

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 25.09.2022 16:36:25  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра Теплогазоводоснабжения



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2017 г.

## НАСОСНЫЕ И ВОЗДУХОДУВНЫЕ СТАНЦИИ

Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов направления подготовки «Строительство» 08.03.01  
профиль «Водоснабжение и водоотведение»

Курск 2017

УДК 621.(671.2)

Составитель В.А. Морозов

Рецензент:

Доктор технических наук, профессор *Н. С. Кобелев*

**Насосные и воздухоудувные станции** : методические рекомендации к практическим занятиям для студентов направления подготовки «Строительство» 08.03.01/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост. В. А. Морозов. – Курск, 2017. 42 с.: ил. 14, табл. 8. – Библиогр.: с. 42.

Содержит основные сведения по работе насосных и воздухоудувных станций, даны рекомендации по расчету и выбору оборудования.

Методические рекомендации соответствуют требованиям учебного плана направления подготовки «Строительство» 08.03.01.

Предназначены для студентов направления подготовки «Строительство» 08.03.01 профиль «Водоснабжение и водоотведение» очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать **19.05.2017.** Формат *60x84 1/16*.  
Усл. печ. л. 2,2 . Уч-изд. л. 1,9. Тираж 100 экз. Заказ 1118 . Бесплатно  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

## Оглавление

1. Определение отметки оси насоса.....	4
2. Расчет совместной работы насосов и водопроводов.....	6
3. Расчет подачи и напора, развиваемых насосами станции первого подъема.....	12
4. Расчет пожарного режима работы насосной станции.....	17
5. Расчет воздуходувной станции.....	21
6. Расчет, особенности проектирования насосных станций.....	27
Библиографический список.....	42

## 1. Определение отметки оси насоса

Нормами рекомендуется устанавливать насосы в насосных станциях водоотведения под залив. Это облегчает запуск насосов и упрощает схему автоматизации насосной станции. Для этого корпуса насосов располагают на 0,3— 0,4 м ниже отметки уровня жидкости в приемном резервуаре, при котором включается в работу первый насос.

Включение насосов проектируется автоматическим в зависимости от притока сточной жидкости. Если после включения одного (первого) насоса уровень воды в резервуаре повышается, включается второй насос.

Уровни включения и отключения первого, второго и п-го насосов (ступеней) располагаются на 0,2 м один выше другого (рис.1).

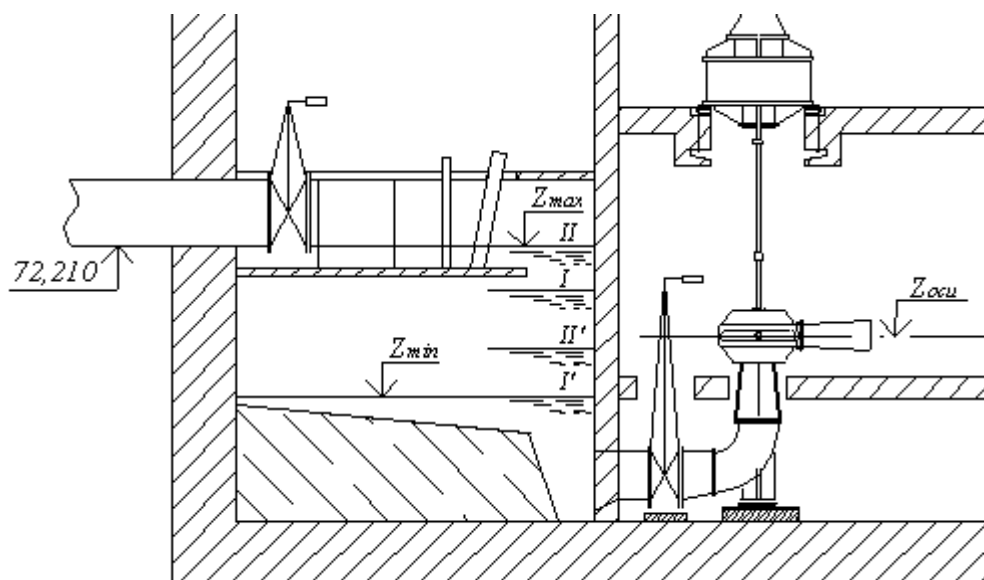


Рис.1 Схема к определению оси насоса.

Таким образом, минимальный уровень воды в приемном резервуаре при включении насосов:

$$Z_{\text{вкл}} = Z_{\text{тах}} - 0,2 (n - 1) \quad (1)$$

где  $Z_{\text{вкл}}$  — отметка включения в работу первой ступени откачки;

$Z_{\text{тах}}$  — отметка максимального уровня воды в приемном резервуаре (принимается равной отметке лотка подводящего коллектора);

$n$  — число рабочих насосов.

$$Z_{\text{вкл}} = 72,21 - 0,2 (2 - 1) = 72,01 \text{ м}$$

Отметка оси насоса определяется по формуле:

$$Z_{\text{оси}} = Z_{\text{вкл}} - 0,4 = 72,01 - 0,4 = 71,61 \text{ м} \quad (2)$$

Минимальную отметку уровня сточных вод принимаем на 2,5 м ниже максимального уровня:

$$Z_{\min} = 72,21 - 2,5 = 69,71 \text{ м} \quad (3)$$

При этом геометрическая высота всасывания при  $Z_{\min}$  не должна превышать геометрическую высоту всасывания.

Геометрическая высота всасывания определяется по формуле [м]:

$$H_{\text{вс}} = \frac{P_a}{\rho g} - \frac{P_n}{\rho g} - \sum h_{\text{вс}} - \Delta h_d \quad (4)$$

где  $\frac{P_a}{\rho g}$  – барометрический напор в данной местности, при н.у. равен 10 м.вод.ст.

$\frac{P_n}{\rho g}$  – напор паров жидкости в корпусе насоса, при  $t = 20^\circ\text{C}$  равен 0,24 м.вод.ст.

$\Delta h_d$  – допустимый кавитационный запас, принимаем максимальным по графику для рассматриваемой режимной точки.

$\sum h_{\text{вс}}$  – потери напора во всасывающей линии. Относим всасывающую линию к коротким трубопроводам, т.е. линейными потерями напора пренебрегаем:  $\sum h_{\text{вс}} \approx h_{\text{вс}}^*$

Местные потери напора определяем по формуле:

$$h_{\text{вс}}^* = \sum \xi \cdot \frac{U^2}{2g} \quad (5)$$

где  $U$  – средняя скорость потока сточных вод во всасывающем трубопроводе;

$\sum \xi$  – суммарный коэффициент местных потерь:

$$\sum \xi = \xi_{\text{воронка}} + \xi_{\text{колесо}} + \xi_{\text{заде}} + \xi_{\text{переход}} + \xi_{\text{труба}} \quad (6)$$

$$\xi_{\text{воронка}} = 0,1 \div 0,2; \quad \xi_{\text{колесо}} = 0,5 \div 0,6; \quad \xi_{\text{заде}} = 0,5 \div 1; \quad \xi_{\text{переход}} = 0,1; \quad \xi_{\text{труба}} = 0,5$$

$$\sum \xi = 1,7 \div 2,4, \text{ принимаем } \sum \xi = 2$$

$$h_{\text{вс}}^* = 2 \cdot \frac{1,214^2}{2 \cdot 9,81} = 0,15 \text{ м}$$

$$H_{\text{вс}} = 10 - 0,24 - 0,15 - 6,5 = 3,11 \text{ м} > Z_{\text{оси}} - Z_{\min} = 71,61 - 69,71 = 1,9 \text{ м}$$

– кавитации не возникнет.

## 2. Графоаналитический расчет совместной работы насосов и водопроводов.

Цель графоаналитического расчета - установление расчетных значений подачи насоса, его напора, потребляемой мощности и коэффициента полезного действия при различных режимах работы насосной станции. Режим работы насосов определяется точкой пересечения характеристики Q-Н насосов с характеристикой трубопроводов. Для этого, чтобы построить суммарную характеристику двух насосов при параллельной работе, необходимо удвоить абсциссы кривой Q-Н одного насоса при одинаковых ординатах (напорах).

При построении графической характеристики трубопровода удобно пользоваться уравнением полного напора в сети:

$$H = H_{ст} + S h_{л} \quad \text{Где}$$

$$S h_{л} = S \cdot Q_{л}^2$$

S – коэффициент сопротивления системы трубопроводов;

Тогда для построения характеристики трубопровода будем использовать уравнение следующего вида:

$$H = H_{ст} + S Q^2$$

$H_{ст} = 42\text{м}$  -статический напор, м.

Определим коэф-ты сопротивления сети :

$$S = \frac{S h_{л}}{Q_{л}^2}$$

- для всасывающей линии

$$S_{вс} = \frac{h_{вс}}{Q_{н}^2} = \frac{0,11}{0,45^2} = 0,54 \frac{с^2}{м^5}$$

- для напорно-соединительной линии

$$S_{нс} = \frac{h_{нс}}{Q_{н}^2} = \frac{0,53}{0,45^2} = 2,61 \frac{с^2}{м^5}$$

- для напорной линии

$$S_{\text{млп}} = \frac{h_{\text{н}}}{Q_{\text{в}}^2} = \frac{4,18}{0,4^2} = 26,125 \frac{\text{с}^2}{\text{м}^5}$$

$$S_{\text{с}} = \frac{h_{\text{с}}}{Q_{\text{нс}}^2} = \frac{6,3}{0,8^2} = 8,86 \frac{\text{с}^2}{\text{м}^5}$$

- для разводящей сети

Сопротивление системы трубопроводов определяется для основных режимов работы насосной станции для которых определяется  $S_{\text{сум}}$  по формуле:

$$S_{\text{сум}} = \sum \frac{S_i}{n_i^2}$$

Основными режимами являются следующие:

1). Подача воды одним насосом по одному напорному водоводу:

$$Q_1 - H_1$$

$$S = \frac{S_{\text{вс}}}{1^2} + \frac{S_{\text{нс}}}{1^2} + \frac{S_{\text{млп}}}{1^2} + S_{\text{сети}} = 0,54 + 2,61 + 26,125 + 9,84 = 39,115 \frac{\text{с}^2}{\text{м}^5}$$

2). Подача воды двумя насосами по одному напорному водоводу:

$$Q_2 - H_1$$

$$S = \frac{S_{\text{вс}}}{2^2} + \frac{S_{\text{нс}}}{2^2} + \frac{S_{\text{млп}}}{1^2} + S_{\text{сети}} = \frac{0,54}{4} + \frac{2,61}{4} + 26,125 + 9,84 = 36,88 \frac{\text{с}^2}{\text{м}^5}$$

3). Подача воды одним насосом по двум напорным водоводам:

$$Q_1 - H_2$$

$$S = \frac{S_{\text{вс}}}{1^2} + \frac{S_{\text{нс}}}{1^2} + \frac{S_{\text{млп}}}{2^2} + S_{\text{сети}} = 0,54 + 2,61 + \frac{26,125}{4} + 9,84 = 19,52 \frac{\text{с}^2}{\text{м}^5}$$

4). Подача воды двумя насосами по двум напорным водоводам:

$$Q_2 - H_2$$

$$S = \frac{S_{\text{вс}}}{2^2} + \frac{S_{\text{нс}}}{2^2} + \frac{S_{\text{млп}}}{2^2} + S_{\text{сети}} = \frac{0,54}{4} + \frac{2,61}{4} + \frac{26,125}{4} + 9,84 = 17,15 \frac{\text{с}^2}{\text{м}^5}$$

Определение координат для построения характеристики водовода будем вести в таблицах:





4. Таблица 4. Q2-H2

Q	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Q <sup>2</sup>	0,00	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1,00
SQ <sup>2</sup>	0,00	0,17	0,69	1,54	2,74	4,29	6,17	8,40	10,98	13,89	17,15
H=H <sub>ст</sub> +S Q <sup>2</sup>	42,00	42,17	42,69	43,54	44,74	46,29	48,17	50,40	52,98	55,89	59,15
42,00	17,15										

Анализ работы насосной станции включает определение подачи насосов при различных вариантах их совместной работы с трубопроводами по результатам графоаналитического расчета. Подача станции при включении всех рабочих агрегатов должна быть равной или несколько большей расчетной максимальной подачи но не более 10%:

$$Q_{нс}^{зр} = 0,82 \frac{M^3}{c}$$

$$Q_{нс}^{расч} = 0,85 \frac{M^3}{c}$$

$$\frac{Q_{нс}^{зр} - Q_{нс}^{расч}}{Q_{нс}^{расч}} \cdot 100 = \frac{0,82 - 0,8}{0,89} \approx 10$$

Обточка рабочего колеса не требуется.

Расчёт аварийного режима:

Проектируемая станция имеет первую категорию надежности. В случае аварии она должна обеспечивать не менее 70 % расчетной подачи. Построим характеристику сети при аварии на одном из водоводов:

1. Определим коэффициент сопротивления сети при наличии одного подключения. При одном подключении:

$$S_{ав} = \frac{S_{вс}}{2^2} + \frac{S_{нс}}{2^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{млп}}{2^2} + \frac{1}{2} \cdot S_{млп} + S_c = \frac{0,54}{4} + \frac{2,61}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{26,125}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{26,125}{1} + 9,84 = 26,957 \frac{c^2}{M^5}$$

2. Определение координат для построения характеристики работы водовода при аварийном режиме будем вести в таблице:

Таблица 5.

Q	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Q <sup>2</sup>	0	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81
SQ <sup>2</sup>	0	0,27	1,08	2,43	4,31	6,74	9,70	13,21	17,25	21,84
$\frac{H=H_{ст}+}{SQ^2}$	<u>42</u>	42,27	43,08	44,43	46,31	48,74	51,70	55,21	59,25	63,84
42	26,95 7									

В случае аварии НС, которая принадлежит к 1-ой категории ответственности, должна обеспечивать не менее 70% расчётной подачи

$$Q_{авар} \geq 0,7 Q_{расч}$$

Из графика :  $Q_{авар} = 0,75 \frac{M^3}{с}$

$$Q_{нс}^{расч} = 0,8 \frac{M^3}{с}$$

Тогда  $\frac{Q_{авар}}{Q_{нс}} = 0,93 \geq 0,7$ , следовательно достаточно одного переключения.

Одной из самых распространенных задач в расчете гидросистем является подбор насоса. Как правило, исходными данными для подбора насоса являются требуемый расход и параметры сети. В результате первого этапа расчета Вы должны получить напор, который должен создавать насос для обеспечения требуемого расхода.

Напор, создаваемый насосом, будет определяться как разность напоров после и до насоса. Назовем этот напор потребным.

$$H_{потр.} = H_{нагн.} - H_{всас.}$$

Всасывающая и нагнетательная линии представляют собой простые трубопроводы. Как Вам уже известно, простые трубопроводы рассчитываются с использованием уравнения Бернулли. Для всасывающего

трубопровода выберем сечение, проходящее через поверхность жидкости и сечение трубопровода перед насосом. Полный напор для сечения перед насосом обозначим как  $H_{\text{всас}}$ . Тогда уравнение Бернулли будет записано как:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 * w_1^2}{2 * g} = H_{\text{всас}} + \Delta h_1$$

Если за плоскость отсчета принять уровень жидкости в питателе, учесть, что давление на поверхности равно атмосферному, а скорость на свободной поверхности равна 0, получим:

$$H_{\text{всас}} = \square h_1$$

Для нагнетательного трубопровода выберем расчетные сечения на выходе из насоса, напор в котором обозначим как  $H_{\text{нагн}}$ . И на выходе сечение, проходящее через свободную поверхность жидкости потребителя. Уравнение Бернулли для нагнетательного трубопровода будет выглядеть следующим образом:

$$H_{\text{нагн}} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 * w_2^2}{2 * g} + \Delta h_2$$

Учитывая, что  $z_2$  определяется высотой сечения над плоскостью отсчета и численно равно  $H_{\text{геометр.}}$ , а также равенство нулю давления над свободной поверхностью и скорости на поверхности, получим:

$$H_{\text{нагн}} = H_{\text{геометр.}} + \square h_2$$

В результате получим:

$$H_{\text{потр.}} = H_{\text{нагн.}} - H_{\text{всас.}} = H_{\text{геометр.}} + \square h_2 + \square h_1$$

Где  $\square h_2$  и  $\square h_1$  – потери напора на всасывающем и нагнетательном трубопроводах соответственно.

### 3. Расчет подачи и напора, развиваемых насосами станции первого подъема

Различают два основных случая работы насосов первого подъема: при подаче воды на очистные сооружения и непосредственно в сеть. Расчет подачи насоса. В том случае, когда насосная станция подает воду на очистные сооружения, ее работу рассчитывают на подачу среднего часового расхода в сутки с максимальным водопотреблением (с учетом расхода воды на собственные нужды очистных сооружений). Средняя подача станции  $Q_{\text{макс}}$ , м<sup>3</sup>/ч, составляет

$$Q_{\text{час}} = a S_{\text{макс.сут}} / T$$

где  $a$  — коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды очистных сооружений и равный 1,04—1,1, в зависимости от технологического режима очистки воды;  $S_{\text{макс.сут}}$  — максимальный расход воды за сутки, м<sup>3</sup>;  $T$  — число часов работы очистных сооружений (как правило,  $T=24$  ч).

Если в системе водоснабжения нет сооружений для обработки воды (например, при использовании источников подземных вод), а насосы первого подъема подают воду в сборный резервуар, то общую подачу насосов первого подъема  $Q_{\text{макс}}$ , м<sup>3</sup>/ч, определяют по формуле

$$Q_{\text{час}} = a' S_{\text{макс.сут}} / 24$$

где  $a'$  — коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды водопровода и равный 1,01—1,03.

Подачу насосов первого подъема, перекачивающих воду непосредственно в сеть потребления, устанавливают так же, как и подачу насосов второго подъема.

При обслуживании насосами оборотных систем водоснабжения (без предварительной обработки воды) подачу насосов первого подъема принимают равной среднему часовому расходу свежей (добавочной) воды в сутки с максимальным водопотреблением.

**Расчет напора, развиваемого насосами.** Напор, который должны развивать насосы первого подъема, рассчитывают конкретно для данной схемы размещения насосной станции в системе водоснабжения. Если насосная станция первого подъема подает воду на очистные сооружения или в резервуар оборотной системы водоснабжения, то полный напор, который

должны развивать насосы, определяют по формуле:

$$H = H_r + h_B + h_H,$$

где  $H_r$  — геометрическая высота подъема, равная разности отметок наивысшего уровня воды в приемном резервуаре и наинизшего горизонта воды в водоприемнике;  $h_B$  и  $h_H$  — потери напора во всасывающем и нагнетательном трубопроводах соответственно.

В тех случаях, когда насосы первого подъема подают воду непосредственно в сеть, полный напор определяют по формуле:

$$H = H_r + H_{CB} + \sum h_H + h_B,$$

где  $H_r$  — геометрическая высота подъема, равная разности отметок расчетной (диктующей) точки сети и наинизшего горизонта воды в водоприемнике;  $H_{CB}$  — свободный напор, требуемый в расчетной точке водопроводной сети;  $\sum h_H$  — сумма потерь напора в водоводах и водопроводной сети (до расчетной точки);  $h_B$  — потери напора во всасывающем трубопроводе.

Значения  $H_r$  и  $H_{CB}$  принимают такими же, как и при расчете подачи насосных станций второго подъема (см. далее), по данным гидравлического расчета водопроводной сети, приведенного для невыгодного варианта распределения расходов в этой сети. Для построения характеристики сети необходимо иметь три — четыре значения  $\sum h_H$  (для максимального, наименьшего и промежуточного значений подачи воды насосной станцией). По этим значениям  $\sum h_H$  строят характеристику сети и, совмещая ее с характеристикой насосов, определяют основные параметры работы насосной станции.

Выбор насосных агрегатов осуществляется на основании требуемых подачи  $Q$  и напора  $H$ , устанавливаемых гидравлическим расчетом системы перекачиваемой жидкости, для которого требуется следующие исходные данные:

- расход воды (приток) в сутки максимального водопотребления (притока);
- расход (приток) воды в часы максимального, среднего и минимального водопотребления (притока) в сутки максимального водопотребления;
- расход воды на нужды пожаротушения;
- отметка расчетных уровней воды в источнике (река, резервуар и т.д.);

- отметки уровня воды в напорной емкости или у потребителя, в приемной камере или точке приема жидкости;

- гидравлическая характеристика  $H_{тр.}-Q$

На основании графика водопотребления (притока) устанавливается режим работы и подача насосной станции. Насосная станция должна подавать (или откачивать) за сутки полный расчетный суточный расход при обеспечении требуемой высоты подъема жидкости. Расчетная подача насосной станции определяется по суткам максимального водопотребления (или притока), в час максимального водопотребления или притока, в час максимального водопотребления - на основании сводной ведомости расхода воды потребителями в системе водоснабжения или принятого коэффициента неравномерности. Подача канализационных насосных станций характеризуется максимальным расчетным секундным расходом в подводящем коллекторе на участке, примыкающем к насосной станции.

При выборе режима работы насосных станций следует учитывать их назначение, место расположения в общей схеме системы водоснабжения или водоотведения, наличие и объем регулирующих емкостей и развития нВы выбрали более мощный насос, но каковы будут новые параметры работы установки с этим насосом? Для этой цели необходимо построить характеристику сети. Характеристика сети строится с использованием того же уравнения, что уже использовалось для расчета потребного напора. Особенность – задаются другие значения расходов. Сколько расходов, и какие значения принимать, должны решить Вы сами. Вы должны построить график зависимости потребного напора от расхода. Очевидно, что менее 3 точек быть не может. Остальное зависит от необходимой точности решения. В качестве примера, на выше приведенном графике выделены красным цветом расходы, которые принял бы автор кроме уже использованного в расчете заданного расхода. Выполнив расчеты и построив по полученным точкам характеристику сети мы можем графически решить систему уравнений: зависимость напора создаваемого насосом и зависимость потребного напора сети от расхода.

Таким образом, получено графическое решения этой системы уравнений. На пересечении характеристик найдена рабочая точка, соответствующая реальным параметрам сети при использовании выбранного насоса.

## **СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАСОСОВ.**

## **ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ.**

Иногда возникает необходимость совместной работы нескольких насосов одновременно. При этом возможны два способа их соединения: последовательное и параллельное.

### Параллельное соединение.

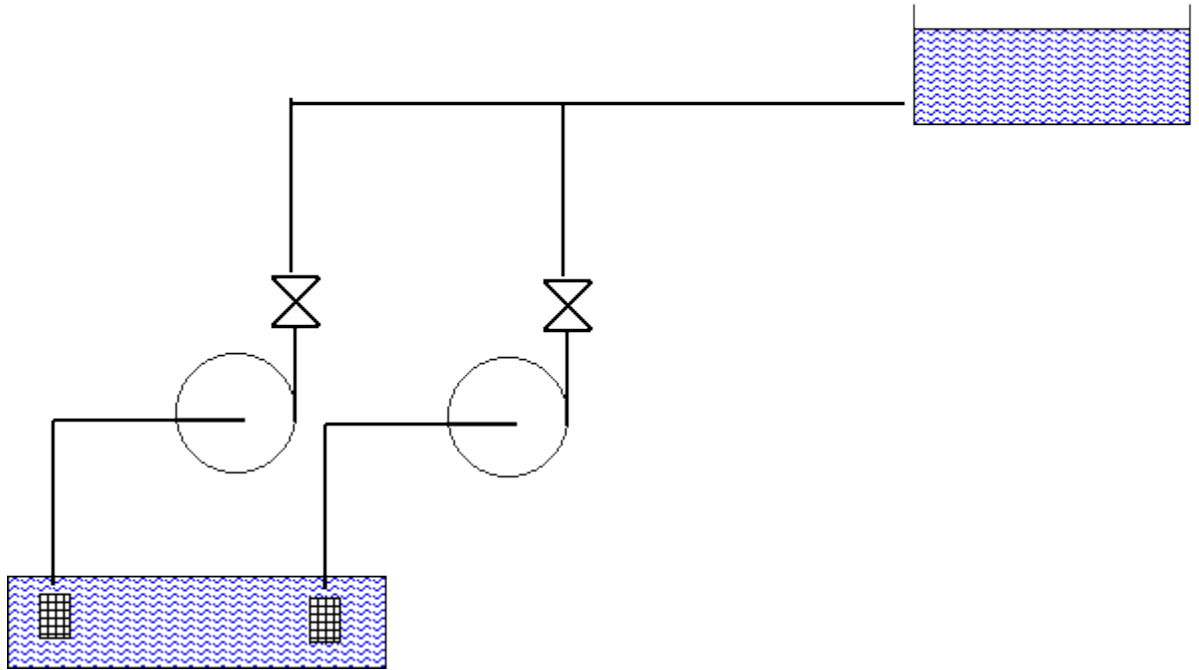


Рис. 2 Параллельная работа

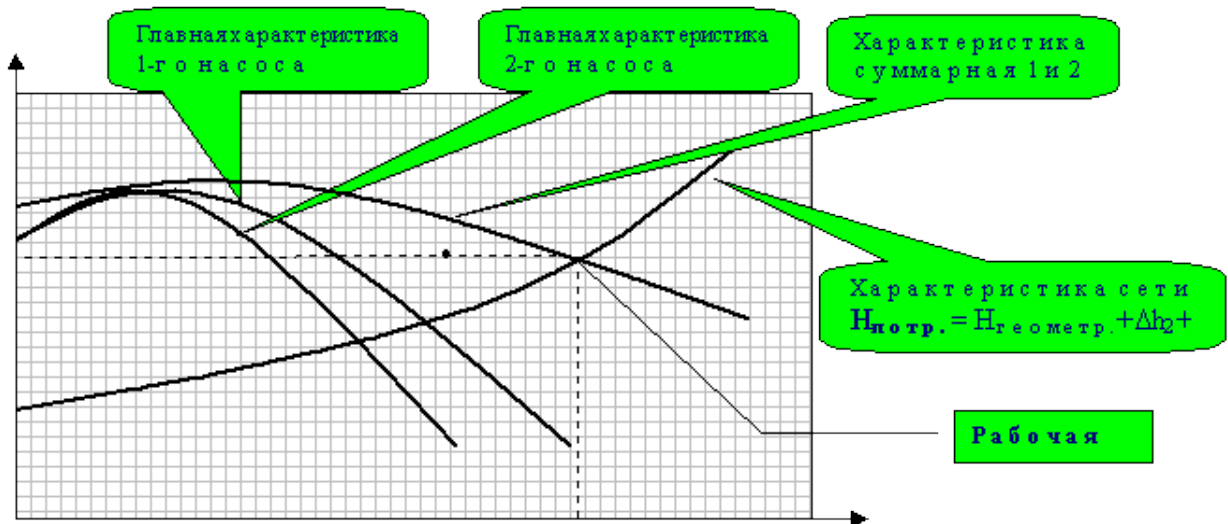


Рис.3

При параллельном соединении каждый из насосов создает одинаковый напор, т.к. напор, создаваемый насосом – это разность напоров на выходе и входе. Т.к. они у параллельно соединенных насосов совпадают

$$H_1 = H_2$$

Каждый из насосов подает определенное количество жидкости потребителю. Для потребителя расход насосной установки будет складываться из расходов насосов. Таким образом, получим:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

**Последовательное соединение.**

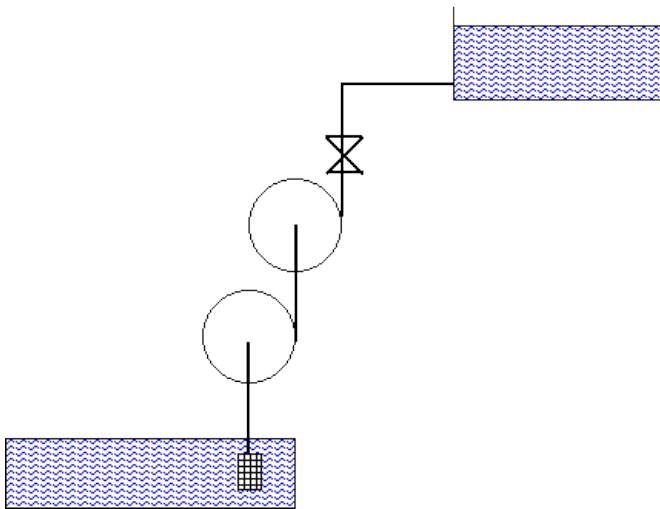


Рис.4 Последовательная работа

Иная зависимость характерна для последовательного соединения. При движении жидкости от питателя к потребителю, она последовательно проходит все насосы. При этом, каждый насос добавляет жидкости какое то количество энергии (напора). Суммарный напор насосной установки будет складываться из напоров, создаваемых насосами.

$$H = H_1 + H_2$$

Расходы, наоборот будут одинаковы.

$$Q_1 = Q_2$$

насосных станций.



#### 4.Расчёт пожарного режима работы насосной станции

Насосная станция 2-го подъема должна обеспечивать подачу воды на тушение пожаров в часы максимального водоразбора. Построим характеристику сети при пожаре:

$$H^n = H_{ст}^n + S^n Q_n^2$$

Статический напор в случае тушения пожара определяется по формуле:

$$H_{ст}^n = H_{г}^n + H_{св}^n$$

Где  $H_{г}^n$  - геометрическая высота подъема воды, равная разности геодезических отметок поверхности земли в диктующей точке (при пожаре) и дна резервуара чистой воды.

$$H_{г}^n = z_{д.м} - z_{дна рчв} = 190 - 165 = 25 \text{ м}$$

$H_{св}^n$  - свободный напор;  $H_{св}^n = 10$  м (для систем водоснабжения низкого давления)

$$\text{Тогда } H_{ст}^n = 27 + 10 = 37 \text{ м}$$

Сопротивление системы трубопроводов при пожаре:

$$S_{пож} = \frac{S_{вс}}{2^2} + \frac{S_{нс}}{2^2} + \frac{S_{млн}}{2^2} + S_c^n = \frac{0,54}{4} + \frac{2,61}{4} + \frac{26,125}{4} + 8,86 = 16,15 \frac{с^2}{м^5}$$

Где  $S_c^n$  - приведенное сопротивление водопроводной сети притушении пожара:

$$S_c^n = \frac{h_c^n}{Q_n^2} = \frac{h_c^n}{(Q_{нс} + n q_n)^2} = \frac{8,2}{(0,8 + 0,162)^2} = 8,86 \frac{с^2}{м^5}$$

где  $h_c^n$  - потери напора в водопроводной сети для расчетного случая тушения пожара,  $h_c^n = 8,3$  м;

$q_n$  - расход воды на тушение пожара,  $q_n = q_1 \cdot n = 54 \cdot 3 = 0,162 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$n$  - число пожаров,  $n = 3$

Таблица 6

Q	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

$Q^2$	0	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1,00
$SQ^2$	0	0,16	0,65	1,45	2,58	4,04	5,81	7,91	10,34	13,08	16,15
$\frac{H=H_{ст}+}{SQ^2}$	<u>37</u>	37,16	37,65	38,45	39,58	41,04	42,81	44,91	47,34	50,08	53,15
37	16,15										

Определение полного напора насосов. Подбор насосов и электродвигателей.

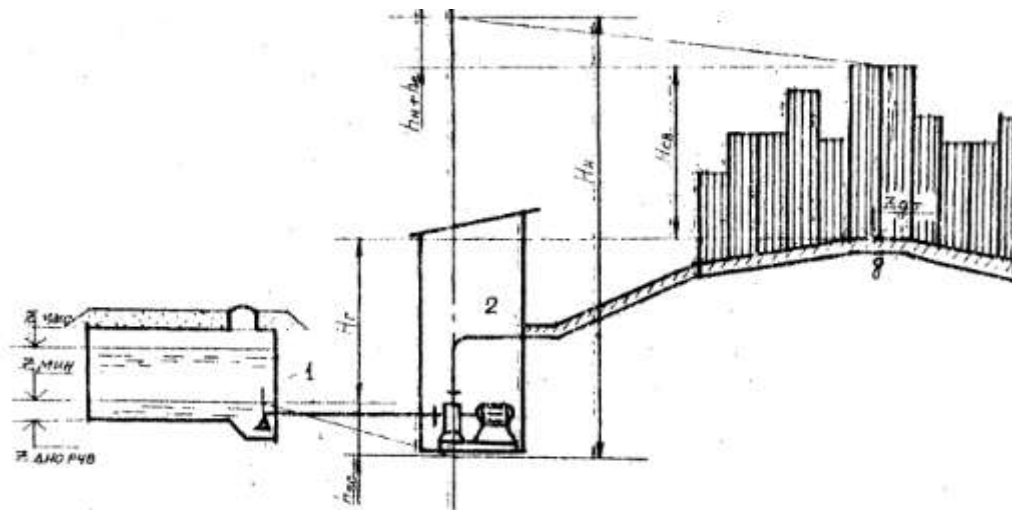


Рис.5Схема подачи воды насосами II подъема в сеть без башенной системы водоснабжения

В часы максимального водозабора НС должна создавать напор, величину которого принимаем по формуле :

$$H_n = H_{ст} + \sum h, \text{ м}$$

Где  $\sum h$  - потери напора, м

$H_{ст}$  - статический напор, который складывается из геометрической высоты подъема воды и свободного напора на излив:

$$H_{ст} = H_z + H_{св}$$

Где  $H_{св}$  - свободный напор, м ( $H_{св} = 17 \text{ м}$ )

$H_z$  - геометрическая высота подъёма воды, м

$$H_z = z_{\text{дт}} - z_{\text{лпн}}^{\text{РЧВ}}$$

Где  $z_{\text{дт}}$  - отметка поверхности земли в диктующей точке, м ( $z_{\text{дт}} = 190 \text{ м}$ )  $z_{\text{лпн}}^{\text{РЧВ}}$  - отметка минимального уровня воды в РЧВ, м ( $z_{\text{лпн}}^{\text{РЧВ}} = 165 \text{ м}$ )

Тогда

$$H_z = z_{\text{дт}} - z_{\text{лпн}}^{\text{РЧВ}} = 190 - 165 = 25 \text{ м}$$

Исходя из полученных данных :  $H_{\text{ст}} = H_z + H_{\text{св}} = 25 + 17 = 42 \text{ м}$

Найдём величины входящие в потери напора:

$$\Sigma h = h_{\text{вс}} + h_{\text{вс}} + h_{\text{н}} + h_{\text{с}}, \text{ м}$$

Где  $h_{\text{вс}}$  и  $h_{\text{вс}}$  - потери напора во всасывающих и внутростанционных трубопроводах, м;

Для первоначальных расчётов, потери на всасывающем и внутростанционном трубопроводах принимаем равными 2-2,5 м.

Принимаем  $h_{\text{вс}} + h_{\text{вс}} = 2,5 \text{ м}$

$h_{\text{н}}$  - потери напора в напорных водоводах, равные сумме местных потерь по длине, м

$h_{\text{с}} = 6,3 \text{ м}$  - потери в сети, принимаемая из задания

$$h_{\text{с}} = 6,3 \text{ м}$$

Потери в местных сопротивлениях напорных водоводов значительно ниже и принимаем местные потери равными 10% от потерь по длине, тогда :

$$h_{\text{н}} = h_{\text{дл}} + h_{\text{м}} = 1,1 \cdot i \cdot l = 1,1 \cdot 0,002 \cdot 1900 = 4,18 \text{ м}$$

$i$  - гидравлический уклон или потери на длину водовода (принимаем  $i = 0,002$  по таблицам Шевелёва для гидравлического расчёта напорных трубопроводов);

$l = 2000$  длина водоводов, м.

Тогда потери напора будут

$$\Sigma h = h_{\text{эс}} + h_{\text{нс}} + h_{\text{н}} + h_{\text{с}} = 2,5 + 4,18 + 6,3 = 12,98 \text{ м}$$

Исходя из всех полученных величин определяем полный напор станции:

$$H_{\text{н}} = H_{\text{см}} + \Sigma h = 42 + 12,98 = 54,98 \text{ м}$$

$Q_{\text{н}}$	0,45 м <sup>3</sup> /с
$H_{\text{н}}$	54,98 м

Тогда:

По свободному графику рабочих полей насоса подбираем к установке насос марки Д 1600-90,  $n=1450$  об/мин  $\eta_{\text{н}}=63\%$

Из каталога насосов определяем :

- диаметр всасывающего патрубка 400 мм
- диаметр напорного патрубка 350 мм
- диаметр рабочего колеса 458 мм.

Выбор марки электродвигателя зависит от мощности насоса, частоты вращения, компоновки агрегата, напряжения питающей сети, особенностей среды производственных помещений .

Мощность приводного двигателя насоса принимаем больше мощности, потребляемой насосом, на случай перегрузок от неучтенных условий работы

$$N_{\text{дв}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{\text{н}} \cdot H}{1000 \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{н}}} \cdot k = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,45 \cdot 54,98}{1000 \cdot 0,8 \cdot 0,63} \cdot 1,1 = 417,16 \text{ кВт}$$

$Q_{\text{н}}$  - производительность насоса;

$H$  - напор насоса;

$\eta_{\text{н}} = 0,63$  - КПД насоса;

$\eta_{\text{дв}} = 0,8$  - КПД двигателя;

$k$  - коэффициент запаса мощности, принимается в зависимости от мощности на валу насоса  $N, k = 1,1$

Принимаем асинхронный двигатель 450 квт.

### 5. Расчет воздуходувной станции.

Воздуходувные станции предназначены для подачи сжатого воздуха на азротенки, преазраторы, смесители, стабилизаторы ила, реагентное хозяйство и другие объекты.

Комплекс сооружений воздуходувной станции обычно включает: главное здание и водоохлаждающее сооружение. В главном здании воздуходувной станции размещаются воздуходувные машины, насосы для подачи технической воды, устройства по очистке воздуха, насосы для перекачивания циркулирующего активного ила или для опорожнения емкостных сооружений, центральный диспетчерский пункт, электрораспределительное устройство и трансформаторная, вспомогательные и бытовые помещения. Водоохлаждающее сооружение (градирня, бассейн) служит для охлаждения оборотной воды от оборудования.

Воздухоочистительные устройства, а также насосные станции могут располагаться вне главного здания.

Для подачи воздуха обычно низкого давления – 1,6-1,7 ата, но не более 1,85-1,9 ата, применяют в основном центробежные воздуходувки и нагнетатели, а для малых установок – водокольцевые насосы-воздуходувки. В редких случаях для подачи воздуха могут быть использованы газодувки.

Выбор воздуходувных машин определяется количеством воздуха, потребляемого на канализационных очистных сооружениях, и давлением нагнетания воздуха, которое устанавливается при расчете системы воздухопроводов. Необходимая мощность электродвигателя воздуходувных машин определяется:

$$N = 0,273QP / \eta,$$

где Q - подача воздуха, м<sup>3</sup>/ч; P- давление (избыточное), развиваемое воздуходувкой, ати; КПД агрегата с учетом потерь при передаче энергии от двигателя: принимается обычно 0,65 – 0,75 для турбовоздуходувок и 0,25 – 0,3 для водокольцевых насосов.

Для крупных и средних воздуходувных станций (расход воздуха более 20—25 тыс. м<sup>3</sup>/ч) рекомендуется проверять параллельную работу воздуходувок и воздухопровода, для чего строят их характеристики Q-N и

определяют «рабочую точку» подачи воздуха. Принципы графического построения характеристик аналогичны их построению для насосов.

При производительности воздуходувной станции более 5 тыс. м<sup>3</sup> воздуха в час должно быть не менее двух рабочих агрегатов. При трех рабочих агрегатах принимается одна резервная машина, при большем числе рабочих агрегатов — две резервные машины.

При определении габаритов машинного зала проходы между выступающими частями агрегатов и расстояние от воздуходувных машин до продольной стены принимают не менее 1,5 м (со стороны электродвигателя это расстояние должно обеспечивать возможность демонтажа его ротора). Высота машинного зала, а также необходимое подъемно-транспортное оборудование (кран-балка или мостовой крин) предусматриваются в соответствии с требованиями СНиП 11-32-74. Воздуходувки типа ТВ имеют систему смазки с охлаждением масла водой непосредственно в подшипниках; нагнетатели оборудуются циркуляционной масляной системой смазки подшипников, как самих машин, так и их редукторов, включающей масляный насос, фильтры, бак-маслоохладитель, в который подается охлаждающая вода. Охлаждающая вода должна иметь жесткость не более 3,5 мг-экв/л, рН=6—9, температуру до 30° С. Помимо охлаждения масла вода может потребоваться и для некоторых электродвигателей, не имеющих воздушного охлаждения.

Перед воздуходувками марки ТВ устанавливают рулонные матерчатые фильтры для предотвращения кольматации керамических аэраторов (фильтросов} в аэротенках. При применении аэраторов из дырчатых труб очистка воздуха для воздуходувок типа ТВ не требуется. Допустимое сопротивление воздуха в фильтрах 10 — 20 мм вод. ст. (100—200 Па) (большее значение относится к металлическим фильтрам).

Воздухоприемники для забора атмосферного воздуха располагают на высоте 4 м от поверхности земли. Они представляют собой раструб с предохранительной сеткой или с жалюзи на входе. Устраивается также приемная пылеулавливающая камера с жалюзи или фильтр-камера (при установке в ней фильтра). Можно устраивать общую фильтр-камеру для нескольких воздуходувок, при этом должно быть не менее двух отделений камеры.

Разработан ряд типовых проектов воздухоудувных станций с турбовоздуходувками в зданиях, блокируемых с насосными циркулирующего активного ила и с нагнетателями без блокировки.

Здания воздухоудувных станций должны быть огнестойкими. В машинном зале предусматривают не менее двух выходов с разных сторон, один из которых может быть использован для монтажа оборудования. Двери (ворота) должны открываться наружу. На небольших станциях монтаж оборудования можно производить через оконный проем. Другой выход предназначен для прохода обслуживающего персонала в служебно-бытовые помещения, не выходя на улицу.

В бытовых помещениях станции предусматривается приточно-вытяжная вентиляция, в производственных помещениях — вентиляция естественная (удаление теплоизбытков из машинного зала допускается также за счет частичного подсоса воздуха нагнетателем).

Электроснабжение воздухоудувных станций должно быть бесперебойным (два источника питания). Напряжение питающего тока, как правило, 6 или 10 кВ.

В машинном зале станции можно размещать распределительные и пусковые устройства высокого напряжения, соблюдая правила техники безопасности. Компонка крупной воздухоудувной станции с нагнетателями приведена на рис. 6

Для воздухопроводов используют обычно тонкостенные электросварные стальные трубы с толщиной стенок 3 мм при диаметре воздухопровода до 1000 мм и толщиной 4 мм — при большем диаметре. Соединяют трубы на сварке, за исключением мест установки арматуры, где используют фланцевые соединения, для которых применяют прокладки из паронита, асбеста и других стойких к теплу и влаге материалов.

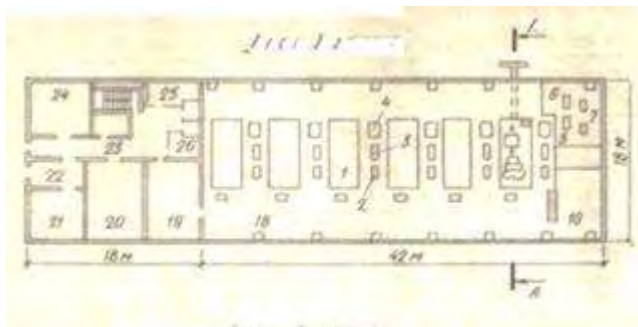


Рис. 6. Общая компоновка здания воздухоудувки.

Воздухопроводы на площадке очистных сооружений прокладывают на опорах высотой 0,4—0,6 м над поверхностью земли, а также непосредственно по верху сооружений.

Для компенсации тепловых удлинений воздухопроводов используют углы поворотов, а на прямых участках применяют линзовые компенсаторы.

В качестве запорной арматуры рекомендуются задвижки с электрическим или ручным приводом. Трубы и арматуру снаружи изолируют антикоррозионным покрытием (грунтовкой и окраской).

Расчетные диаметры воздухопроводов и потери напора в них определяют с учетом сжатия воздуха и соответствующего повышения его температуры. Изменение температуры воздуха за счет теплообмена воздухопровода с окружающей средой незначительно и им пренебрегают.

Скорость движения воздуха на магистральных участках воздухопровода принимают 10—25 м/с (большие значения относятся к воздухопроводам больших диаметров), на отдельных ответвлениях и на участках, подающих воздух к аэраторам, — 4—10 м/с. Для выравнивания давления воздуха, поступающего на отдельные секции аэрируемых сооружений, в некоторых ответвлениях воздухопроводной системы устанавливают диафрагмы из стали толщиной 6 мм для труб диаметром 500 мм, толщиной 9 мм — для труб диаметром до 1000 мм и толщиной 12 мм — для труб больших диаметров.

Для расчета воздухопроводов предварительно выявляют расходы воздуха по сооружениям — потребителям (при нормальном давлении 760 мм рт. ст., температуре 20° С и плотности воздуха 1,2 кг/м<sup>3</sup>), составляют схему сети воздухопроводов, увязанную с другими коммуникациями на площадке, устанавливают длины расчетных участков воздухопровода и расходы воздуха, транспортируемого по этим участкам. Выбирают расчетную ветвь воздухопровода, имеющую наибольшее протяжение от воздуходувной станции и, как правило, характеризующую наименьшим располагаемым капором.

Расчет диаметров трубопроводов и потерь напора в них

Расход сжатого воздуха, транспортируемого по трубопроводу,  $Q_{с.ж.}$ , м<sup>3</sup>/с, равен

$$Q_{с.ж.} = 0,785d^2V,$$



где  $d$  — диаметр трубопровода, м;  $V$  - скорость движения воздуха, м/с.

Масса воздуха, проходящего по трубопроводу в единицу времени, независимо от его сжатия является постоянной, что выражается зависимостью

$$Q_n \cdot \gamma_n = Q_c \gamma_c,$$

Откуда 
$$Q_c = \frac{Q_n \gamma_n}{\gamma_c}$$

где  $Q_n$  -- расход воздуха при нормальном давлении, м<sup>3</sup>/с;  $\gamma_n = 1,2$  кг/м<sup>3</sup> — плотность воздуха при нормальном давлении;  $\gamma_c$  — плотность, сжатого воздуха, кг/м<sup>3</sup>:

$$\gamma_c = \frac{P}{R(t_c + 273)};$$

$P$  - абсолютное давление в воздухопроводе, кг/см<sup>2</sup> (среднее на расчетном участке);  $R = 29,27$  газовая постоянная сухого воздуха, кг м/кг °С.

Приведенные зависимости позволяют получить расчетную формулу для определения диаметров участков воздухопровода;

$$d = 6,7 \sqrt{\frac{Q_n(t_c + 273)}{PV}},$$

$$t_c = (t_n + 273) \frac{P Q_c}{P_n Q_n} - 273,$$

$P_n = 10333$  кгс/м<sup>2</sup> (0,1 МПа) — нормальное давление наружного воздуха.

Для упрощения расчета температуры сжатого воздуха можно воспользоваться таблицей 7.

Таблица 7.

Абсолютное давление воздуха, р		Отношение расходов воздуха $Q_c Q_n$	Абсолютное давление воздуха, р		Отношение расходов воздуха $Q_c Q_n$
МПа	кгс/м <sup>2</sup>		МПа	кгс/м <sup>2</sup>	

0,1	10333	1,0	0,16	16533	0,714
0,11	11366	0,935	0,17	17567	0,685
0,12	12400	0,877	0,18	18000	0,657
0,13	13432	0,829	0,19	19633	0,633
0,14	14465	0,787	0,2	20666	0,609
0,15	15500	0,748	0,3	31000	0,458

Расчетное давление воздуха, необходимое при подаче его в воздухопрсводную систему, определяют по выражению

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5,$$

где  $h_1$  — потери напора (давления) на трение и местные сопротивления в трубопроводах воздуходувной станции (ориентировочно не превышают 300—500 кгс/м<sup>2</sup>. или 3—5 кПа;  $h_2$  — потери напора на трение и местные сопротивления по наиболее протяженной ветви воздухопровода (обычно соответствуют наибольшим потерям напора);  $h_3$  — потери напора в аэраторах: мелкопузырчатых (фильтросы) — до 0,7 м вод. ст. (723 кгс/м<sup>2</sup>. или 7,23 кПа}, среднепузырчатых (перфорированные трубы) при глубине погружения аэраторов в воду более 3 м — 0,15 м.в.ст., в системах низконапорной аэрации 0,015 – 0,05 м.вод.ст.;  $h_4$  — давление столба воды, которое необходимо преодолеть воздуху при выходе из аэратора;  $h_5$  — избыточное (резервное) давление, принимаемое равным 50 кгс/м<sup>2</sup> (500 Па).

$$h_2 = \sum \left[ \frac{\lambda(l + l_{\text{экв}}) \gamma_c V^2}{2gd} \right]$$

где  $h_2$  - длина соответствующего участка, рассчитываемой ветви воздухопровода, м;  $l_{\text{экв}}$  - дополнительная длина, м; участка воздухопровода, эквивалентная местным сопротивлениям на нем (в таблице). Коэффициент трения воздуха вычисляется

$$\lambda = 1,42 / \lg \frac{1,274 \cdot Q_c}{K \cdot v},$$

где  $K$  — шероховатость стенок стальных труб, равная 0,0001 м;  $v$  - кинематическая вязкость

## 6. Расчет, особенности проектирования насосных станций

Насосные станции первого подъема, подающие воду на очистные сооружения, работают равномерно в течении суток. При этом расчетную часовую подачу насосной станции в сутки наибольшего водопотребления определяют по формуле

$$Q = \frac{\alpha Q_c}{T}$$

Количество рабочих насосов определяют в зависимости от  $Q$ , при обеспечении требований по обеспечению минимума капитальных и эксплуатационных затрат. На насосной станции кроме рабочих насосных агрегатов предусматривают установку и резервных.

Насосные станции второго подъема. Ввиду того, что насосная станция II подъема подает воду непосредственно в сеть потребителя, режим работы ее стараются максимально приблизить к режиму водопотребления. При этом сочетают различные способы регулирования работы насосной станции - изменение числа работающих насосных агрегатов и регулирование работы одного или нескольких насосов. Выбранному режиму работы насосной станции должен соответствовать минимум затрат на строительство и эксплуатацию устройств, связанных с регулированием.

На практике указанным требованиям, как правило, отвечает двух-, реже трехступенчатый режим работы насосной станции с водонапорной башней в системе водоснабжения. В таком случае задача сводится к определению такого ступенчатого режима, при котором вместимость бака водонапорной башни минимальна, а значит, минимальны и затраты на ее строительство.

Обеспечение нужного режима работы можно путем установки в насосной станции различного количества одинаковых или разных рабочих насосов следующие:

- необходимо стремиться к установке однотипных насосов. Это обеспечивает благоприятные условия эксплуатации, минимальную номенклатуру запасных частей и, что очень важно, возможность устройства скользящего резервирования насосов;

- стремиться к минимальному количеству рабочих и резервных агрегатов, обеспечивая при этом требуемые режимы работы;

- принятые к установке насосы должны обеспечивать максимальные подачи и при всех возможных режимах работы должны работать в области максимальных КПД.

Канализационные насосные станции. Режим работы канализационной насосной станции назначают в зависимости от режима притока сточных вод в течение суток. Режим притока сточных вод характеризуется и определяется общим коэффициентом неравномерности водоотведения  $K_{\text{общ}}$ . Для каждого значения  $K_{\text{общ}}$  существуют типовые распределения притока сточных вод по часам суток.

Максимальную подачу насосной станции принимают равной наибольшему часовому притоку сточных вод или несколько превышающей его. В остальные часы суток, когда приток меньше максимального, расчетное значение откачки должно быть близким (равно или чуть больше) значению притока стоков в эти часы.

График режима откачки стремятся приблизить к графику притока сточных вод, с тем чтобы получить минимальную вместимость приемного резервуара и тем самым уменьшить стоимость насосной станции. Однако максимальное приближение режима откачки к режиму притока сточной жидкости может быть обеспечено путем установки большего количества рабочих насосов, что в свою очередь, увеличивает стоимость насосной станции.

Принципы выбора числа рабочих насосов в канализационных насосных станциях такие же, как и для водопроводных насосных станций.

, Напор насосной станции. Выбор энергетического оборудования

Насосные станции I подъема. Напор, который должны развивать насосы I подъема, рассчитывают для конкретной схемы размещения станции в системе водоснабжения. При подаче воды на очистные сооружения (рис. 7) требуемый напор определяется по формуле:

$$H = H_{\text{г}} + h_{\text{в}} + h_{\text{н}} + h + 1$$

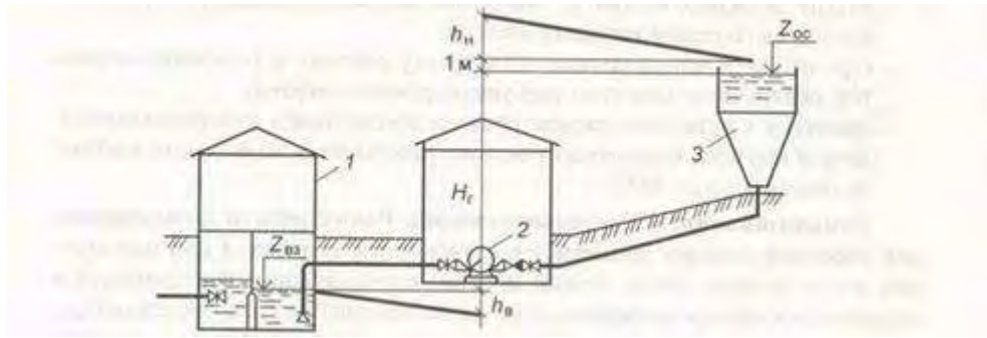


Рис.7. Схема определения напора станции I подъема

Насосные станции II подъема. Полный напор, который должны развивать насосы второго подъема, зависит от принятой схемы водоснабжения.

На рис. 8 показана расчетная схема для определения напора насосной станции II подъема при расположении водонапорной башни в начале сети.

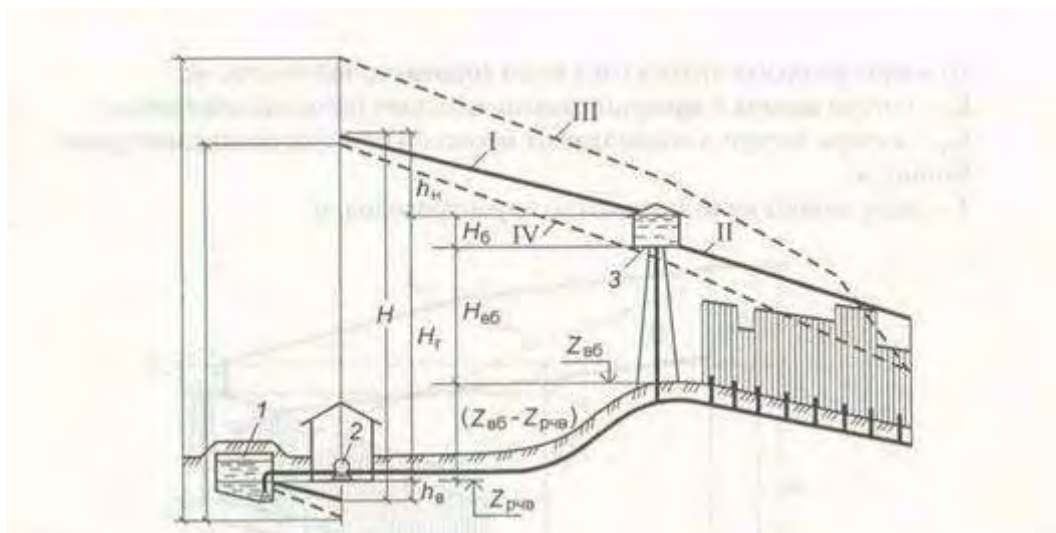


Рис. 8 Расчетная схема определения напора станции II подъема

Выбор типоразмеров насосов. По вычисленным значениям  $Q$  и  $H$  насосов с помощью сводных полей  $H-Q$  для соответствующих типов насосов подбирают их типоразмер.

На водопроводных насосных станциях применяют центробежные насосы (типы К, КМ, Д, В, ЦНС) диагональные и осевые.,

На насосных станциях I подъема, как правило, заглубленных, рекомендуется применять вертикальные центробежные или осевые, для которых требуется меньшая площадь здания. Однако эти насосы имеют весьма большую подачу, используют их только на крупных насосных станциях. На

насосных станциях малой и средней производительности в основном используют горизонтальные центробежные насосы и иногда скважинные насосы с трансмиссионным валом, что позволяет значительно уменьшить строительные объемы зданий.

На насосных станциях II подъема в основном применяют центробежные горизонтальные насосы.

На канализационных насосных станциях устанавливают насосы типов СД и СДВ. В последнее время на канализационных насосных станциях используют погружные насосы, что позволяет уменьшить строительные объемы станций и улучшить условия эксплуатации.

#### Всасывающие и напорные трубопроводы

Количество всасывающих трубопроводов зависит от типа и принципиальной схемы насосной станции, ее категории надежности, количества рабочих и резервных насосов. Выполняют их, как правило, из стальных труб.

В насосных станциях I подъема, совмещенных с водозаборными сооружениями, и в канализационных насосных станциях (совмещенных и разделенных) всасывающие линии устраивают для каждого насоса.

Обособленные всасывающие водоводы устраивают в насосных станциях I подъема отдельного типа и в насосных станциях II подъема при малых их длинах (до 50 м). В противном случае устраивают общие всасывающие водоводы: для насосных станций I и II категорий (не зависимо от числа и групп установленных насосов) - не менее двух линий.

Диаметр труб всасывающих линий, арматуры и фасонных частей, устанавливаемых на них, определяют из скорости движения воды в них, м/с: при диаметре до 250 мм - 0,8-1,0; от 300 до 800 мм - 1,0-1,5; свыше 800 мм - 1,2-2,0. Диаметр труб напорных трубопроводов, фасонных частей и арматуры, устанавливаемой на них, принимают с учетом значений экономического фактора в следующих пределах, м/с: при диаметре до 250 мм - 0,8-2,0; от 250 до 800 мм - 1,0-3,0; свыше 800 мм - 1,5-4,0. Потери напора во всасывающих и напорных коммуникациях и водоводах определяют как сумму потерь по длине  $Sh$  и местных сопротивлений  $hm$ .

Расчет потерь напора на всасывающих и напорных сторонах насосной станции до подбора конкретных насосов, определения схемы обвязки их

трубопроводами и расстановки запорно-регулирующей арматуры всегда ориентировочный. Поэтому предварительно величину потерь на местные сопротивления в наружных всасывающих и напорных водоводах можно принять в размере 10% от потерь напора по длине. Потери напора в коммуникациях внутри насосной станции ориентировочно могут быть приняты: на всасывающей стороне 0,5-1,5 м; на напорной 1,5-5,0 м. Эти значения уточняют в ходе проектирования.

После подбора типоразмеров насосов и определения технологической части насосной станции уточняют расчет всасывающих и напорных коммуникаций. Еще одно уточнение (при необходимости) может быть сделано после определения действительных подач насосов, то есть после построения графиков совместной работы насосов и водоводов.

После подбора насосов и электродвигателей разрабатывают чертеж насосной станции. По расположению относительно поверхности земли различают насосные станции: наземные; полузаглубленные (заглубление пола машинного зала на 2,5...4,5 м); заглубленные. Заглубление машинного зала относительно поверхности земли зависит от расположения оси насоса.

Размеры основного помещения станции – машинного зала в плане определяются габаритами насосных агрегатов и других коммуникаций с учетом рекомендуемых расстояний между стенами здания и элементами оборудования. У входа в машинный зал размещается монтажная площадка, на которую автотранспортом доставляется оборудование. Размеры площадки обуславливаются сохранением проходов не менее 0,7 м вокруг насосного агрегата, размещенного на ней.

На станции с заглубленным машинным залом монтажная площадка находится на отметке пола первого этажа.

*Ширина* машинного зала представляет собой сумму длин участков трубопроводов, фасонных частей и арматуры на всасывающей и напорной линиях насосов, а также поперечного размера самого насоса. Исходя из длины типовых конструкций железобетонных балок для перекрытий, ширину прямоугольных насосных станций следует принимать 6, 9, 12, 15, 18 и 24 м.

Наряду с машинным залом насосные станции имеют подсобные помещения, отделения трансформаторов и электрораспределительных устройств. С учетом этих помещений определяют длину здания насосной станции.

*Длина* прямоугольного здания станции определяется проходами между торцевыми стенами и агрегатами, продольным размером самих агрегатов и расстоянием между ними, а также размерами вспомогательных помещений, устраиваемых на отметке пола первого этажа (монтажная площадка, трансформаторная, электрораспределительные устройства, бытовые помещения).

*Высота* машинного зала насосной станции представляет собой сумму высот подземной части и верхнего строения.

Высота *подземной части* машинного зала зависит главным образом от отметки оси насоса, определяемой по методике, изложенной в п.2.17.

Для определения отметки пола машинного зала следует из отметки верха фундамента под насосный агрегат вычесть высоту (0,1...0,5 м) выступающей над полом части фундамента под насосный агрегат.

Высота *верхнего строения* над машинным залом определяется с учетом размещения грузоподъемного оборудования.

Верхняя часть здания может иметь каркасную или бескаркасную с несущими стенами конструкцию. Часто машинный зал выполняют каркасным, а пристройку со вспомогательными помещениями – бескаркасной.

Пролеты здания назначают согласно модульной системе 6, 9, 12, 15, 18, 24 м при шаге колонн 6 (4,5) м. Для бескаркасных зданий длина принимается кратной 1,5 м. Элементы конструкции каркасного здания показаны на рис.9



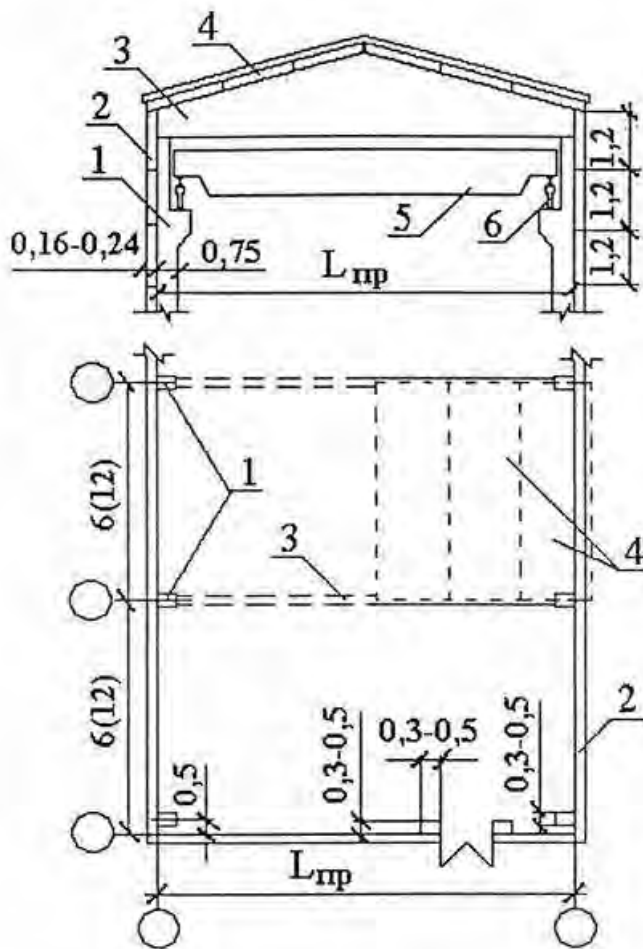


Рис.9 Каркасная конструкция здания насосной станции

#### Компоновка насосной станции

Учитывая тип, размеры и количество насосов, а также прямоугольную форму НС в плане, мы выбрали однорядное расположение насосных агрегатов.

В здании НС должна быть обеспечена полная безопасность и удобство эксплуатации, а также возможность разборки и монтажа насосных агрегатов.

Проход между агрегатами должен быть не менее 1 м.

Расстояние от длинных сторон фундаментных плит до стен НС - не менее 1м.

Расстояние между неподвижными выступающими частями оборудования не менее 0,7 м.

Проход между агрегатами и распределительными щитами - не менее 2 м.

Ширина машинного зала равна сумме длин участков трубопроводов, фасонных частей и арматуры на всасывающих и напорных линиях, а также поперечного размера самого насоса.

Длина машинного зала определяется проходами между торцевыми стенами и агрегатами, продольными размерами самих агрегатов и расстояние между ними.

Предусматриваются монтажная площадка для ремонта насосов и электродвигателей, расположенные в торце здания.

Высота верхнего строения определяется по формуле:

$$H_{\text{стр.}} = h + h_1 + h_2 + h_{\text{с.}} + h_{\text{гр.}} + h_{\text{об.}} + 0,5,$$

где  $h$  - монтажный запас, принимают 0,1 - 0,2 м;

$h_1$  - высота кранового оборудования;

$h_2$  - минимальная длина полностью втянутого грузового троса;

$h_{\text{с.}}$  - высота строп, 0,5 - 1 м;

$h_{\text{гр.}}$  - высота груза;

$h_{\text{об.}}$  - высота уже установленного оборудования;

0,5 - минимальная высота от груза до уже установленного оборудования.

Принимаем стандартное значение  $H_{\text{стр.}} = 4,8$  м.

Здания наземных станций - сооружения промышленно - цехового типа.

Фундаменты здания ленточного типа выполняют из сборных железобетонных элементов. Фундаменты под насосы делают независимыми монолитными. Здания в основном бывают каркасного типа из сборных железобетонных конструкций. Покрытие делают из железобетонных плит с последующим утеплением и укладкой нескольких слоёв (2 - 3) рубероида на битумной мастике.

Для перехода через трубы устраивают лестницы - мостики шириной 0,7 м и углом наклона не более  $60^\circ$ .

Общая площадь оконных проёмов должна быть более 12,5 % площади пола. Размеры ворот зависят от максимальных габаритов оборудования.

Выбор дополнительного оборудования и трубопроводной арматуры

Для заливки насосов перед запуском используем вакуумную установку

ВВН 1 - 3.

Для монтажа и демонтажа оборудования применяем кран 21П5.5Т.

В качестве трубопроводной арматуры применяем:

здвижки параллельные с выдвижным шпинделем фланцевые чугунные на

$P_y = 1.0 \text{ Мпа} - 30\text{ч6бр}$ ;

обратные поворотные клапаны фланцевые чугунные на  $P_y = 1.0 \text{ Мпа} - 19\text{ч16бр}$ .

На напорных трубопроводах устанавливают измерительную (расходомеры) и предохранительную (гасители энергии гидравлического удара) арматуры.

Для обеспечения надёжности работы НС на всасывающих и напорных трубопроводах устанавливают такое количество запорной арматуры, чтобы можно было производить ремонт или замену любого насоса, обратного клапана или основной задвижки.

### **Выбор вспомогательного оборудования**

Для привода насоса применяют электродвигатели. Выбор двигателя производится по требуемой мощности и частоте вращения.

Мощность насоса:

$$N_n = \frac{\rho g Q H}{\eta_n}$$

где  $\eta_n$  – КПД насоса при работе в данном режиме.

$$N_n = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 1308,266 \cdot 50}{0,79 \cdot 3600} = 225,634 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность двигателя:

$$N_{дэ} = k \frac{N}{\eta_{дэ} \cdot \eta}$$

где  $N$  – мощность на валу насоса;

$\eta_{дэ}$  - к. п. д. электродвигателя принимаем 0,79;

$\eta$  - к. п. д. передачи;

$k$  – коэффициент запаса мощности, учитывающий возможные перегрузки двигателя.

$$N_{дэ} = k \frac{N}{\eta_{дэ} \cdot \eta} = 1,05 \cdot \frac{225,634}{0,79 \cdot 0,925} = 324,21 \text{ кВт}$$

Выбираем электродвигатель АО 103-4м.

Для монтажа, ремонта и демонтажа оборудования, арматуры и трубопроводов предусматривают подъёмно-транспортное оборудование с ручным приводом, при массе грузов до 3000 кг – подвесную кран-балку. Масса задвижки = 360 кг, масса электродвигателя насоса 3000 кг.

Электропитание насосных станций осуществляется от понижающих трансформаторов, необходимая мощность которых определяется:

$$N_{\text{мф}} = k_1 \cdot k_2 \frac{\Sigma N}{\cos \varphi} \text{ кВтА (18.2)}$$

где  $\Sigma N$  – суммарная мощность электродвигателей насосов в кВт;

$k_1$  - коэффициент трансформаторного резерва;

$k_2$  - коэффициент, учитывающий дополнительную мощность на освещение и другие нужды.

$$N_{\text{мф}} = k_1 \cdot k_2 \frac{\Sigma N}{\cos \varphi} = 1,5 \cdot 1,05 \cdot \frac{648,42}{0,91} = 1022,26 \text{ кВт} \cdot \text{А}$$

Выбираем трансформатор марки ТМ 1000/10.

### Конструкция и стандартные размеры

Подземная часть. Если максимальный уровень грунтовых вод расположен ниже уровня пола машинного зала, то подземная часть насосных станций выполняется с отдельными фундаментами под насосное оборудование и под строительные конструкции (рис.10, а). Для высокопроизводительных насосов типов О, ОП и В применяется блочная конструкция, представляющая собой массивный бетонный блок в основании, в который встроены всасывающие трубы (рис. 10, б). При камерном типе здания его подземная часть выполняется в виде относительно тонкостенной доковой конструкции - камеры (рис. 10, в).

Подземную часть выполняют из гидротехнического бетона. Наружную поверхность стен подземной части покрывают битумной изоляцией до отметки на 0,5 м выше уровня грунтовых вод.

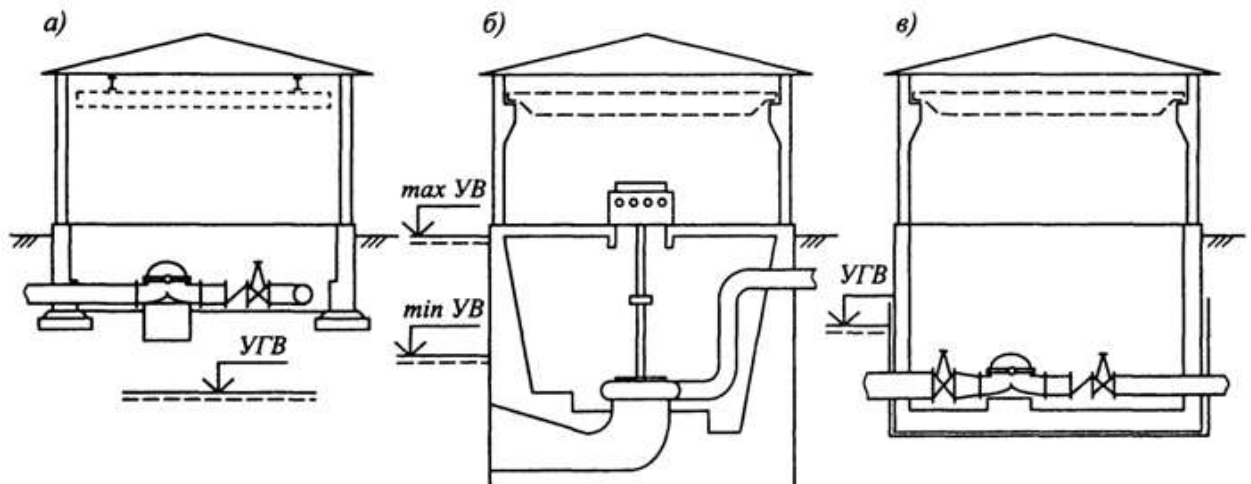


Рис.10. Типы фундаментов подземной части насосных станций

а - с отдельными фундаментами под оборудование и строительные конструкции, б - блочная, в - камерная

Заглубление и размеры в плане подземной части определяются компоновкой насосного оборудования. Размеры подземной части больших насосных станций в плане следует принимать кратными 3 м. При длине стороны или диаметре подземной части сооружения до 9 м допускается принимать размеры прямоугольных сооружений кратными 1,5 м, круглых - 1 м.

Применительно к центробежным насосам с горизонтальным валом, устанавливаемым в машинном зале прямоугольной формы, наибольшее распространение получили следующие основные схемы расположения агрегатов (рис.11):

- а) однорядное расположение агрегатов параллельно продольной оси станции;
- б) однорядное расположение агрегатов перпендикулярно продольной оси станции;
- в) однорядное расположение агрегатов под углом к продольной оси станции;
- г) двухрядное расположение агрегатов;
- д) двухрядное расположение агрегатов в шахматном порядке.

Для круглых в плане машинных залов (которые типичны для заглубленных насосных станций) в случае совмещения с водоприемником наиболее целесообразным оказывается кольцевое расположение агрегатов (рис. 12, а). При отдельном расположении водозабора и здания станции насосные агрегаты могут быть расположены в один или несколько рядов, уступом или радиально (рис.12, б, в, г).

При любой схеме расположения насосных агрегатов в здании насосной станции должно обеспечивать полную их безопасность и удобство обслуживания, а также возможность монтажа и разборки насосов и электродвигателей. Проход между агрегатами принимается не менее 1 м при установке электродвигателей напряжением до 1000 В и не менее 1,2 м при установке электродвигателей более высокого напряжения. Во всех случаях расстояние между неподвижными выступающими частями оборудования должно быть не менее 0,7 м. Расстояние от длинных сторон фундаментных плит до стен должно быть не менее 1 м. Насосы с неразъемным корпусом по горизонтальной плоскости, у которых вал с рабочим колесом при демонтаже выдвигается наружу по направлению оси насоса, следует устанавливать на расстоянии от стен или других агрегатов не менее чем длина вала плюс 0,25 м (но не менее 0,8 м). Проход между агрегатами и электрораспределительным щитом должен быть не менее 2 м.

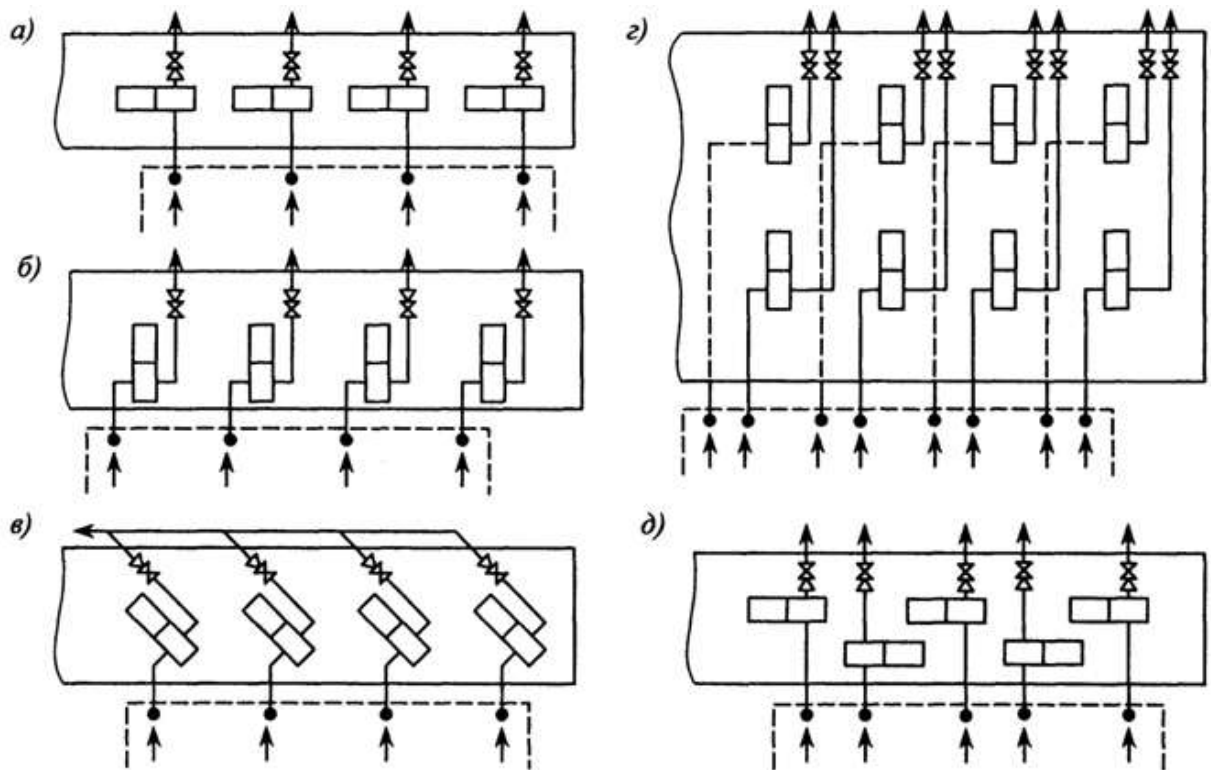


Рис. 11. Расположение в прямоугольном машинном зале агрегатов с горизонтальными центробежными насосами.

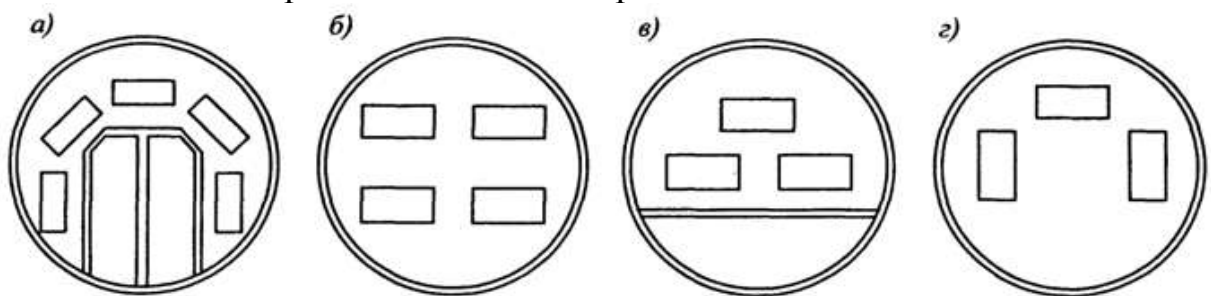


Рис. 12. Расположение насосных агрегатов в круглых машинных залах.

Размеры машинного зала в плане определяются после выбора схемы расположения насосных агрегатов и компоновки внутривоздушных трубопроводов с учетом рекомендуемых расстояний между стенками зданий и элементами оборудования.

Если глубина подземной части позволяет разместить технологическое и подъемно-транспортное оборудование, над ней сооружают перекрытие, то есть проектируют заглубленный тип насосной станции. Минимально допустимое заглубление, при котором возможно такое решение:

$$H_{\text{загл}} \geq h_{\text{об}} + 0,5 + h_{\text{г}} + h_{\text{с}} + h_1 + H + H_{\text{N}} + H_{\text{п}}, \text{ м}, (1)$$

где  $h_{\text{об}}$  - высота установленного оборудования, через которое необходимо переносить груз, м;  $h_{\text{г}}$  - высота переносимого груза, м;  $h_{\text{с}}$  - высота строповки (0,5...1 м);  $(h_1 + H)$  - размеры подъемно-транспортного оборудования при максимальном поднятии крюка, м;  $H_{\text{N}}$  - высота подкранового пути, м;  $H_{\text{п}}$  - высота перекрытия, м.

Если соотношение не выполняется, то принимают полузаглубленный тип здания.

Заглубленные помещения должны сообщаться с надземными частями здания лестницами шириной не менее 0,9 м, с углом наклона не более 45°, из помещений длиной до 12 м - не более 60°. В заглубленных насосных станциях, работающих в автоматическом режиме, при заглублении машинного зала 20 м и более, а также в насосных станциях с постоянным обслуживающим персоналом при заглублении 15 м и более следует предусматривать устройство пассажирского лифта.

Для подъема на площадки обслуживания ширина лестниц должна быть не менее 0,7 м, угол наклона - не более 60°. Для одиночных переходов через трубы и для подъема к отдельным задвижкам и затворам допускается применять лестницы шириной 0,5 м с углом наклона более 60° или стремянки.

#### Верхнее строение

Высоту верхнего строения обычно определяют отдельно для машинного зала и для вспомогательных помещений. Высоту над машинным залом можно рассчитать по формуле:

$$H_{\text{верх}} \geq h_{\text{тр}} + 0,5 + h_{\text{г}} + h_{\text{с}} + h_{\text{л}} + H + 0,1, \text{ м,}$$

где  $h_{\text{тр}}$  - погрузочная высота платформы автомобиля, м.

Высоту верхнего строения округляют до ближайшей стандартной: 3; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6; 7,2; 8,4; 9,6; 10,8; 12,6; 14,4; 16,2; 18 м. При высоте машинного зала более 4,8 м служебные помещения и электрическая часть, вынесенные в пристройки, могут иметь меньшую высоту, которая определяется высотой ячеек распределительного устройства или камер трансформаторов.

При наличии мостового крана в машинном зале или высоте несущих стен более 6 м рекомендуется применять каркасную конструкцию здания. В остальных случаях возможны каркасные и бескаркасные конструкции с несущими стенами из кирпича.

Пролеты зданий назначают равными 6, 9, 12, 15, 18, 21 и 24 м при шаге колонн 6(12) м. В бескаркасных зданиях длина здания может быть кратна 1,5 м. Для покрытия зданий рекомендуется применять сборные железобетонные плиты размером 3×6 и 3×12 м (доборные плиты 1,5×6 и 1,5×12 м), которые укладываются на фермы, пролетные железобетонные балки или на несущие стены верхнего строения.

Площадь окон в помещении с естественным освещением принимается не менее 12,5% площади пола. Габариты провозимого оборудования и автомобиля определяют размеры ворот: 3×3; 3,6×3; 4×3; 4×4,2; 4,8×5,4 и 4,7×5,6 м.

В зданиях больших насосных станций должно быть предусмотрено место для монтажной площадки, на которой ремонтируют насосы и

электродвигатели. Размеры такой площадки определяются габаритами насосов, двигателей и транспортных средств.

Вспомогательные помещения (электрическая часть, включая помещение главного щита управления, кабинет начальника станции, комнату обслуживающего персонала, мастерскую, кладовую, туалет) в незаглубленных и полузаглубленных насосных станциях выносят в пристройку. В заглубленных насосных станциях эти помещения стремятся разместить на перекрытии машинного зала. Ориентировочные площади, занимаемые вспомогательными помещениями, можно принимать по табл. 8.

Таблица 8

Площади под вспомогательные помещения насосной станции

Название	Площадь, м <sup>2</sup>	Примечание
Щитовая:		на один установленный насос
- насосные станции I подъема	4-5	
- насосные станции II подъема	4-6	
Механическая мастерская	10-30	при подаче более 40 000 м <sup>3</sup> /сут
Гардероб	6-9	при подаче более 40 000 м <sup>3</sup> /сут
Душ	4-6	при подаче более 40 000 м <sup>3</sup> /сут
Санитарный узел	3	унитаз и раковина
Кабинет начальника	12-15	
Шкафчики для хранения одежды	8-25	
Кладовые	6-10	

Насосные станции I подъема, использующие в качестве источника водоснабжения открытые водоемы, обычно проектируются заглубленного типа. При глубине насосной станции более 7-8 м ее сооружают методом опускного колодца. На рис.13 представлена схема типовой насосной станции с комбинированным водозабором. В зависимости от положения уровня воды в источнике забор воды осуществляется через четыре входных окна или через затапливаемый русловой оголовок и самотечные водоводы. Насосные станции подобной конструкции применяются для коммунального и промышленного водоснабжения и рекомендуются для строительства на равнинных реках с амплитудой колебания уровней воды до 10 м.



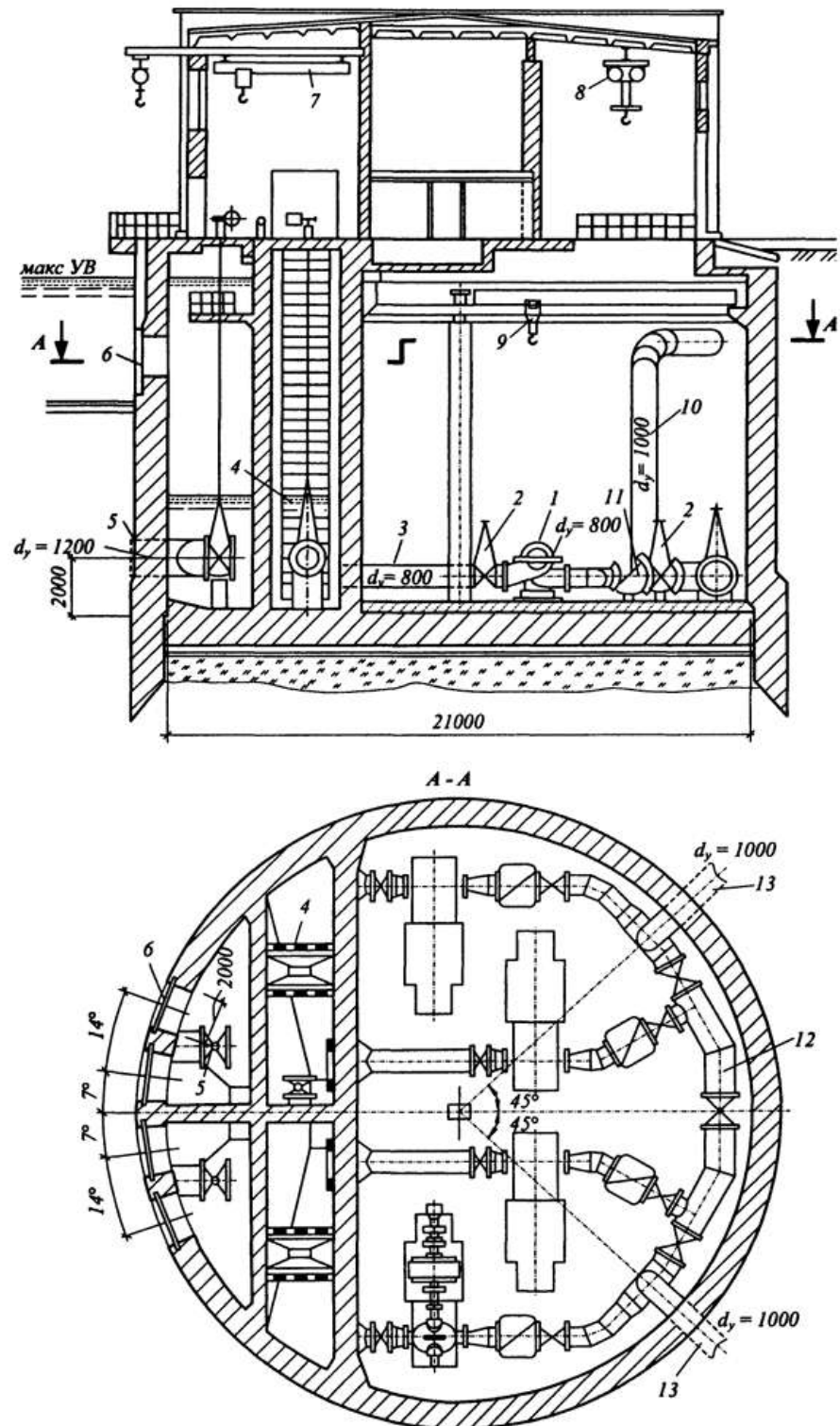


Рис.13. Насосная станция с комбинированным водозабором:  
 1 - насосы, 2 - задвижки, 3 - всасывающая труба, 4 - каркасные сетки, 5 - самотечные водоводы, 6 - входные окна, 7 - подвесная кран-балка, 8 - тельфер, 9 - радиальная кран-балка, 10 - вертикальные стояки, 11 - обратные клапаны, 12 - напорный коллектор, 13 - внешние напорные трубопроводы.

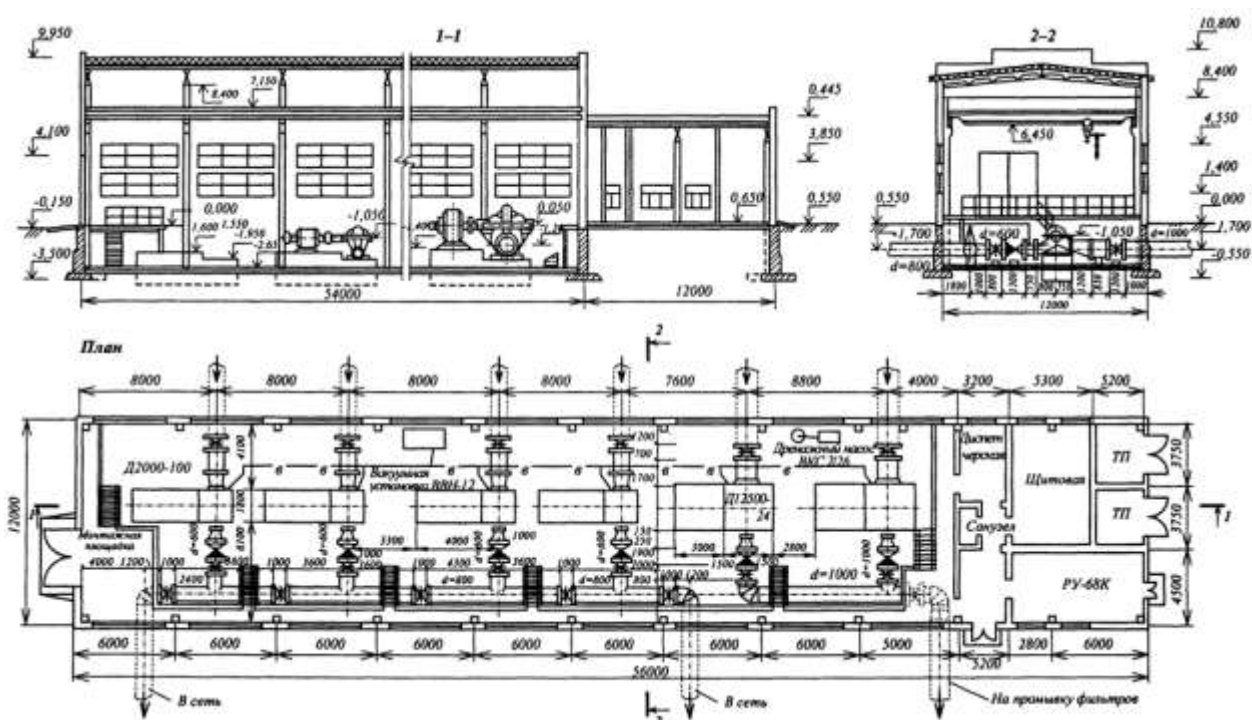


Рис. 14. Насосная станция II подъема.

### Библиографический список

1. Карасев, Б. В. Насосные и воздухоподводящие станции [Текст] : учебник / Б. В. Карасев. - Москва : Интеграл, 2014. - 326 с.
2. Залуцкий, Э. В. Насосные станции: Курсовое проектирование [Текст] : учебное пособие / Э. В. Залуцкий, А. И. Петрухно. - Москва : Интеграл, 2014. - 167 с.
3. Морозов, В. А. Работа центробежных насосов на вязкопластичных жидкостях [Текст] : монография / В. А. Морозов, А. В. Морозов ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 166 с.
4. Морозов, В. А. Работа центробежных насосов на вязкопластичных жидкостях [Электронный ресурс] : монография / В. А. Морозов, А. В. Морозов ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Электрон. текстовые дан. (81 353 КБ). - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 166 с.