \geq 3 - 5 D$  назначаются заводом-изготовителем прибора либо по графикам рис. 6).

### 14. ВНУТРЕННИЕ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

На насосной станции предусматриваются: система хозяйственно-питьевая, объединенная с противопожарной, система вентиляции, система отопления, система бытовой канализации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основной

1. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений: Справочник монтажника / Под ред. А.С. Москвитина. М.: Стройиздат, 1980.
2. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. М.: Стройиздат, 1995.

### Дополнительный

- Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 1986.
- Николаев Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение. М.: Стройиздат, 1995.
- СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат, 1996.

## Приложение

### Коэффициенты часовой неравномерности

| Часы<br>суток                             | 1,25 | 1,3  | 1,35 | 1,37 | 1,38 | 1,39 | 1,4  | 1,41 | 1,42 | 1,43 | 1,44 |
|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-1                                       | 3,35 | 3,2  | 3    | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,3  | 3,3  | 3,3  | 3,3  | 3,3  |
| 1-2                                       | 3,25 | 3,25 | 3,2  | 3,03 | 3    | 2,95 | 2,93 | 2,9  | 2,8  | 2,7  | 2,6  |
| 2-3                                       | 3,3  | 2,9  | 2,5  | 3,03 | 3    | 2,95 | 2,93 | 2,9  | 2,8  | 2,7  | 2,6  |
| 3-4                                       | 3,2  | 2,9  | 2,6  | 3,03 | 3    | 2,95 | 2,93 | 2,9  | 2,8  | 2,7  | 2,6  |
| 4-5                                       | 3,25 | 3,35 | 3,5  | 3,03 | 3    | 2,95 | 2,93 | 2,9  | 2,8  | 2,7  | 2,6  |
| 5-6                                       | 3,4  | 3,75 | 4,1  | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,35 | 3,35 | 3,35 | 3,5  | 3,3  |
| 6-7                                       | 3,85 | 4,15 | 4,5  | 3,7  | 3,7  | 3,7  | 3,66 | 3,66 | 3,64 | 3,6  | 3,6  |
| 7-8                                       | 4,45 | 4,65 | 4,9  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  |
| 8-9                                       | 5,2  | 5,05 | 4,9  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 5    | 5    | 5    | 5,1  | 5,3  |
| 9-10                                      | 5,05 | 5,4  | 5,6  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 5    | 5    | 5    |
| 10-11                                     | 4,85 | 4,85 | 4,9  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 11-12                                     | 4,6  | 4,6  | 4,7  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 12-13                                     | 4,6  | 4,5  | 4,4  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 13-14                                     | 4,55 | 4,3  | 4,1  | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5,27 | 5,35 | 5,35 |
| 14-15                                     | 4,75 | 4,4  | 4,1  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 15-16                                     | 4,7  | 4,55 | 4,4  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 16-17                                     | 4,65 | 4,5  | 4,3  | 5,1  | 5,1  | 5,1  | 5,1  | 5,1  | 5,2  | 5,2  | 5,2  |
| 17-18                                     | 4,35 | 4,25 | 4,1  | 5,71 | 5,75 | 5,8  | 5,84 | 5,88 | 5,92 | 5,96 | 6    |
| 18-19                                     | 4,4  | 4,45 | 4,5  | 5,71 | 5,75 | 5,8  | 5,84 | 5,88 | 5,92 | 5,96 | 6    |
| 19-20                                     | 4,3  | 4,4  | 4,5  | 5,71 | 5,75 | 5,8  | 5,84 | 5,88 | 5,92 | 5,96 | 6    |
| 20-21                                     | 4,3  | 4,4  | 4,5  | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| 21-22                                     | 4,2  | 4,5  | 4,8  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 22-23                                     | 3,75 | 4,2  | 4,6  | 3,8  | 3,8  | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 |
| 23-24                                     | 3,7  | 3,5  | 3,3  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  |
|                                           | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| Q <sub>сут.</sub><br>л/сек.м <sup>3</sup> | 75   | 70   | 65   | 63   | 62   | 61   | 60   | 59   | 58   | 57   | 56   |

### Таблица III

водопотребления по часам суток

| K <sub>час</sub> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1,45             | 1,46 | 1,47 | 1,48 | 1,49 | 1,5  | 1,51 | 1,52 | 1,53 | 1,54 | 1,55 | 1,56 | 1,57 |
| 3,3              | 3,25 | 3,25 | 3,2  | 3,1  | 3,1  | 3,1  | 3    | 3    | 3    | 2,9  | 2,9  | 2,9  |
| 2,5              | 2,5  | 2,45 | 2,4  | 2,33 | 2,3  | 2,3  | 2,2  | 2,2  | 2,1  | 2    | 2    | 2    |
| 2,5              | 2,5  | 2,45 | 2,4  | 2,33 | 2,3  | 2,3  | 2,2  | 2,2  | 2,1  | 2    | 2    | 2    |
| 2,5              | 2,5  | 2,45 | 2,4  | 2,33 | 2,3  | 2,3  | 2,2  | 2,2  | 2,1  | 2    | 2    | 2    |
| 2,5              | 2,5  | 2,45 | 2,4  | 2,33 | 2,3  | 2,3  | 2,2  | 2,2  | 2,1  | 2    | 2    | 2    |
| 3,3              | 3,28 | 3,16 | 3,04 | 3    | 3    | 3    | 2,8  | 2,8  | 2,7  | 2,5  | 2,5  | 2,5  |
| 3,6              | 3,6  | 3,6  | 3,6  | 3,6  | 3,6  | 3,6  | 3,48 | 3,36 | 3,34 | 3,12 | 3    | 3    |
| 4,2              | 4,1  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 5,4              | 5,4  | 5,4  | 5,5  | 5,5  | 5,5  | 5,5  | 5,6  | 5,6  | 5,5  | 5,5  | 5,5  | 5,5  |
| 5                | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| 4                | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| 4                | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 4                | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 5,5              | 5,6  | 5,5  | 5,55 | 5,55 | 5,55 | 5,4  | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| 4                | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 4                | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4,5  | 5    | 5    | 5    |
| 5,2              | 5,2  | 5,4  | 5,5  | 5,5  | 5,5  | 5,5  | 5,5  | 5,5  | 5,5  | 5,8  | 5,8  | 5,8  |
| 6,05             | 6,09 | 6,13 | 6,17 | 6,21 | 6,25 | 6,3  | 6,34 | 6,38 | 6,42 | 6,46 | 6,5  | 6,55 |
| 6,05             | 6,09 | 6,13 | 6,17 | 6,21 | 6,25 | 6,3  | 6,34 | 6,38 | 6,42 | 6,46 | 6,5  | 6,55 |
| 6,05             | 6,09 | 6,13 | 6,17 | 6,21 | 6,25 | 6,3  | 6,34 | 6,38 | 6,42 | 6,46 | 6,5  | 6,55 |
| 5                | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| 4                | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 3,85             | 3,8  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 3,5              | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,65 |
| 100              | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 55               | 54   | 53   | 52   | 51   | 50   | 49   | 48   | 47   | 46   | 45   | 44   | 43   |

| Часы                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| суток                                   | 1,58 | 1,59 | 1,6  | 1,6  | 1,62 | 1,63 | 1,64 | 1,65 | 1,66 | 1,67 | 1,68 |
| 0-1                                     | 2,9  | 2,9  | 2,9  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,4  |
| 1-2                                     | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2,1  | 2,15 |
| 2-3                                     | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2,1  | 2,15 |
| 3-4                                     | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2,1  | 2,15 |
| 4-5                                     | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2,1  | 2,15 |
| 5-6                                     | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,4  | 2,4  | 2,4  | 2,4  | 2,4  | 2,4  |
| 6-7                                     | 3    | 3    | 3    | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4  |
| 7-8                                     | 4    | 4    | 4    | 3,95 | 3,93 | 3,93 | 3,92 | 3,9  | 3,8  | 3,8  | 3,8  |
| 8-9                                     | 5    | 5    | 5    | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,92 | 4,92 | 4,9  | 4,8  | 4,8  |
| 9-10                                    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4,9  | 4,9  | 4,92 | 4,92 | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
| 10-11                                   | 5    | 4,94 | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,92 | 4,94 | 4,94 | 4,82 | 4,8  |
| 11-12                                   | 4    | 4    | 3,9  | 3,9  | 3,9  | 3,9  | 3,85 | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  |
| 12-13                                   | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3,94 | 3,94 | 3,9  | 3,9  | 3,9  |
| 13-14                                   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4,95 | 5    | 5    | 4,9  | 4,9  |
| 14-15                                   | 4    | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,52 | 4,52 | 4,5  | 4,4  | 4,4  |
| 15-16                                   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4,95 | 4,95 | 4,95 | 4,95 | 4,9  |
| 16-17                                   | 5,8  | 5,8  | 5,8  | 5,8  | 5,8  | 5,8  | 5,82 | 5,8  | 5,85 | 5,85 | 4,8  |
| 17-18                                   | 6,59 | 6,62 | 6,66 | 6,71 | 6,75 | 6,79 | 6,83 | 6,87 | 6,92 | 6,96 | 7    |
| 18-19                                   | 6,59 | 6,62 | 6,66 | 6,7  | 6,75 | 6,79 | 6,83 | 6,87 | 6,92 | 6,96 | 7    |
| 19-20                                   | 6,59 | 6,62 | 6,66 | 6,71 | 6,75 | 6,79 | 6,83 | 6,87 | 6,92 | 6,96 | 7    |
| 20-21                                   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| 21-22                                   | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 22-23                                   | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3,95 | 3,95 | 3,9  | 3,9  |
| 23-24                                   | 3,53 | 3,5  | 3,52 | 3,52 | 3,52 | 3,5  | 3,5  | 3,45 | 3,45 | 3,4  | 3,3  |
|                                         | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| Q <sub>сут</sub><br>тыс. м <sup>3</sup> | 42   | 41   | 40   | 39   | 38   | 37   | 36   | 35   | 34   | 33   | 32   |

| K <sub>час</sub> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1,69             | 1,7  | 1,71 | 1,72 | 1,73 | 1,74 | 1,75 | 1,76 | 1,77 | 1,78 | 1,79 | 1,8  |
| 2,4              | 2,4  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,5  | 2,4  | 2,4  | 2,28 | 2,2  | 2,2  |
| 2,2              | 2,2  | 2,25 | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2,12 | 2,14 |
| 2,2              | 2,2  | 2,25 | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2,12 | 2,14 |
| 2,2              | 2,2  | 2,25 | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2,12 | 2,14 |
| 2,2              | 2,2  | 2,25 | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2,12 | 2,14 |
| 2,3              | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,3  | 2,4  | 2,32 |
| 3,4              | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,3  | 3,3  | 3,3  | 3,3  | 3,2  | 3,2  |
| 3,8              | 3,8  | 3,7  | 3,7  | 3,7  | 3,7  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 4,8              | 4,8  | 4,7  | 4,7  | 4,6  | 4,6  | 4,6  | 4,6  | 4,6  | 4,6  | 4,6  | 4,6  |
| 4,9              | 4,9  | 4,9  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,7  | 4,7  | 4,4  | 4,4  |
| 4,8              | 4,8  | 4,7  | 4,7  | 4,7  | 4,7  | 4,3  | 4,3  | 4,3  | 4,3  | 4,3  | 4,3  |
| 3,8              | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 3,9              | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 4,4  | 4,4  | 4,4  | 4,4  | 4,7  | 4,7  |
| 4,9              | 4,9  | 4,9  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,5  | 4,5  |
| 4,4              | 4,4  | 4,3  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  |
| 4,9              | 4,9  | 4,86 | 4,82 | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,7  | 4,7  |
| 5,8              | 5,8  | 5,8  | 5,7  | 5,67 | 5,65 | 5,63 | 5,63 | 5,63 | 5,6  | 5,6  | 5,6  |
| 7,02             | 7,04 | 7,1  | 7,16 | 7,21 | 7,25 | 7,29 | 7,31 | 7,33 | 7,38 | 7,4  | 7,5  |
| 7,04             | 7,08 | 7,12 | 7,16 | 7,21 | 7,25 | 7,29 | 7,33 | 7,37 | 7,42 | 7,46 | 7,5  |
| 7,04             | 7,08 | 7,12 | 7,16 | 7,21 | 7,25 | 7,29 | 7,33 | 7,37 | 7,42 | 7,46 | 7,5  |
| 5                | 5    | 5    | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 5    | 5    |
| 4                | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4,1  | 4,12 |
| 3,8              | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  |
| 3,2              | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3    |
| 100              | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 31               | 30   | 29   | 28   | 27   | 26   | 25   | 24   | 23   | 22   | 21   | 20   |

| Часы                       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| суток                      | 1,81 | 1,82 | 1,83 | 1,84 | 1,85 | 1,86 | 1,87 | 1,88 | 1,89 | 1,9  | 1,91 |
| 0-1                        | 2,22 | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,4  | 2,4  | 2,4  | 2,5  | 2,5  | 2,2  | 2,2  |
| 1-2                        | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2' | 2,2  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2    | 2    | 2    |
| 2-3                        | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2    | 2    | 2    |
| 3-4                        | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,1  | 2,1  | 2,2  | 2,1  | 2    | 2    |
| 4-5                        | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,1  | 2,1  | 2,2  | 2,1  | 2    | 2    |
| 5-6                        | 2,3  | 2,3  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,1  | 2,1  | 2,2  | 2,2  | 2,5  | 2,5  |
| 6-7                        | 3,2  | 3,2  | 3,1  | 3,1  | 3,3  | 3,8  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 7-8                        | 4    | 4    | 5    | 5,5  | 5,5  | 6    | 6,2  | 6,4  | 6,6  | 6,8  | 6,9  |
| 8-9                        | 4,6  | 4,5  | 4    | 4    | 3,8  | 4,2  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 9-10                       | 4,4  | 4    | 3,8  | 3,7  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,4  |
| 10-11                      | 4,3  | 4    | 4    | 3,8  | 3,8  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  | 3,5  |
| 11-12                      | 4    | 4,3  | 4,2  | 4,4  | 4,4  | 4,4  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  |
| 12-13                      | 5    | 5,5  | 5,5  | 5    | 5    | 5,3  | 5,5  | 5,6  | 5,8  | 6    | 6,2  |
| 13-14                      | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 14-15                      | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,4  | 4    | 3,8  | 3,7  | 3,7  | 3,5  | 3,5  |
| 15-16                      | 4,7  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,3  | 4,2  | 4,1  | 4    |
| 16-17                      | 5    | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,7  | 4,7  | 4,7  | 4,7  | 4,6  |
| 17-18                      | 5,6  | 5,4  | 5,4  | 5,4  | 5,4  | 5,4  | 5,4  | 5    | 5    | 5    | 5    |
| 18-19                      | 7,54 | 7,58 | 7,62 | 7,67 | 7,71 | 7,75 | 7,79 | 7,83 | 7,87 | 7,92 | 7,96 |
| 19-20                      | 7,54 | 7,58 | 7,62 | 7,67 | 7,71 | 7,75 | 7,79 | 7,83 | 7,87 | 7,92 | 7,96 |
| 20-21                      | 7    | 7,58 | 7,6  | 7,6  | 7,62 | 7,64 | 7,62 | 7,64 | 7,66 | 7,66 | 7,68 |
| 21-22                      | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4,2  | 4,2  |
| 22-23                      | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  |
| 23-24                      | 4    | 2,96 | 2,86 | 2,86 | 2,86 | 2,76 | 2,8  | 2,7  | 2,7  | 2,5  | 2,4  |
|                            | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| Qсут<br>тыс.м <sup>3</sup> | 19   | 18   | 17   | 16   | 15   | 14   | 13   | 12   | 11   | 10   | 9    |

| K <sub>час</sub> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1,92             | 1,93 | 1,94 | 1,95 | 1,96 | 1,97 | 1,98 | 1,99 | 2    | 2,01 | 2,02 |
| 2,1              | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 1,9  | 1,88 | 1,92 |
| 2                | 2    | 2    | 1,9  | 1,9  | 1,8  | 1,8  | 1,9  | 1,9  | 1,88 | 1,86 |
| 2                | 2    | 2    | 1,9  | 1,9  | 1,8  | 1,8  | 1,9  | 1,9  | 1,88 | 1,86 |
| 2                | 2    | 2    | 1,9  | 1,9  | 1,8  | 1,8  | 1,9  | 1,9  | 1,88 | 1,86 |
| 2                | 2    | 2    | 1,9  | 1,9  | 1,8  | 1,8  | 1,9  | 1,9  | 1,88 | 1,86 |
| 2,3              | 2,2  | 2,2  | 2,5  | 2,3  | 2,3  | 2,2  | 2    | 2    | 2    | 1,9  |
| 4                | 3,9  | 3,8  | 3,7  | 3,6  | 3,6  | 3,5  | 3,3  | 3,4  | 3,4  | 3,4  |
| 7                | 7    | 7,2  | 7,4  | 7,5  | 7,5  | 7,6  | 7,5  | 7,4  | 7,4  | 7,5  |
| 4                | 4    | 4    | 4    | 4    | 4,3  | 4,3  | 4,3  | 4,3  | 4,3  | 4,3  |
| 3,4              | 3,4  | 3,3  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  |
| 3,5              | 3,4  | 3,3  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  |
| 4,2              | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  |
| 6,4              | 6,6  | 6,8  | 7    | 7,2  | 7,4  | 7,6  | 7,8  | 7,9  | 7,84 | 7,7  |
| 4                | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| 3,5              | 3,5  | 3,4  | 3,4  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  | 3,2  |
| 4                | 4    | 4    | 4    | 4    | 3,8  | 3,6  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4  |
| 4,4              | 4,4  | 4,4  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  | 4,2  |
| 5                | 5,4  | 5,4  | 5,6  | 5,6  | 5,6  | 5,6  | 5,6  | 5,7  | 5,7  | 5,7  |
| 8                | 8,04 | 8,08 | 8,12 | 8,17 | 8,21 | 8,25 | 8,29 | 8,33 | 8,38 | 8,42 |
| 8                | 8,04 | 8,08 | 8,12 | 8,17 | 8,21 | 8,25 | 8,2  | 8,33 | 8,38 | 8,42 |
| 7,7              | 7,72 | 7,74 | 7,76 | 7,86 | 7,88 | 7,9  | 7,92 | 7,94 | 8    | 8,1  |
| 4,4              | 4,4  | 4,4  | 4,4  | 4,4  | 4,4  | 4,4  | 4,4  | 4,3  | 4,3  | 4,3  |
| 3,8              | 3,6  | 3,5  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,3  | 3,3  | 3,3  |
| 2,3              | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  | 2,2  |
| 100              | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| 8                | 7    | 6    | 5    | 4,5  | 4    | 3,5  | 3    | 2,5  | 2,4  | 2,3  |

Таблица П2

Предельные экономические расходы, л/с

| Условный диаметр труб, мм | Экономический фактор |               |               |               |               |               |
|---------------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                           | Э = 0,5              |               | Э = 0,75      |               | Э = 1         |               |
|                           | Трубы                |               |               |               |               |               |
|                           | сталь-<br>ные        | чугун-<br>ные | сталь-<br>ные | чугун-<br>ные | сталь-<br>ные | чугун-<br>ные |
| 150                       | 25                   | 28,3          | 21,8          | 25,3          | 19,8          | 22,4          |
| 175                       | 33,4                 | -             | 29,2          | -             | 26,5          | -             |
| 200                       | 53                   | 51,2          | 46            | 45,8          | 42            | 40,6          |
| 250                       | 82                   | 82,2          | 71            | 73,5          | 65            | 65,3          |
| 300                       | 118                  | 121           | 103           | 108           | 93            | 96            |
| 350                       | 161                  | 167           | 140           | 149           | 128           | 132           |
| 400                       | 211                  | 220           | 184           | 197           | 167           | 175           |
| 450                       | 268                  | 286           | 234           | 254           | 213           | 227           |
| 500                       | 360                  | 394           | 315           | 352           | 286           | 313           |
| 600                       | 507                  | 581           | 443           | 518           | 402           | 461           |
| 700                       | 676                  | 808           | 591           | 722           | 537           | 642           |
| 800                       | 888                  | 1080          | 776           | 966           | 705           | 857           |
| 900                       | 1130                 | 1396          | 987           | 1250          | 897           | 1110          |
| 1000                      | 1528                 | 1930          | 1335          | 1725          | 1213          | 1532          |

Таблица П4

Поправочные коэффициенты К на скорость

| V, м/с | К     | V, м/с | К     | V, м/с | К     |
|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 0,5    | 1,115 | 1,7    | 0,928 | 3,6    | 0,855 |
| 0,55   | 1,098 | 1,8    | 0,922 | 3,8    | 0,85  |
| 0,6    | 1,082 | 1,9    | 0,916 | 4      | 0,846 |
| 0,65   | 1,069 | 2      | 0,91  | 4,2    | 0,843 |
| 0,7    | 1,056 | 2,1    | 0,905 | 4,4    | 0,84  |
| 0,75   | 1,045 | 2,2    | 0,9   | 4,6    | 0,836 |
| 0,8    | 1,034 | 2,3    | 0,895 | 4,8    | 0,834 |
| 0,85   | 1,025 | 2,4    | 0,891 | 5      | 0,831 |
| 0,9    | 1,016 | 2,5    | 0,887 | 5,5    | 0,825 |
| 1      | 1     | 2,6    | 0,883 | 6      | 0,82  |
| 1,1    | 0,986 | 2,7    | 0,88  | 6,5    | 0,815 |
| 1,2    | 0,974 | 2,8    | 0,876 | 7      | 0,811 |
| 1,3    | 0,963 | 2,9    | 0,873 | 7,5    | 0,808 |
| 1,4    | 0,953 | 3      | 0,87  | >7,8   | 0,806 |
| 1,5    | 0,944 | 3,2    | 0,864 |        |       |
| 1,6    | 0,944 | 3,4    | 0,859 |        |       |

Таблица П3

Удельные сопротивления А при V = 1 м/с

| Условный диаметр труб, мм | Трубы стальные | Трубы чугунные класса |          |
|---------------------------|----------------|-----------------------|----------|
|                           |                | ЛА                    | А        |
| 200                       | 6,048          | 5,101                 | -        |
| 250                       | 1,841          | 1,627                 | -        |
| 300                       | 0,7374         | 0,7925                | -        |
| 350                       | 0,3192         |                       | 0,3605   |
| 400                       | 0,1657         |                       | 0,1796   |
| 450                       | 0,08533        |                       | 0,09692  |
| 500                       | 0,04939        |                       | 0,05526  |
| 600                       | 0,01951        |                       | 0,02116  |
| 700                       | 0,009424       |                       | 0,009431 |
| 800                       | 0,004784       |                       | 0,004712 |
| 900                       | 0,002596       |                       | 0,002578 |
| 1000                      | 0,001503       |                       | 0,001484 |

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                            | 1  |
| 1. Исходные данные по объекту проектирования.....                                                                                        | 1  |
| 2. Расчетные расходы водопотребления.....                                                                                                | 3  |
| 3. Поддачи и количество насосов насосной станции, объем<br>регулирующей емкости водонапорной башни.....                                  | 5  |
| 4. Расчетный напор насосной станции.....                                                                                                 | 10 |
| 5. Предварительный подбор насосов и электрических<br>двигателей.....                                                                     | 15 |
| 6. Оценки энергетических параметров насосов, водоводов и<br>графические построения их характеристик при расчетных<br>режимах работы..... | 18 |
| 7. Оценка обеспечения подачи воды потребителям на 1-ю<br>очередь строительства системы водоснабжения и при аварии<br>на водоводах.....   | 24 |
| 8. Уточнение режима работы насосной станции при выбранных<br>марках насосов.....                                                         | 26 |
| 9. Подбор трансформаторов.....                                                                                                           | 28 |
| 10. Техничко-экономические показатели работы насосной<br>станции.....                                                                    | 30 |
| 11. Выбор подъемно-транспортного оборудования насосной<br>станции.....                                                                   | 32 |
| 12. Вспомогательные системы насосной станции.....                                                                                        | 32 |
| 13. Выбор водомеров.....                                                                                                                 | 34 |
| 14. Внутренние санитарно-технические системы.....                                                                                        | 34 |
| Библиографический список.....                                                                                                            | 35 |
| Приложение.....                                                                                                                          | 36 |

### НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ 2-го ПОДЪЕМА СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Методические указания для студентов  
специальности 2908 "Водоснабжение и водоотведение"

Редактор *А.К. Смирнова*

Технический редактор *С.М. Сивоконева*

Корректор *В.К. Цупрова*

Компьютерная правка и верстка *О.В. Суховой*

Лицензия ИР № 020675 от 09.12.1997 г.

|                                  |                   |                  |
|----------------------------------|-------------------|------------------|
| Подписано в печать 30.08.2005 г. | Формат 60×84 1/16 | Печать офсетная  |
| Изд. №                           | Объем 3 п.л.      | Т. 200           |
|                                  |                   | Заказ <i>144</i> |

Московский государственный строительный университет  
Типография МГСУ, 129337, Москва, Ярославское ш., 26