

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комин Андрей Эдуардович

Должность: ректор

Дата подписания: 07.01.2021 21:04:22

Уникальный программный идентификатор:

f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448452ab8cac6fb1af6547b6d40cdf1bdc60ae2

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

Инженерно-технологический институт

Кафедра водоснабжения и  
водоотведения

## **Насосные станции водоснабжения и водоотведения**

Методические указания по выполнению курсового проекта на тему  
«Проектирование водопроводной насосной станции II-го подъема»  
для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки  
20.03.02 «Природообустройство и водопользование»

Уссурийск 2016

УДК 626

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

Рецензент: Кудрявцева Т.Л., старший преподаватель кафедры землеустройства

Насосные станции водоснабжения и водоотведения: методические указания по выполнению курсового проекта на тему «Проектирование водопроводной насосной станции II-го подъема» для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» / ФГБОУ ВО ПГСХА; сост. А.А. Богатый. – Уссурийск, 2016 - 29с.

Печатается по решению методического совета ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

Обеспечение населенных пунктов, промышленных предприятий, агропромышленных комплексов надежно действующими системами водоснабжения является важным средством улучшения жизни человека.

Насосные станции являются основными элементами систем водоснабжения.

Методические указания написаны в соответствии с программой курса «Насосы и насосные станции» для студентов направления подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование». Для приобретения студентами практических навыков при проектировании предусматривается курсовой проект.

Курсовой проект по дисциплине «Насосные станции водоснабжения и водоотведения» заключается в разработке проекта «Водопроводные насосные станции II-го подъема».

Целью данного проекта является усвоение методики подбора насосного оборудования, проектирования водопроводных насосных станций, углубление знаний конструкций и работы насосов, компоновки технологического оборудования, получение навыков анализа эффективности работы насосной станции в системе водоснабжения.

Работа над проектом развивает у студентов навыки самостоятельной разработки и анализа принятых инженерных решений и умения пользоваться специальной, технической и нормативной литературой.

### 1. Задание на курсовой проект

Курсовой проект включает разработку проекта водопроводной насосной станции II-го подъема для населенного пункта, заданного в курсовом проекте «Водоснабжение населенного пункта».

Для выполнения курсового проекта в задании должны быть приведены следующие исходные данные:

1. Характеристика обслуживаемой системы водоснабжения, достаточная для определения категории надежности подачи воды.

2. Расчетное суточное водопотребление и его распределение по часам.

3. Пожарный расход.

4. Пьезометрическая отметка в конце напорных водоводов или отметка максимального уровня воды в водонапорной башне.

5. Отметки характерных максимальных и минимальных уровней перекачиваемой воды в резервуаре чистой воды (РЧВ).

6. Длина всасывающих и напорных водоводов.

7. Отметка поверхности земли у насосной станции.

8. Максимальная отметка уровня грунтовых вод.

9. Глубина сезонного промерзания грунтов  $h$ .

10. Стоимость электроэнергии в районе проектирования.

## 2. Содержание и оформление курсового проекта

Курсовой проект должен иметь пояснительную записку и чертеж, выполненный на листе формата А – 1.

Пояснительная записка должна иметь следующее содержание:

Введение

### 1. Режим работы насосной станции и подбор насосов.

1.1 Определение количества рабочих агрегатов и производительности насосной станции.

1.2 Выбор режима работы насосной станции и определение объема регулирующей емкости.

1.3 Гидравлический расчет всасывающих и напорных трубопроводов.

1.4 Определение расчетных напоров насосов II-го подъема.

1.5 Подбор насосов и электродвигателей.

1.6 Построение и анализ графика совместной работы насосной станции и сети.

### 2. Проектирование строительной части насосной станции

2.1 Определение отметок оси насоса и пола машинного зала.

2.2 Компоновка оборудования и помещений насосной станции.

2.3 Описание строительной части здания насосной станции.

2.4 Спецификация оборудования.

Пояснительная записка выполняется в виде рукописного текста на бумаге формата А-4. В начале записки помещается титульный лист, затем приводится задание на курсовой проект.

Схемы, выкопировки и графики в записке приводятся на листах миллиметровки или бумаги формата А-4 (чертежи, выполненные на форматах меньшего размера, наклеиваются на листы формата А-4). В число приводимых схем и графиков включаются: суточный график водопотребления с нанесенным на него графиком подачи насосной станции; чертежи с габаритными размерами принятых к установке насосов и электродвигателей; характеристики насосов; графики совместной работы насосов и трубопроводов с нанесением на них рабочих точек; вертикальная схема насосной станции; схема грузоподъемного оборудования; схема расположения агрегатов и трубопроводов в плане и прочие эскизы и схемы, поясняющие принятые решения.

В записке приводятся ссылки на нормативные и литературные источники, справочные материалы, а в конце её перечень использованной литературы. Записка должна быть полной, конкретной и краткой. Не следует приводить в записке общие теоретические и инженерные положения.

На чертежном листе в масштабе 1:50 или 1:100 обязательно приводятся продольный и поперечный разрезы насосной станции и план машинного зала. Спецификацию, составленную по установленной форме, следует размещать на чертежном листе.

### 3. Методические указания по выполнению курсового проекта

#### 3.1 Определение количества рабочих агрегатов и производительности насосной станции

При выборе количества устанавливаемых агрегатов и их производительности следует учитывать совместную работу насосов, водоводов, сети и руководствоваться следующими положениями:

- принимать по возможности к установке на станции насосы одной марки;
- стремиться к установке минимального числа более мощных агрегатов, имеющих более высокий коэффициент полезного действия (к.п.д.).

Число резервных насосов определяется в зависимости от категории надежности насосной станции и числа установленных рабочих насосов согласно п. 7.3 /3/.

В курсовом проекте для насосной станции II и III категории до 6 насосов применяется один резервный агрегат.

Часовая производительность насосов при равномерной работе составляет 4,167 % от максимального суточного расхода. Число рабочих агрегатов в этом случае зависит от наличия насосов данной производительности по каталогу.

При этом каждый из насосов будет подавать

$$Q_n = \frac{4,167 \cdot a \cdot Q_{сут \max}}{n} \quad (3.1)$$

где  $n$  - число рабочих насосов;

$a$  - коэффициент параллельности.

При работе одного насоса  $a = 1$ ; при двух  $a = 0,9$ ; при трех  $a = 0,85$ ; при четырех  $a = 0,8$ .

При ступенчатой работе насосов в часы минимального водопотребления (в ночное время) назначается работа одного насоса, затем при увеличении водопотребления (в утренние часы) включается второй (или

группа насосов). Число ступеней следует назначать не более трех, т.к. при большем числе затруднена эксплуатация насосной станции.

Время включения насосов второй ступени назначается в зависимости от графика водопотребления.

При выполнении курсового проекта задаются равномерным режимом работы насосной станции и ступенчатым.

При ступенчатой работе нескольких, например, двух одинаковых насосов, суточная производительность насосной станции определяется следующим выражением

$$Q_{нс} = Q_1 \cdot t_1 + 2Q_1 \cdot t_2 \cdot a_2 \quad (3.2)$$

где  $t_1, t_2$  - соответственно продолжительность работы одного и двух насосов, час;

$a_2$  - коэффициент параллельности насосов;

$Q_1$  - производительность одного насоса, %.

Из уравнения (3.2)

$$Q_1 = \frac{100}{t_1 + 2t_2 a_2} \quad (3.3)$$

Производительность двух одинаковых насосов, работающих параллельно, соответственно равна

$$Q_2 = 2Q_1 \cdot a_2 \quad (3.4)$$

Значения  $Q_1, Q_2$  определяются в % и заносятся в графу 7 табл.1.

Расчетный режим и производительность насосов выбирается по варианту с наименьшим объемом регулирующей емкости.

Режим работы насосной станции при пожаротушении в час максимального водопотребления следует устанавливать по графику совместной работы насосов и трубопроводов. Пожарный расход определяется по формуле

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{н.ст}} + q_{\text{пож}} \quad (3.5)$$

где  $q_{\text{пож}}$  - пожарный расход, определяется в соответствии с п.2.6 /3/.

### 3.2 Выбор режима работы насосной станции и определение объема регулирующей емкости

Насосная станция II подъема подает воду из резервуара чистой воды в бак водонапорной башни (контррезервуар) или регулирующие емкости. Производительность насосов и режим их работы выбирают так, чтобы емкость водонапорных баков была минимальной, а насосы работали с наибольшим коэффициентом полезного действия и использование их было наиболее полным.

При подаче воды больше водопотребления (ночью), избыток воды идет в регулируемую емкость (водонапорный бак). В часы, когда водопотребление превышает подачу, недостающее количество воды поступает в сеть из водонапорного бака. Значит, чем меньше разность между подачей и потреблением, тем меньше объем водонапорного бака.

Назначение режима работы насосной станции ведут на основе анализа графика водопотребления (режима распределения расходов по часам суток) и графика работы насосов. При этом следует рассмотреть несколько возможных вариантов режима работы насосов и выбрать оптимальный.

Работа насоса может быть принята равномерной в течение суток или ступенчатой, при которой одни насосы работают круглые сутки, а другие в часы максимального водопотребления.

Равномерный режим работы рекомендуется для систем водоснабжения с подачей не более 15 000 м<sup>3</sup>/сут.

При больших суточных расходах, рекомендуется как равномерная, так и ступенчатая работа насосов.

Объем регулирующей емкости принимают 2,5 - 6 % от суточной подачи при ступенчатой работе насосной станции, и 8 - 15% при равномерной подаче.

Выполнение емкости водонапорного бака выполняется табличным методом (табл.3.1).

Таблица 3.1 - Определение объемов регулирующей емкости

Время суток	Часовое водопотребление, %	Равномерная работа насосов, %, I вариант				Ступенчатая работа насосов, %, II вариант			
		Подача насосами	Поступление в бак	Расход из бака	Остаток в баке	Подача насосами	Поступление в бак	Расход из бака	Остаток в баке
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

При равномерной работе насосов в течение суток, насосы подают 1 час:

$$Q_n = \frac{100}{24} = 4,167\% \text{ от суточного расхода.}$$

Поступление воды в бак определяется как разность между подачей воды насосами (графы 3 и 7) и водопотреблением (графа 2). Если эта разность положительна, то вода будет поступать в бак и результат записывается в графы 4 и 8 (табл.1), если отрицательна, вода будет поступать из бака и результат заносим в графы 5 и 9 (табл.1).

Регулирующий объем бака в % равен сумме наибольших по абсолютной величине положительных и отрицательных остатков воды в баке (графы 6 и 10 табл. 3.1).

Регулирующий объем  $W_{рег}$  в м<sup>3</sup> определяется по двум вариантам по формуле

$$W_{рег} = \frac{Q_{\max \text{ сум}} \cdot P_{\max}}{100} \quad \text{м}^3, \quad (3.6)$$

где  $P_{\max}$  – регулирующий объем в %.

Пожарный объем  $W_{пож}$  предусматриваемый в баке определяется по формуле

$$W_{пож} = \frac{Q_{пож} \cdot t}{60}, \quad \text{м}^3 \quad (3.7)$$

где  $Q_{пож}$  - расход сети во время пожара, м<sup>3</sup>/с;

$t$  - нормативное время включения пожарных насосов,  $t = 10$  мин.

Общий объем бака равен

$$W_{общ} = W_{рег} + W_{пож} \quad \text{м}^3, \quad (3.8)$$



Расчетный режим и производительность насоса выбирается по варианту с наименьшим объемом регулирующей емкости.

### 3.3 Гидравлический расчет всасывающих и напорных трубопроводов

В зависимости от категории насосной станции, число всасывающих трубопроводов может быть принято равным числу рабочих насосов, но не менее двух.

Всасывающие трубопроводы выполняются из стальных труб. Длина всасывающих трубопроводов устанавливается заданием.

Расчетный расход одного всасывающего водовода определяется по формуле

$$Q_{вс} = \frac{Q_{н.ст}}{n_{вс} - 1} \quad \text{л/с,} \quad (3.9)$$

где  $n_{вс}$  - число всасывающих трубопроводов;

$$n_{вс} = 2.$$

При выборе диаметра труб следует принимать скорости движения воды, приведенные в табл.3.2.

Таблица 3.2 - Рекомендуемые скорости движения воды

Диаметр труб, мм	Скорости движения воды в трубах, м/с	
	всасывающем	напорном
до 250	0,7-1,0	1,0-1,5
от 300 до 800	1,0-1,5	1,2-2,0
более 800	1,5 -2,0	1,8-3,0

Расчет диаметра всасывающего трубопровода ведется в следующем порядке:

- принимается скорость движения потока  $U_{вс}$ , согласно табл.3.2;
- вычисляется площадь сечения трубы  $\omega_{вс}$ ;
- вычисляется диаметр трубопровода  $d_{вс}$ ;
- принимается ближайший стандартный диаметр.

Число напорных водоводов и их длина дается в задании к курсовому проекту. Для станций I и II категории надежности принимается не менее двух водоводов.

При выборе материала наружного напорного водовода следует ориентироваться на неметаллические трубы: асбестоцементные, пластмассовые и т.д.

При больших напорах в условиях предприятий и населенных мест со сложными подземными коммуникациями при соответствующем технико-экономическом обосновании водоводы могут быть стальными.

Из-за отсутствия необходимых подробных данных о трассе и исходя из требования надежности работы водоводов, в качестве напорных водоводов в курсовом проекте принимаются стальные трубы.

Расчетный расход напорного водовода определяется по формуле

$$Q_n = \frac{Q_{н.ст}}{n} \quad \text{л/с,} \quad (3.10)$$

где  $Q_{н.ст}$  - расчетная подача насосной станции;

$n$  - число напорных водоводов;

$$n = 2$$

Диаметр напорных водоводов выбирается с учетом стоимости труб, производства работ и затрат на электроэнергию. Для каждого диаметра при определенных условиях строительства и эксплуатации, которые характеризуются экономическим фактором существуют определенные расходы, при которых экономически оправдано применение именно этого диаметра.

Величина экономического фактора вычисляются по формуле:

$$\mathcal{E}_\phi = 85900 \frac{mk\sigma}{\alpha b(12.5 + R)}, \quad (3.11)$$

где  $m$  - показатель степени при диаметре;

$k$  - коэффициент для гидравлического уклона;

$\sigma$  - стоимость электроэнергии, коп (кВт.час)

$\alpha$  - показатель степени при диаметре;

$b$  - коэффициент для определения строительной стоимости водоводов;

$R$  - отчисления на амортизацию.

Коэффициенты  $m, k, \sigma, a, b, R$  определяются по таблице 3 /2/.



### 3.4 Определение расчетных напоров насосов II подъема

Режим работы насосной станции и расчетные напоры существенно зависят от наличия и места расположения водонапорной башни на водопроводной сети.

Различают следующие системы:

С башней в начале сети; бесбашенная и с башней в конце сети (с контррезервуаром).

#### 1. Система с башней в начале сети.

При этой системе расчетной отметкой  $Z$  для определения геодезического напора в час максимального водопотребления является максимальная отметка поверхности воды в водонапорной башне.

Необходимый напор насоса определяется по формуле

$$H_n = H_z + h_{вс} + h_{н.ст} + h_{вдм} + h_n \quad \text{м,} \quad (3.15)$$

где  $H_z$  - геодезическая высота подъема воды, равная  $(Z - Z_{\min})$  м ;

$Z$  - максимальная отметка поверхности воды в водонапорной башне, м;

$Z_{\min}$  - минимальная отметка воды в резервуаре чистой воды, м;

$h_{вс}$  - потери напора во всасывающих трубопроводах от резервуара чистой воды до насосной станции, м;

$h_{н.ст}$  - потери напора в насосной станции, м;

$$h_{н.ст} = (1 \div 2,5) \text{ м ;}$$

$h_{вдм}$  - потери напора в водомере, м;

$$h_{вдм} = (1 \div 1,5) \text{ м ;}$$

$h_n$  - потери напора в напорном водоводе, м.

#### 2. Бесбашенная система.

Расчетный напор определяется также, как и в системе с башней в начале сети по формуле (3.15). Отличие в том, что при определении высоты  $H_r$  в качестве расчетной отметки  $Z$  принимается пьезометрическая отметка в конце напорных водоводов, определенная гидравлическим расчетом сети для часа максимального водопотребления.

#### 3. Система с башней в конце сети (с контррезервуаром)

Необходимый напор насоса определяется по формуле

$$H_n = H_z + h_{bc} + h_{н.см} + h_{вдм} + h_n + h_c \quad \text{м,} \quad (3.16)$$

где  $H_z = Z_c - Z_{\min}$  м;

$Z_c$  - отметка на высоте свободного напора в диктующей точке сети, м;

$Z_{\min}$  - минимальная отметка воды в резервуаре чистой воды, м;

$h_c$  - потери в сети при подаче максимального хозяйственного расхода, м.

Остальные обозначения те же, что и в формуле (3.15).

При определении расчетного напора пожарного насоса надо иметь в виду, что при подаче воды на тушение пожара свободный напор в диктующей точке может снижаться до 10 м. В то же время пропуск увеличенного при пожаре расхода сопровождается увеличением гидравлических сопротивлений в сети. При схеме с водонапорной башней в начале сети, если пьезометрическая линия у башни окажется выше дна башни, при опорожненном баке часть пожарного расхода может во время пожара поступать в башню, а не к месту пожара. Во избежание этого башню надо отключать.

Напор насосов при пожаре определяется по формуле

$$H_n^n = H_z^n + h_{bc}^n + h_{н.см}^n + h_{вдм}^n + h_n^n + h_c^n \quad \text{м,} \quad (3.17)$$

где  $H_z^n = Z^n - Z_{\min}$ , м;

$Z^n$  - отметка пьезометрической линии в диктующей точке сети при пожаре, м.

Остальные обозначения те же, что и в формуле (3.15), но при подаче пожарного расхода.

Результаты расчетов по формулам (3.15) - (3.17) сводятся в табл. 3.4.

Таблица 3.4 – Расчетные напоры насосной станции

Расчет- ный режим	$Q_p$ л/с	$H_z$ м	$h_{bc}$ м	$h_{н.см}$ м	$h_{вдм}$ м	$h_n$ , м	$h_c$ , м	$\sum h$ , м	$H_n = H_z + \sum h$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### 3.5 Подбор насосов и электродвигателей

При выборе насосов рассматриваются варианты с одним, двумя и большим числом рабочих агрегатов « $n_n$ ». Для станций 1 категории принимается  $n_n \geq 2$ .

Поддача одного насоса определяется по формуле:

$$Q_{pn} = \frac{Q_{н.ст}}{n_n} \quad \text{л/с,} \quad (3.18)$$

где  $n_n$  - количество насосов,  $n = 2$ .

По вычисленным  $Q_{pn}$  и  $H_{pn}$  необходимый рабочий насос выбирают из сводных графиков характеристик насосов, приведенных в каталогах насосов /4/.

Пожарный насос подбирается по  $Q_{pn}^n$  и  $H_{pn}^n$  по тем же сводным графикам характеристик насосов.

Напор  $H_{Q_{pn}}$ , определенный по характеристике при подаче  $Q_{pn}$  должен быть равен или не более, чем на 10 % превышать расчетный напор насоса  $H_{pn}$ .

Отклонение по напору вычисляется по формуле

$$\Delta H = \frac{H_{Q_{pn}} - H_{pn}}{H_{Q_{pn}}} \cdot 100\% < 10\% , \quad (3.19)$$

При большем расхождении рассчитывается обточка рабочего колеса. Выбор горизонтальных насосов (насосов с большой высотой всасывания) позволяет уменьшить заглубление насосной станции.

Если точка с координатами  $Q_{pn}$  и  $H_{pn}$  попадает в зону работы двух насосов, то при сопоставлении предпочтение отдается тем насосам, у которых коэффициент полезного действия в рабочей точке оказывается больше.

Учитывая, что при избыточной подаче насоса ее (подачу) приходится уменьшать прикрытием задвижки, принимать следует те насосы, у которых

будет большим приведенный коэффициент полезного действия (кпд) насосной установки

$$\eta_{н.уст} = \eta \frac{H_{рн}}{H_{Qрн}} \quad (3.20)$$

где  $\eta$  - кпд насоса при подаче  $Q_{рн}$  ;

$H_{рн}$  - расчетный напор насоса, м;

$H_{Qрн}$  - напор, снятый с характеристики при подаче  $Q_{рн}$  .

После подбора насосов схемы, характеристики, габаритные размеры и технические данные насосов из каталогов переносятся на кальку или ксерокопируются и прикладываются к пояснительной записке. Одновременно выписывается марка двигателя и его техническая характеристика.

По формуле (3.21) определяется требуемая мощность и проверяется пригодность поставляемого с насосом двигателя.

В тех случаях, когда в каталогах по насосам отсутствуют данные по электродвигателям, подбор их производится по необходимой мощности двигателя  $N_{дв}$  и частоте вращения « $n$ ».

При непосредственном соединении вала насоса с валом электродвигателя (муфту) мощность вычисляется по формуле

$$N_{дв} = \frac{k \cdot \rho \cdot g \cdot Q_{рн} \cdot H_{рн}}{1000 \eta_n} \quad \text{кВт}, \quad (3.21)$$

где -  $\rho$  плотность перекачиваемой жидкости,  $\text{кг/м}^3$  , для воды

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3 ;$$

$Q_{рн}$  - подача насоса;

$H_{рн}$  - напор насоса, м;

$\eta_n$  - кпд насоса в рабочем режиме;

$k$  - коэффициент запаса, учитывающий возможные перегрузки электродвигателя при эксплуатации.

Коэффициент запаса  $k$  определяется по таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Коэффициент запаса мощности двигателя

$N, \text{квт}$	$< 20$	$20-60$	$60-300$	$\geq 300$
$R$	1,25	1,25	1,15	1,1

### 3.6 Построение и анализ графика совместной работы насосов и трубопроводов

Рабочие параметры насосов  $(Q, H, \eta, N, H_{\text{вак}}^{\text{дон}})$  для всех расчетных случаев работа гидравлической системы определяются на основе графоаналитического анализа совместной характеристики насосов и водоводов, которые рассчитываются, а затем строятся на мм бумаге для часа максимального водопотребления (транзита) и для случая пожаротушения (рис.1).

Для построения совместной характеристики двух или трех одинаковых параллельно работающих насосов соответственно удваивают и утраивают абсциссы характеристик насосов при произвольно выбранных значениях напоров по полученным точкам проводят кривые  $H - 2Q$  и  $H - 3Q$  - соответственно двух и трех параллельно работающих насосов (рис.1).

На этом же графике строится приведенная (т.е. с учетом потерь напора в водомерах и насосной станции) характеристика системы трубопроводов. Для этого необходимо провести расчет потерь напора в системе для нескольких (4-5) расходов  $Q_x$ , выбранных в пределах характеристики  $H - Q$  насоса по формулам (3.15).

Для упрощения расчетов удобно сначала представить потери напора в трубопроводах  $h_{\text{вс}}; h_n$ ; насосной станции  $h_{\text{нс}}$  и водомерах  $h_{\text{вдм}}$  зависимостью

$$h = S \cdot Q^2 \quad (3.22)$$

где  $S$  - удельное сопротивление.

Для этого по известным значениям  $h_{\text{вс}}; h_n; h_{\text{нс}}; h_{\text{вдм}}$  и  $Q_p$  (табл.3.4) надо определить величины  $S_{\text{вс}}, S_n, S_{\text{нс}}, S_{\text{вдм}}$  по формуле

$$S = \frac{h}{Q_p^2} \quad (3.23)$$



Подставляя в формулу (3.22) найденные  $S_{вс}, S_n, S_{нс}, S_{вдм}$  для четырех – пяти значений  $Q_x$ , определяют  $h_{всx}; h_{нx}; h_{нсx}; h_{вдмx}$ . Результаты расчетов сводят в табл.3.6.

Таблица 3.6 – Расчет характеристики системы

$Q_x,$ $M$	$Q_x^2,$ $M$	$S_{вс} =$ $h_{всx},$ $M$	$S_n =$ $h_{нx},$ $M$	$S_{нс} =$ $h_{нсx},$ $M$	$S_{вдм} =$ $h_{вдмx},$ $M$	$S_c =$ $h_{cx},$ $M$	$\sum h_x,$ $M$	$H_{mp} =$ $H_z + h_x,$ $M$
1	2	3	4	5	6	7	8	9

По значениям  $Q_x$  и  $H_{mp}$  строится приведенная характеристика одного водовода (рис.1). Удваивая абсциссы характеристики одного водовода, получают приведенную характеристику двух параллельно работающих водоводов.

Характеристика водоводов при пожаротушении строится аналогично по данным табл. 3.6. При этом геометрическая высота подъема при пожаре  $H_z^n$  может быть меньше за счет снижения напора в диктующей точке сети с отметкой  $Z^n$  до 10 метров.

Тогда высота водоподъема при пожаре  $H_z^n$  вычисляется по формуле

$$H_z^n = Z^n + 10 - Z_{\min} \quad \text{м}, \quad (3.24)$$

где  $Z^n$  - отметка диктующей точки, м;

$Z_{\min}$  - минимальная отметка в РЧВ, м.

Точки пересечения характеристик водоводов и насосов ( $A_1, A_2$ ) называются рабочими точками и определяют фактическую подачу  $Q_\phi$  и фактический напор  $H_\phi$  для всех режимов работы насосной станции. Эти точки должны находиться в рабочей зоне насоса.

Для анализа совместной работы системы насосная станция - водоводы составляется табл.3.7, в которую заносятся параметры работы насосов, соответствующие предварительно выбранным по ступенчатому графику подачи  $Q_{нс}$ .

Расчетный напор  $H_n$  принимается по табл. 3.4. Фактическая подача  $Q_\phi$  и напор  $H_\phi$  определяются по рабочим точкам (рис.1). Коэффициент полезного действия (КПД) насосов снимается с характеристики насоса

$\eta - Q$ . КПД насосной станции для каждого режима вычисляется по приближенной формуле

$$\eta_{нс} = \frac{\eta_n \cdot H_n}{H_\phi} \quad (3.25)$$

Таблица 3.7 – Режим работы насосной станции

Режим работы станции	Подача, л/с		Напор, м		КПД	
	$Q_{рнс}$	$Q_\phi$	$H_n$	$H_\phi$	$\eta_n$	$\eta_{нс}$
1	2	3	4	5	6	7

Рис. 1. Совместная характеристика работы насоса и водоводов

На основе анализа данных табл. 3.7 делается заключение о соответствии расчетных и фактических подач и напоров насосной станции. Если напор насосов значительно превышает расчетный (>10 %), необходимо произвести изменение его рабочей характеристики путем обточки рабочего колеса или принять меньший диаметр водоводов, или предусмотреть дросселирование подачи задвижкой.

Фактическая подача может отличаться от расчетной не более, чем на 5 %.

Однако водопотребление населенного пункта, обеспечиваемое насосной станцией II подъема, постоянно меняется в течение суток, в течение недели, в течение года, от года к году. В связи с этим доводить путем обточки рабочих колес характеристики насосов точно до расчетных расходов и напоров необязательно, т.к. время, в течение которого эти расходы будут иметь место - непродолжительно.

### 3.7 Подбор вспомогательного оборудования

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации основного оборудования и сооружений насосной станции необходимо устройство различных вспомогательных систем. К ним относятся:

#### 1. Дренажные насосные установки.

Они предназначены для откачки из подземной части насосной станции грунтовых вод, фильтрующих через стены здания, утечек через сальники насосов и воды, изливающейся при ремонте оборудования.

Для сбора дренажных вод в машинном зале устраивается дренажный колодец. Объем колодца принимают равным подаче дренажного насоса в течение 10—15 минут. Вода к колодцу подводится дренажными лотками, расположенными у стен. Пол машинного зала выполняется с уклоном (0,002 ÷ 0,005) в сторону лотков в насосной станции II – го подъема вода откачивается в наружную систему водоотведения.

Подача дренажных насосов определяется по формуле

$$Q_{др} = (1,5 \div 2)(\Sigma q_1 + q_2) \quad \text{л/с}, \quad (3.26)$$

где  $\Sigma q_1$  - суммарные утечки через сальники, по 0,05 ÷ 0,1 л/с на каждое сальниковое уплотнение;

$q_2$  - фильтрационный расход через стены и пол здания, л/с.

Ориентировочно  $q_2$  определяется по формуле

$$q_2 = 1,5 + 0,001W \quad \text{л/с}, \quad (3.27)$$

где  $W$  – объем части машинного зала, расположенной ниже максимального уровня грунтовых вод, м<sup>3</sup>.

Напор дренажного насоса вычисляется по формуле

$$H_{др} = h_{загл} + (2 \div 4) \quad \text{м}, \quad (3.28)$$

где  $h_{загл}$  - величина заглубления насосной станции, м.

В качестве дренажных удобно применять вихревые консольные самовсасывающие насосы ВКС или погружной центробежный моноблочный канализационный насос ЦМК. Технические характеристики насосов приведены в табл.14/2/.

Дренажных насосов устанавливают не менее двух(один – резервный).

## 2. Аварийные осушительные насосы

Их устанавливают для осушения машинного зала в случае его затопления при аварии или ремонте оборудования.

Производительность насоса определяется по формуле

$$Q_{oc} = \frac{0,5 \cdot F}{3,6 \cdot t} \quad \text{л/с}, \quad (3.29)$$

где  $F$  - площадь машинного зала, м<sup>2</sup>;

$t$  - время откачки в часах( не более 2 часов).

Принимается не менее двух насосов (один резервный).

## 3. Вакуум – насосы

Если в насосной станции устанавливаются основные насосы с положительной высотой всасывания  $H_s$ , то для заливки основных насосов подбирают вспомогательные вакуум-насосы.

Требуемую подачу вакуум-насоса определяют исходя из времени, необходимого для заливки насоса, по формуле

$$Q_{вн} = \frac{1000k(W_n + W_{mp})H_a}{60t(H_a - H_s)} \quad \text{л/с}, \quad (3.30)$$

где  $k$  - коэффициент запаса, учитывающий возможность проникновения воздуха через неплотности (сальники, фланцевые соединения)  $k = 1,05 \div 1,1$ ;

$W_n$  - объем воздуха в насосе до задвижки на напорном трубопроводе, м<sup>3</sup>;

$W_{mp}$  - объем воздуха во всасывающем трубопроводе, м<sup>3</sup>;

$t$  - время заливки, мин;  $t = 3 \div 10$  мин;

$H_a$  - напор, соответствующий барометрическому давлению;  
в обычных условиях принимается равным 10 м;

$H_s$  - геометрическая высота всасывания насоса, считая от оси насоса до расчетного уровня воды в резервуаре при запуске, м.

Напор – разрежение равно

$$P = 10 \cdot H_s (1,1 \div 1,15) \quad \%, \quad (3.31)$$

В качестве вакуум-насосов чаще всего принимаются водокольцевые насосы ВВН, КВН и РМК.

Количество вакуум-насосов вместе с резервным принимается не менее двух.

#### 4. Проектирование строительной части насосной станции

##### 4.1 Определение отметок оси насоса и пола машинного зала

Отметка оси насоса определяется в зависимости от принятой схемы его расположения: под залив или с положительной высотой всасывания.

При схеме расположения с положительной высотой всасывания предельное превышение оси насоса над минимальным уровнем воды в источнике  $H_s$  определяется по формуле

$$H_s = H_o - h_{нж} - \Delta h_{дон}^{\max} - h_{вс} \quad \text{м}, \quad (4.1)$$

где  $H_o$  - атмосферное давление в месте сооружения насосной станции,  $H_o = 10$  м;

$h_{нж}$  - давление упругих паров перекачиваемой жидкости, для воды при  $t = 20^\circ \text{C}$   $h_{нж} = 0,24$  м;

$\Delta h_{дон}^{\max}$  - принятое наибольшее значение кавитационного запаса при  $Q = 1,1Q_{рн}$ , приводимое в характеристике насоса;

$h_{вс}$  - потери напора во всасывающем трубопроводе, соответствующие наибольшему расходу, м.

Отметка оси насоса вычисляется по формуле

$$\downarrow_{оси}^{нас} = \downarrow \min PЧВ + H_s \quad \text{м}, \quad (4.2)$$

где  $\downarrow \min PЧВ$  - отметка минимального уровня воды в резервуаре чистой воды (РЧВ), м.

Отметка пола машинного зала определяется по формуле

$$\downarrow \text{пола}_{\text{м.з.}} = \downarrow_{\text{оси}}^{\text{нас}} - A - (0,3 \div 0,5) \quad \text{м}, \quad (4.3)$$

где  $\downarrow_{\text{оси}}^{\text{нас}}$  - отметка оси насоса, м;

$A$  - конструктивный размер от оси насоса до подошвы станины насоса, определяется по установочным чертежам, м;

$(0,3 \div 0,5)\text{м}$  - выступ фундамента над полом машинного зала.

В насосных станциях II подъема основные насосы, как правило, устанавливаются под залив. Это облегчает их запуск и упрощает схему автоматизации насосной станции. У насосов, установленных под залив, верх корпуса должен быть расположен не менее, чем на  $0,3 \div 0,5$  м ниже расчетного уровня в резервуарах чистой воды: для объединенной хозяйственно-пожарной или пожарной группы насосов – ниже уровня пожарного запаса.

Отметка оси насоса определяется в соответствии с габаритными размерами насосных агрегатов.

Отметка пола надземной части здания принимается на  $0,1 \div 0,15$  м выше планировочной отметки поверхности земли.

Отметка пола машинного зала и заглубление насосной станции, как правило, определяются посадкой пожарных насосов, исходя из отметки верха насоса, габаритных размеров насосного агрегата и высоты фундамента под насосным агрегатом над уровнем пола ( $0,2 \div 0,3$ ) м.

В заглубленных и полузаглубленных насосных станциях для защиты от возможного затопления при аварии в пределах машинного зала электродвигатели насосов располагаются на высоте не менее  $0,5$  м от пола машинного зала.

#### 4.2 Компоновка оборудования и помещений насосной станции

Компоновка заключается в правильном расположении конструкций и размещении оборудования как в плане, так и вертикальной плоскости.

Здание насосной станции заглубленного типа состоит из подземной и надземной частей. В подземной части здания размещаются центробежные насосы с горизонтальным валом и двигатели основных насосов.

В надземной части располагаются пусковые и распределительные устройства, грузоподъемное оборудование, монтажная площадка и вспомогательные помещения.

Монтажная площадка, размеры которой должны обеспечивать проходы вокруг автомобиля и демонтируемого оборудования шириной 0,7 м, проектируется на уровне пола первого этажа в торце здания в виде балкона над машинным залом. Минимальные размеры монтажной площадки определяются маркой используемых автомобилей и принимаются по табл. 15/2/.

Проектирование машинного зала, как правило, прямоугольного в плане следует начинать с компоновки основного оборудования, трубопроводов и арматуры. При небольшом числе насосов принимается однорядное расположение насосных агрегатов, при большом – двухрядное.

Размещение запорной арматуры на всасывающих и напорных трубопроводах, должно обеспечивать возможность замены или ремонта любого из насосов, обратных клапанов, основной запорной арматуры.

Напорная линия каждого насоса должна быть оборудована запорной арматурой и обратным клапаном, устанавливаемым между насосом и запорной арматурой.

Монтажные вставки следует размещать между запорной арматурой и обратным клапаном.

На всасывающих трубопроводах запорную арматуру следует устанавливать у насосов, расположенных под заливом или присоединяемых к общему коллектору.

Всасывающие и напорные коллекторы с запорной арматурой следует располагать в здании насосной станции, если это не вызывает увеличения пролета здания.

Диаметр труб, фасонных частей и арматуры принимается на основании технико-экономического расчета с учетом рекомендуемых скоростей (табл. 3.2).

Размеры машинного зала, ширину, длину и площадь машинного зала определяют исходя из монтажной схемы насосной станции, диаметров труб и размеров насосного агрегата, задвижек, обратных клапанов и требований раздела 12/3/.

Размер арматуры принимается в соответствии с диаметром трубопровода, на котором данная арматура устанавливается табл. 7,8,9 /2/.

Для принятой компоновки насосных агрегатов вычерчивается разрез и план в масштабе 1:50 или 1:100 с нанесением габаритов агрегатов, трубопроводов, фасонных частей, арматуры, мостков, лестниц и определяется пролет машинного зала.

В соответствии с принятой компоновкой агрегатов уточняется вертикальная схема насосной станции, определяются габариты подземной и надземной частей.

Высота надземной части насосной станции определяется с учетом подъемно-транспортного оборудования.

Грузоподъемность подъемно-транспортного оборудования вычисляется по формуле

$$P = k \cdot G \quad \text{т,} \quad (4.4)$$

где  $k$  - коэффициент запаса,  $k = 1,1$ ;

$G$  - масса наибольшей монтажной единицы (насос, электродвигатель, задвижка), т.

Вид подъемно-транспортного оборудования принимается в зависимости от массы монтируемых агрегатов и габаритов здания с учетом удобства эксплуатации по табл. 16,17/2/.

В пояснительной записке вычерчивается схема подъемно-транспортного оборудования и приводятся его размеры.

Высота надземной части для полузаглубленных насосных станций определяется по формуле

$$H_{\text{надз}} \geq h_{\text{тр}} + 0,5 + h_2 + h_c + H + h_1 + 0,1 \quad \text{м,} \quad (4.5)$$

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

принимаемая по табл.15/2/, м;

0,5 - расстояние между грузом и оборудованием, через которое надо приносить груз, м;

$h_2$  - высота переносимого груза, м;

$h_c$  - высота строп, принимается (0,5÷1) м;

$H + h_1$  - размеры подъемно-транспортного оборудования при максимальном поднятии крюка, принимаются с установочных чертежей, м;

0,1 - минимальное расстояние по высоте от низа перекрытия до верха балки или грузовой тележки крана, м.

Полученную высоту  $H_{\text{надз}}$  округляют до ближайшей стандартной: 3; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6; 7,2; 8,4; 9,6 м.

### 4.3 Описание строительной части здания насосной станции

В подземной части насосной станции размещается машинный зал.

Если максимальный уровень грунтовых вод расположен ниже уровня пола машинного зала, то подземная часть выполняется как у обычных промышленных зданий: с отдельными фундаментами под насосное оборудование и под строительные конструкции. При грунтовых водах выше уровня пола подземная часть может быть блочной или камерной.



Объем подземной части должен быть минимальным. 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 подземной части сооружения до 9 м допускается принимать размеры прямоугольных сооружений кратными 1,5 м.

В полузаглубленных насосных станциях камерного типа фундаменты насосов опираются на железобетонную плиту, составляющую основание здания. Бетон днищевой плиты толщиной 0,7 м укладывается на бетонную подготовку толщиной 0,1÷0,15 м по щебеночной подготовке, покрытой гидроизолирующим слоем асфальта толщиной 0,03 м. Размеры фундамента под агрегат зависят от размеров станин насоса и агрегата. Расстояние от анкерных болтов до обреза фундамента изменяются в пределах 0,1÷0,3 м.

Между выступающими частями насосных агрегатов нужно оставлять проход не менее 1 м. Расстояние между агрегатом и стеной должно быть не менее 0,7 м при их расположении в заглубленных помещениях и 1 м – в прочих.

Толщина стен подземной части, по опыту проектирования составляет: при высоте ствола до четырех метров – 0,6 м; до шести метров – 0,8 м.

Надземная часть здания насосной станции имеет конструкцию обычного промышленного здания и может быть каркасного и бескаркасного типа.

При оборудовании с монтажным весом до 3 т надземная часть здания строится в два кирпича (510 мм). При высоте стен более 6 м для большей жесткости устраиваются пилястры, на которые укладываются подкрановые балки.

При монтажном весе оборудования до 5 т стены кладут в два кирпича с пилястрами, которые выступают внутрь здания и служат опорой для подкрановых балок.

Надземная часть здания каркасного типа строится при монтажном весе оборудования более 5 т.

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°.

Для подъема на площадки обслуживания ширина лестниц должна быть не менее 0,7 м, угол наклона – не более 60°.

Для покрытия зданий рекомендуется применять сборные железобетонные плиты размером 3х6 и 3х12 м (доборные плиты 1,5х6 и 1,5х12 м), которые укладываются на фермы, пролетные железобетонные балки или несущие стены верхнего строения.

Кровлю верхнего строения выполняют из рулонных материалов (3 слоя рубероида) по слою утеплителя (засыпка шлака толщиной 0,15 м).

Площадь окон в помещении с естественным освещением принимается не менее 12,5 % площади пола.

Оконные проемы должны иметь ширину 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 м и, соответственно, высоту 1,2; 1,8; 2,4; 3,6 м. Подоконники располагают на высоте 1...1,2 м над уровнем пола.

Габариты провозимого оборудования и автомобиля определяют размеры ворот: 3х3; 3,6х3; 4х3; 4х4,2 м.

Типовые двери имеют высоту 2,4 м при ширине 1,0; 1,5 и 2,0 м.

Внутренние перегородки вспомогательных помещений принимаются толщиной 0,06 – 0,16 м. Камеры трансформаторов и распределительные устройства отделяются капитальными стенами толщиной 0,25 -0,51 м.

В разрезы сооружения выносятся проемы и конек здания. На разрезах проставляются разбивочные оси технологического оборудования. Основные размеры разрезов могут дублировать размеры плана. Отметки строительных конструкций даются относительно пола первого этажа. Отметки пола первого этажа, пола машинного зала, осей основных насосов и внешних трубопроводов дублируются (в скобках) абсолютными значениями отметок.

Конструкции кровли и полов обозначаются при помощи вертикальных линий (флажков), перпендикулярно которым указываются примененные материалы и размеры всех слоев конструкции.

## 5. Спецификация оборудования

Спецификация оборудования составляется для предварительного заказа изготавливаемого на заводах оборудования, для удобства чтения чертежей при строительстве станции, монтаже оборудования и его эксплуатации.

Составляется спецификация одновременно с выбором оборудования, трубопроводов и арматуры.

В спецификацию включается основное вспомогательное насосное оборудование и электродвигатели к нему, подъемно-транспортное оборудование, данные о трубопроводах и арматура.

Спецификация приводится на чертеже по определенной форме. Форма и образец составления спецификации представлены на рис. 22/2/.

В графе «Позиция» обозначается позиция оборудования на чертежах.

В графе «Обозначение» можно сослаться на ГОСТ, завод – изготовитель, справочный материал и литературу, откуда взяты сведения об оборудовании и элементах трубопроводов.

В графе «Наименование» приводятся технические характеристики оборудования, трубопроводов и арматуры.

## Литература

## Основная:

1. Павлинова И.И. Водоснабжение и водоотведение: учебник для бакалавров / И.И. Павлинова, В.И. Баженов, И.Г. Губий. -4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2013. - 472с.

## Дополнительная:

1. Залуцкий Э.В. Насосные станции. Курсовое проектирование: учеб. пособие для студентов вузов/ Э.В. Залуцкий, А.И. Петрухно.-К.: Вища школа. Головное изд-во, 1987.- 167 с.

2.Каталог насосов применяемых в мелиорации.-М.: Росоргтехводстрой, 1988.- 229 с.

3. СНиП 02.04.02. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР- М.: Стройиздат, 1985.-131 с.

4. Усаковский В.М. Водоснабжение и водоотведение в сельском хозяйстве / В.М. Усаковский .-КолосС, 2002.- 328 с.

5. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных и пластмассовых водопроводных труб /Ф.А.Шевелев. – 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Изд-во литературы по строительству, 1970.- 113 с.

6. Чебаевский В.Ф. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок: учеб. пособие для студентов вузов по специальностям природообустройства /В.Ф. Чебаевский, К.П. Вишневский, Н.И. Накладов.- М.: Колос, 2000 – 376 с.(Учебники и учеб. пособия для студентов вузов).

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1.Задание на курсовой проект.....	3
2.Содержание и оформление курсового проекта.....	4
3.Методические указания по выполнению курсового проекта.....	5
3.1.Определение количества рабочих агрегатов и производительности насосной станции.....	5
3.2.Выбор режима работы насосной станции и определение объема регулирующей емкости.....	5
3.3.Гидравлический расчет всасывающих и напорных трубопроводов.....	7
3.4.Определение расчетных напоров насосов II подъема.....	12
3.5.Подбор насосов и электродвигателей.....	14
3.6.Построение и анализ графика совместной работы насосов и трубопроводов.....	16
3.7.Подбор вспомогательного оборудования.....	19
4.Проектирование строительной части насосной станции.....	21
4.1.Определение отметок оси насоса и пола машинного зала.....	21
4.2.Компоновка оборудования и помещений насосной станции.....	22
4.3.Описание строительной части здания насосной станции.....	24
5.Спецификация оборудования.....	26
Литература.....	27

Богатый Александр Афанасьевич

## **Насосные станции водоснабжения и водоотведения**

Методические указания по выполнению курсового проекта на тему «Проектирование водопроводной насосной станции II-го подъема» для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование»

Подписано в печать \_\_\_\_\_ 2016 г. Формат 60x90 1/16 Бумага писчая.

Печать офсетная. Уч.- изд.л. 1,8. Тираж 50 экз. Заказ \_\_\_\_\_

ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

692510, Уссурийск, пр.Блюхера, 44.

Участок оперативной полиграфии ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», 692500, г. Уссурийск, ул. Раздольная, 8