



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»

Учебно-методическое пособие
к выполнению курсового и дипломных
проектов
по дисциплине

**«Насосы и воздухоподъемные
станции»**

Авторы
Щуцкая Е.Е.,
Михайлов В.А.,
Харитонов Т.А.,

Ростов-на-Дону, 2016

Аннотация

Указания содержат методы определения производительности и напора водопроводных насосных станций второго подъема.

Приведены графики водопотребления с коэффициентами часовой неравномерности: 1,15; 1,20; 1,25; 1,30; 1,35; 1,40; 1,50; 1,60; 1,70; и 1,80

Даны рекомендации по подбору насосов и двигателей, выбору материала и диаметра всасывающих и напорных трубопроводов, а также внутростанционных коммуникаций.

Приведена методика пересчета рабочих характеристик насоса при изменении диаметра его рабочего колеса. Изложены методы графического анализа совместной работы станции и водоводов в условиях нормальной эксплуатации и при аварии на одном из водоводов, а также при пожаре.

Приводятся принципы компоновки основного оборудования и трубопроводов.

В конце методических указаний приведено задание на выполнение курсового проекта обучающимися заочного факультета.

Авторы

доц., канд. техн. наук. В.А. Михайлов,
доц., канд. техн. наук Е.Е. Щуцкая,
ассист. Т.А.Харитоновна



Оглавление

Часть 1	5
1. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
2. ГРАФИК ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И РЕЖИМ РАБОТЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ.....	6
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА, МАТЕРИАЛА И ДИАМЕТРА ВСАСЫВАЮЩИХ И НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	15
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОЙ ВЫСОТЫ ПОДЪЕМА ВОДЫ	15
5. ПОДБОР НАСОСОВ И ДВИГАТЕЛЕЙ.....	21
6. АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НАСОСОВ И ВОДОВОДОВ	25
7. РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	35
8. ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ.....	47
9. РАЗРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ.....	48
10. КОНТРОЛЬНО - ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИКА	48
11. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ТРУБОПРОВОДОВ И ФАСОННЫХ ЧАСТЕЙ.....	48
ЛИТЕРАТУРА	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	53
Часть 2	54
7. АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НАСОСОВ И ВОДОВОДОВ	55
8. РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ВОДООТВЕДЕНИЯ. КОНСТРУКЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ.....	62
9. ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ.....	71
10. РАЗРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ.....	72

Насосы и воздухоподводящие станции

11. КОНТРОЛЬНО - ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИКА	72
12. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ТРУБОПРОВОДОВ И ФАСОННЫХ ЧАСТЕЙ.....	73
ЛИТЕРАТУРА	74
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	75
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	77

ЧАСТЬ 1

1. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект включает в себя расчетно-пояснительную записку объемом 15-20 страниц текста и графическую часть, выполняемую на одном листе ватмана стандартного размера 594 x 841 мм, согласно заданию на проектирование (прил. 1,2).

Расчетно – пояснительная записка и чертежи выполняются с соблюдением требований ЕСКД и действующих ГОСТов. В начале записки помещается титульный лист, затем приводится задание на курсовой проект.

В пояснительной записке содержатся:

Титульный лист и задание на проектирование.

Введение

1.Краткая характеристика принятой схемы водоснабжения населенного пункта; расчетные расходы воды и принятый график водопотребления; обоснование принятого режима работы насосной станции и определение её производительности для основных расчетных случаев работы

2.Определение количества, материала, диаметра всасывающих и напорных трубопроводов.

3.Определение напора насосной станции для основных расчетных случаев ее работы, выбор количества и типа насосов, анализ совместной работы насосов и трубопроводов.

4.Определение мощности и типа электрических двигателей основных агрегатов, мощности, типа и количества силовых трансформаторов.

5.Принятая схема размещения основных насосных агрегатов и схема переключения коммуникаций внутри насосной станции с подбором необходимой арматуры, контрольно-измерительных приборов, вспомогательных насосных установок.

6.Выбор грузоподъемного оборудования, определение основных размеров здания насосной станции, его конструктивные решения.

7.Краткое описание системы автоматизации и техники безопасности.

В расчетно-пояснительную записку включаются следующие графические материалы, выполненные на миллиметровке, кальке или белой бумаге:

высотная схема насосной станции с показом минимального и максимального уровней воды в резервуаре чистой воды (РЧВ) и

схематическим показом места подачи воды насосной станцией (водонапорной башни, диктующей точки);

аксонометрическая схема трубопроводов и арматуры внутри насосной станции;

каталожные характеристики и габариты принятых к установке на станции насосов и электродвигателей, а также план фундамента;

графики совместной работы насосов и водоводов с показом на них рабочих точек при всех возможных вариантах работы насосов.

В конце расчетно-пояснительной записки приводится список использованной литературы.

В графической части представляются планы и разрезы насосной станции в масштабе 1:50 для производительности до 30...40 тыс.м³/сут и 1:100 для производительности более 40 тыс.м³/сут, экспликация оборудования и спецификация трубопроводов и арматуры.

2. ГРАФИК ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И РЕЖИМ РАБОТЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Насосная станция второго подъема подает воду из резервуаров чистой воды, расположенных после очистных сооружений водопровода, в разводящую сеть города.

Потребление воды на хозяйственно – питьевые, производственные нужды, на полив зеленых насаждений и мойку дорожных покрытий осуществляется неравномерно по часам суток. Характер водопотребления в течение суток зависит от: климатических условий; степени благоустройства зданий; режима жизни, трудовой деятельности жителей и их числа; количества промышленных предприятий и их производительности, характера выпускаемой ими продукции и многих других факторов. В действующих системах водоснабжения график водопотребления устанавливается путем обработки экспериментальных данных, а для вновь проектируемых систем принимается по аналогии с уже действующими. Основным расчетным параметром системы водоснабжения, в этом случае является максимальный суточный расход ($Q_{сут.макс}$).

Наибольший часовой расход воды ($Q_{ч.макс}$) в сутки наибольшего водопотребления называется расчетным и определяется по формуле

Насосы и воздухоподъемные станции

$$Q_{ч, \text{МАКС}} = K_{ч, \text{МАКС}} \frac{Q_{\text{сут. макс}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1.1)$$

где $Q_{\text{сут. макс}}$ – максимальный суточный расход, в $\text{м}^3/\text{сут}$, определяется согласно заданию на проектирование; $K_{ч, \text{МАКС}}$ – коэффициент часовой неравномерности.

Если известны значения минимального суточного расхода ($Q_{\text{сут. мин}}$) и коэффициента его часовой неравномерности ($K_{ч, \text{мин}}$), то аналогично можно определить значение минимального часового расхода ($Q_{ч, \text{мин}}$) [1]. Между тем для выбора наиболее экономичного режима работы насосной станции необходимо представлять дифференцированную картину динамики отбора воды водопотребителями из водопроводной сети по часам суток.

В табл. 2.1 представлены характерные колебания воды по часам суток, которые получили на основании обобщения большого количества экспериментальных данных, предполагая постоянство расхода в пределах одного часа.

В табл. 2.1 приводятся варианты суточного потребления воды на хозяйственно питьевые нужды по часам суток для различных значений коэффициента часовой неравномерности. Для малых городов или потребителей (при максимальном водопотреблении до 10...15 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$) можно с некоторым приближением принять график водопотребления, соответствующий значениям коэффициента от 1,5 и выше; для средних (при максимальном водопотреблении от 10...15 до 50...70 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$) – 1,30...1,45; для крупных (при максимальном водопотреблении свыше 50...70 – 1,15...1,25). По этому графику можно определить максимальный часовой расход воды в сутки наибольшего водопотребления, который принимается расчетным для водопроводной сети города.

Таблица 2.1
Режим водопотребления по часам суток

Ча- сы су- ток	Часовой расход в % от максимально суточного при $K_{ч, \text{МАКС}}$										
	1,1 5	1,2 0	1,2 5	1,3 0	1,3 5	1,4 0	1,4 5	1,5 0	1,6 0	1,7 0	1,8 0
0 - 1	3,6 0	3,5 0	3,3 5	3,2 0	3,0 0	2,5 0	2,0 0	1,5 0	1,2 5	1,0 0	0,4 0
1 – 2	3,6 0	3,4 5	3,2 5	3,2 5	3,2 0	2,6 5	2,1 0	1,5 0	1,2 5	1,0 0	0,9 0
2 – 3	3,6 0	3,4 5	3,3 0	2,9 0	2,5 0	2,2 0	1,8 5	1,5 0	1,2 5	1,0 0	0,9 0

Насосы и воздухоподводящие станции

3 -	3,6	3,4	3,2	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,2	1,0	1,0
4	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0
4 -	3,6	3,4	3,2	3,3	3,5	3,2	2,8	2,5	1,2	2,0	2,3
5	0	0	5	0	0	0	5	0	5	0	5
5 - 6	3,7	3,5	3,4	3,7	4,1	3,9	3,7	3,5	3,2	3,0	3,8
6	0	5	0	5	0	0	0	0	5	0	5
6 -	4,1	4,0	3,8	4,1	4,5	4,5	4,5	4,5	4,7	5,0	5,2
7	0	0	5	5	0	0	0	0	5	0	0
7 -	4,3	4,4	4,4	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	6,0	6,5	6,2
8	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0
8 -	4,8	5,0	5,2	5,0	4,9	5,3	5,8	6,3	6,7	6,5	5,5
9	0	0	0	5	0	5	0	5	0	0	0
9 -	4,7	4,8	5,0	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	5,8	5,5	4,8
10	0	0	5	0	0	5	5	5	5	0	5
10 -	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,3	5,8	6,2	5,4	4,5	5,0
11	0	0	5	5	0	5	5	5	0	0	0
11 -	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	5,2	5,7	6,2	5,8	5,5	6,5
12	0	5	0	5	0	5	0	5	5	0	0
12 -	4,5	4,5	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5,0	5,8	7,0	7,5
13	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0
13 -	4,4	4,5	4,5	4,3	4,1	4,4	4,7	5,0	5,8	7,0	6,7
14	0	5	5	0	0	0	0	0	5	0	0
14 -	4,5	4,6	4,7	4,4	4,1	4,6	5,0	5,5	5,5	5,5	5,3
15	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	5
15 -	4,5	4,6	4,7	4,5	4,4	4,6	5,3	6,0	5,4	4,5	4,6
16	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	5
16 -	4,5	4,6	4,6	4,5	4,3	4,9	5,4	6,0	5,5	5,0	4,5
17	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
17 -	4,2	4,3	4,3	4,2	4,1	4,6	5,0	5,5	6,5	6,5	5,5
18	0	0	5	5	0	0	5	0	0	0	0
18 -	4,3	4,2	4,4	4,4	4,5	4,7	4,8	5,0	5,7	6,5	6,3
19	0	5	0	5	0	0	5	0	5	0	0
19 -	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,7	5,0	5,8
20	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	5
20 -	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4,0	4,4	4,5	5,0
21	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0
21 -	4,1	4,1	4,2	4,5	4,8	4,2	3,6	3,0	3,1	3,0	3,0
22	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22 -	4,0	3,9	3,7	4,2	4,6	3,7	2,8	2,0	2,0	2,0	2,0
23	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0

Насосы и воздухоподъемные станции

23 -	3,9	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1,2	1,0	1,0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
Ито- го	10 0										

Режим работы насосной станции второго подъема следует назначать в зависимости от принятого графика водопотребления и наличия в составе сети регулирующих ёмкостей: водонапорных башен; резервуаров, расположенных на отметках, обеспечивающих требуемый напор воды у потребителей.

Резервуар водонапорной башни аккумулирует воду в часы, когда производительность насосной станции превышает водопотребление и подает воду в распределительную сеть в часы, когда водопотребление превышает подачу воды насосной станцией.

Наиболее благоприятным режимом работы насосной станции является ее равномерная работа в течение суток, позволяющая применить минимальное число рабочих агрегатов и обеспечить их эксплуатацию в области оптимальных КПД. Однако в этих условиях требуется большой объем резервуара водонапорной башни, что связано со значительными капитальными вложениями. В связи с этим равномерная работа насосной станции в течение суток с часовой производительностью 4,17 % от $Q_{сут}$ целесообразна лишь для небольших населенных пунктов или для объектов с относительно равномерным водопотреблением.

При планировке и рельефе населенного пункта, благоприятных для расположения наземных резервуаров, обеспечивающих необходимый напор воды у потребителей, равномерная работа насосной станции второго подъема может оказаться целесообразной и для относительно крупных объектов.

С целью уменьшения емкости резервуара водонапорной башни применяют ступенчатую работу насосов, при которой одна группа насосов работает в течение суток равномерно, а другие вступают в работу в часы наибольших расходов.

В процессе определения режима работы и количества рабочих насосов необходимо учитывать влияние параллельного включения на подачу насосов. Производительность каждого из насосов при параллельной работе нескольких насосов будет меньше производительности этого же насоса, если он будет работать один на данную систему трубопроводов. Величина снижения расхода при параллельной работе центробежных насосов зависит от формы кривой ($Q - H$) характеристики насоса и характеристики системы, от количества одновременно работающих насосов и колеблется в

Насосы и воздухоподводящие станции

значительных пределах: приблизительно от 10 до 30...40%. Поэтому подбор насосов следует производить при одновременной работе наибольшего числа параллельно работающих насосов.

Для принятого графика водопотребления задают режим работы насосной станции таким образом, чтобы он возможно точнее соответствовал графику водопотребления, а число изменений режима работы не превышало 3...4 в сутки. В зависимости от принятого значения коэффициента неравномерности ($K_{ч, \text{МАКС}}$) рекомендуются следующие варианты режима работы насосной станции:

1. При $K_{ч, \text{МАКС}}$ менее 1,4 - с 23 до 6 часов работают 2 насоса с общей подачей 3,35...3,36 % от $Q_{\text{СУТ. МАКС}}$, с 6...23 часов работают 3 насоса с общей подачей 4,5 % от $Q_{\text{СУТ. МАКС}}$.

2. При $K_{ч, \text{МАКС}}$ менее 1,4 - с 23 до 5 часов работают 2 насоса с общей подачей 3,0% от $Q_{\text{СУТ. МАКС}}$, с 5...23 часов работают 3 насоса с общей подачей 4,55 % от $Q_{\text{СУТ. МАКС}}$.

3. При $K_{ч, \text{МАКС}}$ менее 1,4 - с 0 до 8 часов работают 2 насоса с общей подачей 3,30 % от $Q_{\text{СУТ. МАКС}}$, с 8...24 часов работают 3 насоса с общей подачей 4,6 % от $Q_{\text{СУТ. МАКС}}$.

4. При $K_{ч, \text{МАКС}}$ более 1,3 - с 0 до 4 часов работает 1 насос с подачей 2,5 % от $Q_{\text{СУТ. МАКС}}$, с 4...24 часов работают 2 насоса с общей подачей 4,5 % от $Q_{\text{СУТ. МАКС}}$.

Принятые графики водопотребления и режим работы насосов по часам суток целесообразно совмещать в табл. 2.2.

Таблица 2.2
Водопотребление и режим работы насосов

Часовые промежутки	Расход воды в % от $Q_{\text{СУТ. МАКС}}$	Подача воды насосами в % от $Q_{\text{СУТ. МАКС}}$	Поступление в резервуар (гр.3 – гр.2)	Расход из резервуара (гр.2 – гр.3)	Остаток в резервуаре
1	2	3	4	5	6
0 – 1					
1 – 2					
...					
23 – 24					
Итого	100	100			

Насосы и воздухоподъемные станции

Анализ табл. 2.2 позволяет определить производительность насосной станции второго подъема ($Q_{НС}$), которая будет равна максимальному проценту подачи воды насосной станцией (графа 3), умноженному на $Q_{СУТ.МАКС}$ и деленному на 100 [(м³/ч)].

При заполнении табл. 2.2 цифры граф 4 и 5 находят путем вычитания из больших значений чисел граф 2 и 3 меньших и записывают в соответствующую графу (4 или 5). По этой же таблице можно определить регулируемую емкость резервуара водонапорной башни. Предположив, что в конце самого длинного периода расхода воды из резервуара (графа 5) в нем ничего не остается, против этого часа в графе 6 ставят "0", а затем записывают в графе 6 нарастающим итогом баланс воды в резервуаре, последовательно суммируя часовые поступления и вычитая часовые расходы из резервуара. Величина наибольшего часового наличия воды в резервуаре (графа 6) и будет регулирующей емкостью его в процентах от максимального суточного водопотребления.

Анализ режимов водопотребления и работы насосов можно произвести графически, путем построения по данным граф 2 и 3 табл. 2.2 ступенчатого или интегрального графиков (рис. 2.1, 2.2).

При использовании ступенчатого графика регулирующая емкость определяется наибольшей из отдельных площадей образуемых линией работы насосов и линией водопотребления 1 [например, при равномерной работе насосов – заштрихованная область (от 23 до 5 ч)], равная приблизительно 7 %.

Для определения режима работы насосов и вместимости бака водонапорной башни удобнее пользоваться интегральным графиком. Ординаты интегральных графиков дают суммарное количество воды, поданной с начала суток до каждого рассматриваемого часа. На рис. 2.2 приведен интегральный график

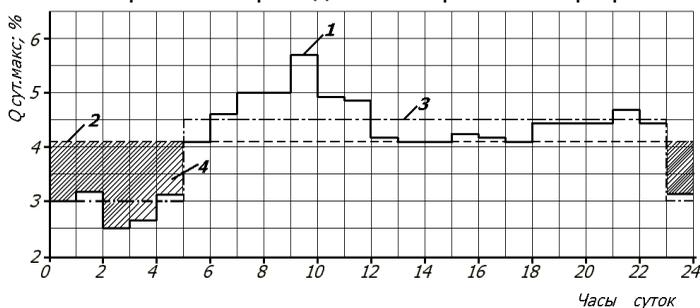


Рис. 2.1. Совмещенный график ступенчатого водопотребления и работы насосов:

Насосы и воздухоудвнные станции

1 – водопотребление; 2,3 – подача насосов соответственно равномерная и ступенчатая; 4 - регулирующая емкость

водопотребления (линия 1), совмещенный с интегральным графиком подачи воды насосной станцией второго подъема при равномерном (линия 2) и ступенчатом (линия 3) режимах, соответствующих расчету по табл. 2.1. Тангенс угла наклона интегральной кривой с оси абсцисс характеризует интенсивность расходования воды, и подачи воды за соответствующий промежуток времени.

Подача воды насосами представлена ломаной линией, точки излома которой соответствуют моментам времени изменения подачи воды насосной станцией т.е моментам пуска и остановки отдельных насосных агрегатов.

Требуемую аккумулирующую емкость определяют по интегральному графику как сумму абсолютных величин максимальных отрицательной и положительной разностей ординат кривых подачи и водопотребления. Например, при ступенчатой работе насосов вместимость бака составит $+ 0,8 + |-1,45| = 2,25$ %. Если кривую подачи (линию 2) сдвинуть влево вдоль оси абсцисс таким образом, чтобы она стала касательной к наиболее выпуклой части кривой потребления (точка А), то разности ординат линий 1 и 2 будут одного знака, а максимальная разность ординат даст расчетную величину регулирующей емкости.

Анализ режимов работы насосных станций показывает, что при ступенчатой снижение требуемой полной высоты подъема воды за счет меньшей высоты бака. Как видно из приведенного примера, при ступенчатой работе насосов вместимость бака водонапорной башни может быть значительно (почти в 3 раза) меньше, чем при равномерной работе, но зато увеличивается площадь насосной станции вследствие установки большего числа насосов. В ряде случаев увеличивается и диаметр водоводов, т.к. при ступенчатой работе они должны

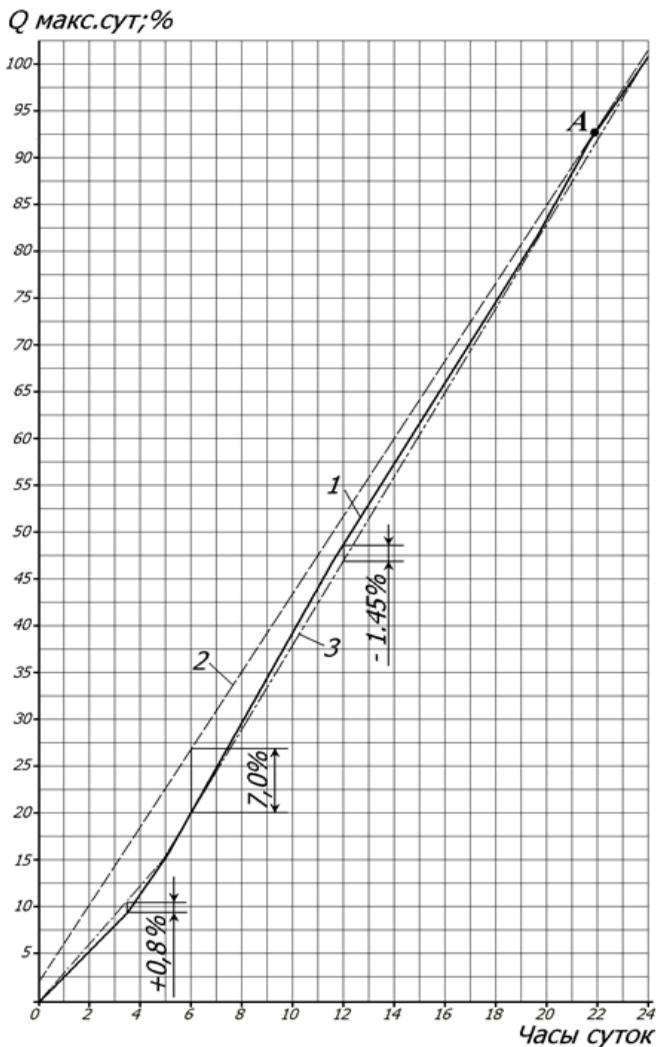


Рис.2.2.
Интегральный график:
1-водопотребления;
2,3-соответственно равномерная и ступенчатая подачи

быть рассчитаны на пропуск большего количества воды, чем при равномерной.

При определении общего объема резервуара водонапорной башни следует учитывать, что кроме регулирующей емкости резервуар еще должен содержать противопожарный запас воды, т.о. общий объем резервуара

Насосы и воздухоподводящие станции

$$W_P = W_{\text{РЕГ}} + W_{\text{ПОЖ}}, \text{ м}^3, \quad (2.1)$$

где W_P – общий объем резервуара, м^3 ; $W_{\text{РЕГ}}$ – регулируемый объем резервуара, м^3 ; $W_{\text{ПОЖ}}$ – противопожарный запас, м^3 .

Согласно п. 9.5 [1], пожарный объем в баках водонапорных башен должен рассчитывать на десятиминутную продолжительность тушения одного наружного и одного внутреннего пожара при одновременном наибольшем расходе на другие нужды, то есть

$$W_{\text{ПОЖ}} = \frac{q_{\text{ПОЖ}} + q_{\text{ПОЖ}}^*}{1000} \cdot 60 \cdot 10, \text{ м}^3, \quad (2.2)$$

где $q_{\text{ПОЖ}}$ – расход на тушение одного наружного пожара, л/с, принимается по заданию; $q_{\text{ПОЖ}}^*$ – расход на тушение одного внутреннего пожара, ориентировочно можно принять 5 л/с.

При отсутствии в составе водопроводной сети водонапорной башни, что характерно для средних и крупных городов, режим работы насосной станции второго подъема максимально приближают к графику водопотребления, принимая его ступенчатым. При установлении режима работы насосной станции второго подъема на сеть без башни для обеспечения подачи необходимого количества воды потребителям, нужно, чтобы каждый час суток производительность рабочих насосов была равна или несколько превышала водопотребление. Непрерывное изменение водопотребления и соответствующее изменение потерь напора и давлений в сети будут вызывать также непрерывные изменения подачи воды насосами, обусловленные свойством саморегулирования центробежных насосов, связанным с особенностями их характеристики ($Q - H$).

Превышение подачи над потреблением воды вызовет за счет саморегулирования увеличение напора в сети и приведет к некоторому перерасходу электроэнергии. Однако при удачном выборе режима работы насосов может оказаться, что такое решение экономически выгоднее варианта с водонапорной башней

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА, МАТЕРИАЛА И ДИАМЕТРА ВСАСЫВАЮЩИХ И НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Количество всасывающих линий должно быть не менее двух (п. 7.5 [1]). При выключении одной линии остальные должны быть рассчитаны на пропуск полного расчетного расхода

Трубопроводы в насосной станции, а также всасывающие линии за пределами насосной станции, выполняются из стальных труб на сварке. Диаметры труб внутри насосной станции и всасывающих линий за пределами насосной станции, рекомендуется принимать в зависимости от рекомендуемых значений скорости движения воды в трубопроводах (табл. 3.1) по таблицам [2].

Таблица 3.1
Скорость движения воды в трубопроводах

Диаметр труб, мм	Скорость в трубопроводе, м/с	
	всасывающем	напорном
До 250	0,6...1,0	0,8...2,0
250...800	0,8...1,5	1,0...3,0
Более 800	1,2...2,0	1,5...4,0

Количество напорных водоводов за пределами насосной станции (не менее двух) принимают согласно заданию на проектирование. Напорные водоводы изготавливаются из железобетонных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых или стальных труб. При выборе материала труб следует учитывать величины потребных напоров, агрессивность грунтов и транспортируемой воды, условия эксплуатации трубопроводов и экономические факторы (п. 8.21[1]).

Диаметры напорных трубопроводов (водоводов) определяют по расчетному расходу насосной станции ($Q_{НС}$ в л/с), приходящемуся на один водовод, исходя из величины экономической скорости ("черная" рамка в [2] или табл. 15.15 и 15.16 [3]).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОЙ ВЫСОТЫ ПОДЪЕМА ВОДЫ

Определение полной высоты подъема насосов второго подъема может быть произведено лишь после полного расчета сети и определения высоты водонапорной башни. Напор на стан-

ции должен быть достаточным для обеспечения требуемого свободного напора в обслуживаемом насосной станцией пункте или промышленном предприятии с учетом потерь напора в сети и рельефа местности.

При проектировании насосных станций второго подъема может быть несколько вариантов взаимного расположения насосной станции, башни и сети. Для каждого из вариантов определение полной высоты подъема воды имеет свои особенности. Ниже рассмотрены наиболее часто встречающиеся варианты.

Работа насосной станции на сеть без водонапорной башни

В этом случае насосная станция второго подъема должна обеспечить подачу необходимого количества воды с необходимым напором в диктующую точку сети. Диктующая точка – это наиболее неблагоприятная точка в сети, определяющая необходимый напор насосной станции второго подъема. Как правило, диктующая точка наиболее удалена от насосной станции или расположена на наиболее высокой отметке местности. Если в диктующей точке насосной станцией обеспечивается необходимый свободный напор, то во всех других точках сети величина действительного свободного напора будет превышать необходимое его значение (рис. 4.1).

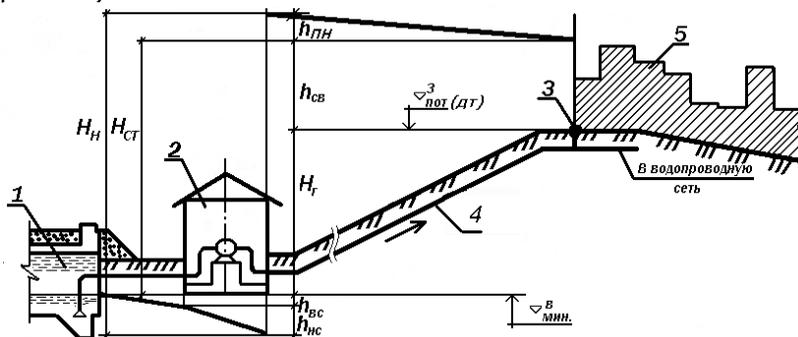


Рис. 4.1. Схема подачи воды насосной станцией второго подъема в сеть без водонапорной башни:

1 – резервуар чистой воды; 2 – насосная станция; 3 – диктующая точка сети; 4 – водоводы; 5 – потребители воды

Полная высота подъема насосов в этом случае

$$H_n = H_g + h_{вс} + h_{нс} + h_{пн} + h_{св}, \quad (4.1)$$

где H_g – геометрическая высота подъема, определяемая как разность заданных отметок по- верхности земли в диктующей

точке $\nabla_{ДТ}^3$ и минимального уровня воды в резервуаре чистой воды $\nabla_{МИН}^B$, т. е:

$$H_r = \nabla_{ДТ}^3 - \nabla_{МИН}^B, \text{ м}; \quad (4.2)$$

$h_{вс}$ – потери напора во всасывающей линии при удаленном расположении насосной станции от резервуара чистой воды (РЧВ), принимаемые в пределах 0,5...1,0 м; при совмещенном или малом удалении насосной станции от РЧВ $h_{вс}$ отдельно не учитываются и эти потери включаются в величину $h_{нс}$; $h_{нс}$ – сумма потерь напора во внутренних коммуникациях насосной станции, принимаемая равной 3...5 м; $h_{св}$ – свободный напор на уровне поверхности земли в диктующей точке, величина которого зависит от характера объекта водопотребления и приводится в задании на проектирование; $h_{пн}$ – сумма потерь напора в наружном напорном водоводе и сети. В зависимости от места расположения диктующей точки (в начале, в конце или в промежуточном месте сети) и насосной станции второго подъема (далеко от сети или вблизи нее) величина $h_{пн}$ может быть определена следующим образом:

а) при расположении насосной станции на значительном удалении от сети и диктующей точки в начале сети

$$h_{пн} = h_{вод}, \quad (4.3)$$

где $h_{вод}$ – сумма потерь напора в наружном водоводе от насосной станции до диктующей точки;

б) при расположении насосной станции на значительном удалении от сети и диктующей точки в конце или в промежуточном месте сети

$$h_{пн} = h_{вод} + h_{сети}, \quad (4.4)$$

где $h_{сети}$ – сумма потерь напора сети от её начала до диктующей точки;

в) при расположении насосной станции вблизи сети и диктующей точки в начале сети $h_{пн} = 0$;

г) при расположении насосной станции вблизи сети и диктующей точки в конце или в промежуточном месте сети $h_{пн} = h_{сети}$.

С целью максимального сокращения расчетов в курсовом проекте, не связанных непосредственно с проектированием насосной станции, обычно предусматривается (если не заданы дополнительные требования) случай а) и тогда необходимо опре-

делять величину $h_{\text{вод}}$.

Сумма потерь напора в наружном водоводе определяется по таблицам для гидравлического расчета трубопроводов [2]. Для приближенных расчетов местные сопротивления длинных трубопроводов принимаем равным 10% потерь на трение. Таким образом, сумма потерь напора составит

$$h_{\text{вод}} = 1,1 \cdot i \cdot \ell, \text{ м}, \quad (4.5)$$

где i – гидравлический уклон м/км, обычно определяемый по таблицам для гидравлического расчета трубопроводов под редакцией Ф.А. Шевелёва [2] как $1000i$; ℓ – длина водовода, км; 1,1 – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях.

Потери напора определяются по максимальному часовому расходу насосной станции, отнесенному к одному напорному водоводу.

При необходимости рассмотрения других случаев потери напора в сети ($h_{\text{сети}}$) принимаются по заданию.

Анализируя формулу (4.1) и рис. 4.1, можно делать вывод, что статический напор ($H_{\text{ст}}$) является суммой следующих слагаемых

$$H_{\text{ст}} = H_{\Gamma} + h_{\text{вс}}, \text{ м}, \quad (4.6)$$

где обозначения аналогичны тем, что приведены в формуле (4.1).

Работа насосной станции при расположении водонапорной башни в начале сети

Высотная схема работы насосной станции при работе её на водонапорную башню, расположенную в начале сети приведена на рис. 4.2.

Характерным для такой системы является то, что высота башни, а следовательно, и полная высота подъема воды насосами зависит от потерь напора в сети при максимальном водоразборе.

Поскольку данным проектом расчет водопроводной сети не предусматривается, поэтому высота башни ($H_{\text{б}}$) принимается по заданию на проектирование.

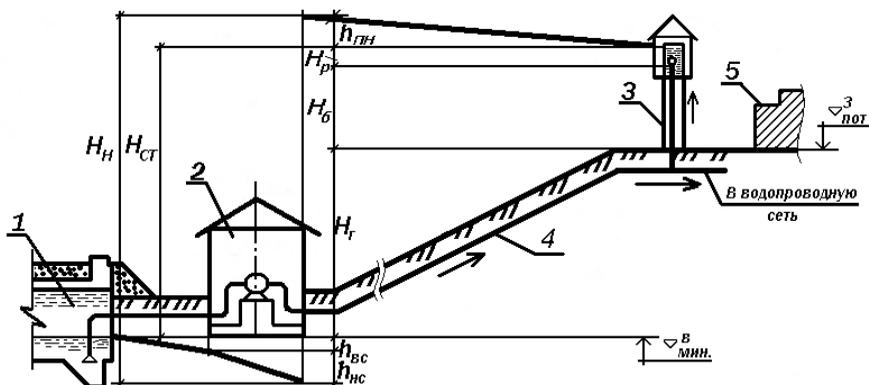


Рис. 4.2. Схема подачи воды насосной станцией второго подъема в сеть при водонапорной башне в начале сети:

1 – резервуар чистой воды; 2 – насосная станция; 3 – водонапорная башня; 4 – водоводы; 5 – потребители воды

В этом случае полная высота подъема воды насосной станцией второго подъема

$$H_n = H_r + H_p + H_b + h_{вс} + h_{нс} + h_{пн}, \text{ м}, \quad (4.7)$$

где H_p ; H_b – высота соответственно резервуара и ствола водонапорной башни, м; остальные обозначения слагаемых те же, что и в формуле (4.1).

В этом случае, определяя напор насосной станции по выше приведенной формуле, высоту резервуара водонапорной башни (H_p) принимают в зависимости от емкости его и рекомендуемого соотношения

$$\frac{H_p}{D_p} = 0,5 \dots 1,2 \quad (4.8)$$

(D_p – диаметр резервуара), а также учитывая, что величина $h_{пн}$ равна потерям напора в напорных водоводах, определяемых по формуле (4.5). Тогда геометрическая высота подъема воды (H_r) определяется как разность отметок поверхности земли у башни $\nabla_{\text{б}}$ и минимального уровня воды в резервуаре чистой воды $\nabla_{\text{мин}}$.

Статический напор при такой схеме подачи воды насосной станцией является суммой следующих слагаемых (рис. 4.2):

$$H_{ст} = H_r + h_{вс} + H_b + H_p, \text{ м} \quad (4.9)$$

Работа насосной станции при расположении водонапорной башни в конце сети (с контррезервуаром)

Высотная схема работы насосной станции при работе её на водонапорную башню, расположенную в конце сети приведена на рис. 4.3.

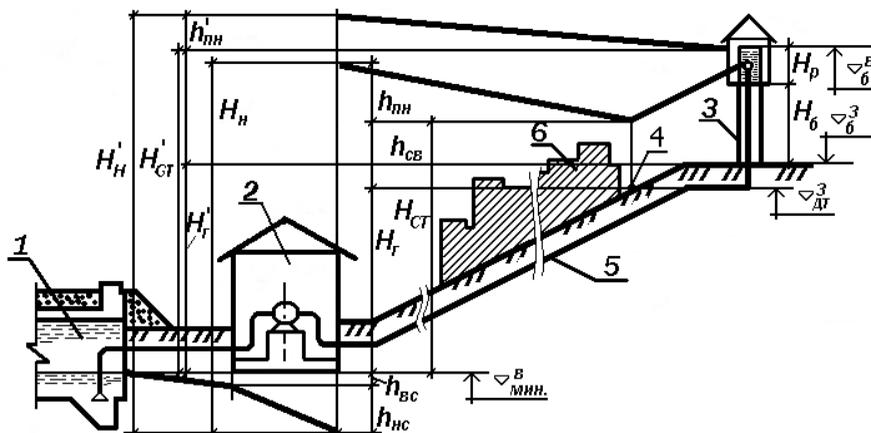


Рис. 4.3. Схема подачи воды насосной станцией второго подъема в сеть при водонапорной башне в конце сети:

- 1 – резервуар чистой воды; 2 насосная станция; 3 – водонапорная башня; 4 – диктующая точка сети; 5 – водоводы и сеть; 6 – потребители воды

При определении полной высоты подъема воды насосами надо исходить из следующих случаев работы насосной станции:

а) в часы максимального водопотребления, когда часть воды подаётся насосной станцией, а другая часть поступает в сеть из водонапорной башни;

б) в часы малого водопотребления, когда вода, подаваемая насосами, поступает в основном транзитом в башню.

Для обоих случаев обычно не требуются различные напо-

ры насосов.

При максимальном водопотреблении (случай а) определение полной высоты подъёма насосов (H) производится аналогично, как и в случае работы насосной станции на сеть без водонапорной башни, т.е. по формулам (4.1) – (4.6). При этом учитывают, что в качестве диктующей точки принимается точка схода, тогда свободный напор в ней ($h_{св}$) и потери напора в водопроводной сети принимаются по заданию.

При минимальном водопотреблении (случай б) напор насосов определяется из условия подачи воды в башню. Полная высота подъёма в этом случае определится по формуле (рис. 4.3):

$$H'_H = H'_Г + H_P + H_B + h_{вс} + h_{нс} + h'_{пн}, \quad (4.10)$$

где H'_H , $H'_Г$, $h'_{пн}$ - при минимальном водопотреблении соответственно напор насосной станции, геометрическая высота подъёма воды, сумма потерь напора в наружном напорном водоводе и сети (определяется аналогично как и в случае работы насосной станции без водонапорной башни), м; остальные обозначения слагаемых те же, что и в формуле (4.1, 4.7).

В этом случае, определяя напор насосной станции по выше приведенной формуле, высоту резервуара водонапорной башни (H_P) принимают в зависимости от емкости его и рекомендуемого соотношения (4.8).

Статический напор при этом определится как

$$H'_{ст} = H'_Г + h_{вс} + H_B + H_P. \quad (4.11)$$

Обозначения в этой формуле прежние.

Напор насосов следует принимать равным наибольшему из полученных двух рассмотренных случаев. Статический напор принимается аналогично предыдущим случаям.

5. ПОДБОР НАСОСОВ И ДВИГАТЕЛЕЙ

5.1. Выбор насосов

По установленному ранее режиму работы насосной станции и её производительности ($Q_{нс}$), количеству рабочих насосов (N_n) и потребному напору (H_n) (полной высоте подъема воды) при случаях работы системы водопотребления без пожара и при пожаре (см. далее п. 6.3 настоящей методички), по сводным графикам полей насосов соответствующего типа [4 - 6], либо по паспортам насосов выбирают тип и марку рабочих насосов. В этом случае подача одного насоса (Q_n), соответствующая расчетной (требуемой) производительности насосной станции $Q_{нс}$,

определяется как:

$$Q_H = \frac{Q_{НС}}{N_H}. \quad (5.1)$$

Для станций малой производительности наибольшее применение находят насосы с горизонтальным валом типов "К", а для станций средней и большей производительности – типа "Д". Широкая номенклатура насосов этих типов, выпускаемая отечественной промышленностью, позволяет выбрать агрегат, наилучшим образом отвечающий условиям эксплуатации.

Рабочие зоны каждого типоразмера насосов представлены на сводных графиках в виде криволинейных параллелограммов. Верхняя криволинейная линия каждого поля – характеристика насоса с наибольшим, а нижняя, соответственно, с наименьшим заводским диаметром рабочего колеса. Рабочая зона в заводских паспортах на характеристике (Q – H) ограничена волнистыми линиями. При этом режимная точка насоса должна находиться в пределах рекомендуемой рабочей зоны насоса и располагаться не выше кривой (Q – H).

Для выбранного насоса выписывают его марку, габаритные размеры, число оборотов и массу насоса. Каталожные характеристики насосов снимают на миллиметровку, кальку или ксерокопируют и вкладывают в пояснительную записку. При этом целесообразно применять насосы одного типа и марки, а также насосы, имеющие максимальное КПД в режимной точке.

Резервные насосы выбираются той же марки, что и рабочие, а их количество принимается согласно п. 7.3 [1].

Напор (каталожный) выбранного насоса должен быть равен расчетному (H_н) или превосходить его не более чем на 1,5...2,0 м. Если это условие не выполняется, то требуется либо корректировка числа оборотов двигателя, либо обточка рабочего колеса насоса.

5.2. Обточка рабочего колеса

Расчет необходимой степени обточки рабочего колеса начинают с определения коэффициента быстроходности

$$n_s = \frac{3,65n\sqrt{Q_{\text{ОПТ}}}}{H_{\text{ОПТ}}^{3/4}}, \quad (5.2)$$

где n – частота вращения, мин⁻¹; Q_{опт}; H_{опт} – значения соответственно подачи в м³/с и напора в м, соответствующие мак-

симальному значению КПД выбранного насоса при нормальном диаметре рабочего колеса.

При использовании одноколесных насосов с двухсторонним входом в рабочее колесо (марки "Д") под корнем вместо $Q_{\text{опт}}$ подставляется $Q_{\text{опт}}/2$.

После этого строят кривую пропорциональности (рис. 5.1) с использованием формулы:

для насосов с $n_s < 150$ - $H = kQ^2$;

для насосов с $n_s > 150$ - $H = kQ$.

Коэффициенты пропорциональности находят по формулам:

для насосов с $n_s < 150$ -

$$k = \frac{H_H}{(Q_H)^2}; \tag{5.3}$$

для насосов с $n_s > 150$ -

$$k = \frac{H_H}{Q_H} \tag{5.4}$$

Задаваясь величиной Q в количестве 6...10 значений, меньших и больших Q_H , определяют соответствующие значения H и по ним строят кривую пропорциональности $H = kQ^2$ или $H = kQ$. В ряду принятых величин Q должна быть и величина Q_H , которую располагают во второй половине ряда значений.

Пересечение кривой пропорциональности с каталожной характеристикой ($Q - H$) выбранного насоса с нормальным диаметром рабочего колеса даст точку "А" с координатами Q_A и H_A . По абсциссе Q_A определяют требуемый диаметр рабочего колеса:

$$N = \frac{9,81Q_H \cdot H_H}{\eta}, \text{ кВт}, \quad (5.7)$$

где Q_H и H_H – соответственно подача и напор одного насоса в $\text{м}^3/\text{с}$ и м ; η -

коэффициент полезного действия насоса, соответствующий величине расчетной производительности.

Если вал насоса соединен с валом двигателя при помощи муфты, то установленную (расчетную), мощность двигателя определяют по формуле:

$$N_{\text{дв}} = K_{\text{дв}} \cdot N, \text{ кВт}, \quad (5.8)$$

где $K_{\text{дв}}$ – коэффициент запаса мощности двигателя принимается в зависимости от мощности насоса:

мощность на валу насоса (N), кВт	< 20	20 – 50	50
– 300	> 300;		
коэффициент запаса мощности ($K_{\text{дв}}$)	1,25	1,20	
1,15	1,10.		

В качестве электродвигателей рекомендуется при мощностях до 250 кВт, а в отдельных случаях и при большей мощности, применять к установке асинхронные электродвигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором. При больших мощностях в качестве привода используют синхронные электродвигатели, а также асинхронные с фазным ротором, регулируемые по схеме асинхронного каскада (п. 13.16 [1]). Выбор марок двигателей и их конструктивных и эксплуатационных параметров осуществляется с использованием каталогов [7] или каталогов насосов, в которых приводятся соответствующие параметры двигателей. При этом необходимо, чтобы мощность выбранного двигателя была не меньше определённой по приведенной выше формуле.

6. АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НАСОСОВ И ВОДОВОДОВ

6.1. Общие положения

При подборе центробежных насосов на заданный расход необходимо, чтобы полная высота подъема воды H_H возможно точнее соответствовала напору, развиваемому насосами.

В связи с ограниченным количеством типов центробежных насосов такого соответствия часто достичь без дополнительных мероприятий не удаётся.

Близкое соответствие напора насосов полной высоте подъема воды при заданном расходе может быть достигнуто одним из

следующих мероприятий:

- изменением характеристики насоса путем изменения числа оборотов или обточки рабочего колеса;
- изменением диаметра водоводов.

В водопроводных насосных станциях чаще всего имеет место установка нескольких рабочих насосов (2 – 4), а число напорных водоводов также принимается не менее двух. Для точного расчета систем перекачки воды с параллельно работающими насосами и трубопроводами используется анализ совместной работы насосов и трубопроводов с одновременным уточнением потерь напора внутри насосной станции.

Цель этого анализа: определить возможные режимы работы различного количества насосов на один или несколько водоводов, а также необходимость обточки рабочего колеса "каталожного насоса" Для этого на одном графике строят характеристику:

- одного насоса;
- параллельной работы нескольких рабочих насосов;
- одного водовода;
- параллельной работы нескольких водоводов путем сложения абсцисс при одинаковых ординатах.

При расчетах систем с параллельно работающими насосами (в один или несколько водоводов и на сеть) необходимо учитывать, что потери напора в коммуникациях станции (от всасывающей воронки до выхода из станции) зависят от числа включенных насосов. Это означает, что расчетный график, построенный для подачи нескольких насосов в общий напорный трубопровод, не может быть использован для определения рабочей точки в случае работы другого (меньшего) числа насосов в тот же трубопровод. Особенно это важно для станций со ступенчатым режимом работы насосов.

Для упрощения расчета сложных систем рекомендуется применять метод "исправления" характеристик насосов, вычитая из характеристики насоса потери напора во внутренних коммуникациях станции.

Характеристика напорного водовода в этом случае строится без учета потерь напора внутри насосной станции (только из расчета потерь напора в наружном водоводе). При таком построении один график совместной работы действителен для любого числа насосов при подаче в любое число напорных водоводов. На рис.6.1 (см. далее) дан пример такого построения для случая параллельной работы трех насосов на два водовода.

6.2. Порядок выполнения работ

Построение совместных характеристик насосов при параллельной работе в систему водоводов проводят в следующем порядке.

1. Из каталога графические характеристики $(Q - H)$ и $(Q - \eta)$ переносятся в систему координат $Q - H$ (рис. 6.1, кривая 1). В случае произведенной отточки рабочего колеса, переносятся характеристики $(Q - H)_{\text{обт}}$ и $(Q - \eta)_{\text{обт}}$ отточенного колеса.

2. Строится кривая потерь напора во всасывающих трубопроводах и во внутренних коммуникациях насосной станции $(Q - h_{\text{НС}})$ (рис. 6.1). Для этого определяется гидравлическое сопротивление насосной станции

$$S_{\text{НС}} = \frac{h_{\text{НС}}}{(Q_{\text{Н}})^2}, \quad (6.1)$$

где $h_{\text{НС}}$ – принятые ранее при определении $H_{\text{Н}}$ значения потерь напора во внутренних коммуникациях насосной станции, м; $Q_{\text{Н}}$ – расчетная производительность одного насоса, м³/с.

Определив $S_{\text{НС}}$ и задаваясь 5...6 значениями Q в пределах характеристики насоса, определяют величину потерь напора:

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

Результаты заносят в табл. 6.1 и используют для построения графика $(Q - h_{\text{НС}})$ (рис. 6.1, кривая 2).

3. Строят "исправленную" характеристику $(Q - H)$ одного насоса. Для этого при принятых значениях Q из соответствующих им значений H вычитают $h_{\text{вн}}$. Полученные данные заносят в табл. 6.2 и используют для построения "исправленной" характеристики $(Q - H)$ (рис. 6.1, кривая 3).

4. Строится характеристика $(Q - H)$ параллельной работы двух и т.д. насосов (рис. 6.1, кривые 4,5). Для ее построения необходимо найти принадлежащие ей точки. На рис. 6.2а представлен пример построения суммарной характеристики $(Q - H)_{1+2}$ двух параллельно работающих насосов с *одинаковыми характеристиками* $(Q - H)_{1,2}$, поэтому для ее построения удваивается отрезок "ab" = "bc". Подобным же образом находятся и все другие принадлежащие ей точки (на рис. 6.2а не показаны).

Насосы и воздухоудвные станции

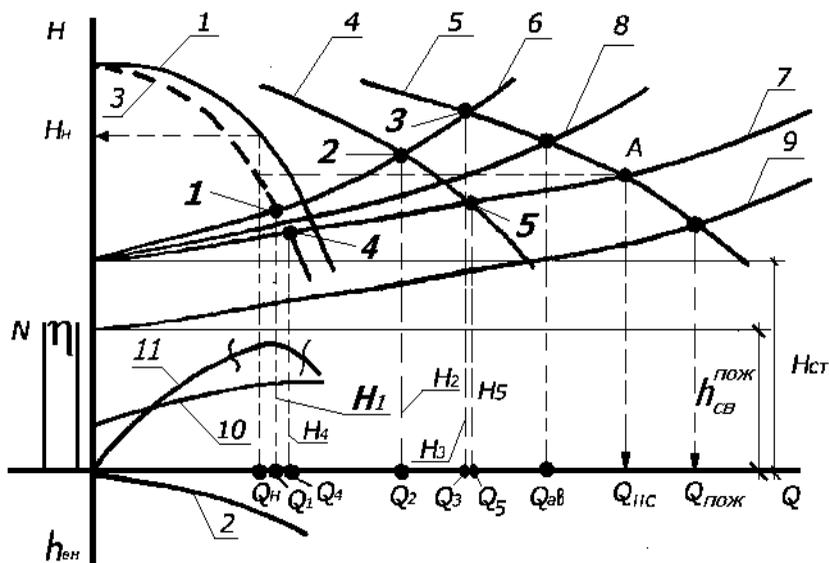


Рис. 6.1. Пример построения графика совместной работы трех насосов на два водовода:

1 – характеристика ($Q - H$) одного насоса (каталожная либо обточенного колеса); 2 – характеристика ($Q - h_{нс}$) потерь напора внутри насосной станции; 3 – "исправленная" характеристика ($Q - H$)_{испр} одного насоса; 4 – характеристика ($Q - H$)₁₊₂ двух насосов; 5 – характеристика ($Q - H$)₁₊₂₊₃ трех насосов; 6 – характеристика одного водовода ($Q - h_{вод}$); 7 – характеристика двух водоводов ($Q - h_{вод}$)₁₊₂; 8 – характеристика ($Q - h_{вод}$)₁₊₂ при аварии; 9 – характеристика ($Q - h_{вод}$)₁₊₂ водоводов при пожаре; 10 – характеристика ($Q - \eta$); 11 – характеристика ($Q - \eta$); 1...5 – режимные точки (табл. 6.3)

Таблица 6.1

Расчетные данные для построения характеристики ($Q - h_{нс}$) и ($Q - H$)_{испр}

Расход Q , м ³ /с	Расход Q^2 , м ³ /с	Потери напора $h_{нс} = S_{нс} \cdot Q^2$, м	Напор насоса (по каталогу) H , м	"Исправленный" напор ($H - h_{нс}$), м
Q_1				
Q_2				
...				
Q_H				
...				

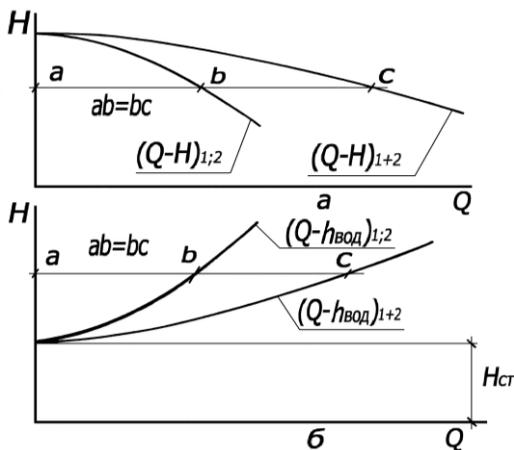


Рис. 6.2. Схемы построения характеристики $(Q - H)$ параллельной работы двух насосов и водоводов:

а – насосы с одинаковыми характеристиками; б – водоводы одинакового диаметра и материала

5. Строится напорная характеристика одного водовода $(Q - h_{вод})$ (рис. 6.1, кривая 6). Для этого, задаваясь значениями Q , в зависимости от взаимного расположения насосной станции регулирующих ёмкостей и во-

допотребителя, определяют величину потерь напора в водоводе ($h_{вод}$) или суммарные потери в водоводе и сети ($h_{пн}$) (см. разд.. 4) для ранее назначенного диаметра водовода и суммируют их со значениями статического напора $H_{ст}$. Результаты вычислений заносят в табл. 6.2 и используют для построения графика $(Q - h_{вод})_1$ (рис. 6.1 кривая 6).

Таблица 6.2
Расчетные данные для построения характеристики (Q – h_{вод})

Расход Q, (л/с)	Гидравлический уклон 1000i, м	Потери напора в водоводе $h_{\text{вод}}=1,1 \cdot i \cdot l, \text{ м}$	H _{ст} + h _{вод} , м
Q ₁			
Q ₂			
...			
Q _{нс}			
...			

6. Строится характеристика (Q – h_{вод}) параллельной работы одного, двух и т.д. водоводов (рис. 6.1, кривая 7). Построение кривой (Q – h_{вод})₁₊₂ *однотипных водоводов* (рис. 6.2б) производится аналогично построению характеристики параллельной работы одинаковых насосов (п.4), (рис. 6.2б).

В результате получаются точки пересечения характеристик водоводов с характеристиками параллельно работающих насосов (например "А") (рис. 6.1). Эти точки называются режимными. Точка "А" – точка пересечения характеристики параллельной работы всех рабочих насосов (Q – H)₁₊₂₊₃; кривая с суммарной характеристикой работы всех водоводов (Q – h_{вод})₁₊₂ является режимной точкой работы насосной станции. При правильном выборе насосов и построении графика их совместной работы с водоводами координаты этой точки совпадают с полученными ранее значениями Q_{нс} и H_н (рис. 6.1).

Данные из графиков совместной работы насосов и водоводов (рис. 6.1) переносят в табл. 6.3, и они служат для дальнейшего анализа различных вариантов совместной работы насосов и водоводов. При одинаковом количестве рабочих насосов и водоводов анализ совместной работы можно производить, сравнивая кривые (Q – H) одного насоса и одного водовода.

Таблица 6.3
Пример анализа работы насосов и водоводов в случае работы трех рабочих насосов на два водовода (рис.6.1)

Число работающих насосов, шт	Подача работающих насосов, м ³ /с (л/с)	Напор работающих насосов, м	КПД насосов, %

При работе на один водовод:			
1	Q_1	H_1	η_1
2	Q_2	H_2	η_2
3	Q_3	H_3	η_3
При работе на два водовода:			
1	Q_4	H_4	η_4
2	Q_5	H_5	η_5
3	$Q_{НС}$	$H_{Н}$	$\eta_{Н}$

6.2 . Совместная работа насосов и водоводов при аварии

При аварии насосная станция должна обеспечивать подачу не менее 70% расчетного расхода на хозяйственно-питьевые нужды и на производственные нужды – по аварийному графику (п. 8.2 [1]). В случае отключения одного из водоводов на ремонт, значительно возрастают потери напора в работающих водоводах. Для увеличения пропускной способности водоводов и снижения потерь напора в них устраивают перемычки (рис. 6.3). В этом случае водоводы работают в одну линию только на участках между перемычками.

Для построения характеристики ($Q - h_{вод}$) водоводов при аварии задаются 5...6 значениями расхода Q , включая величину $Q_{НС}$, и определяют потери напора в водоводах (на примере двух перемычек на двух напорных водоводах):

$$h_{вод} = 1,1 [i_1 \cdot (l_1 + l_3) + i_2 l_2], \quad (6.2)$$

где i_1 и i_2 – гидравлический уклон при расходе соответственно $\frac{Q_{НС}}{2}$ и $Q_{НС}$; l_1, l_2, l_3 - длины участков между перемычками.

Полученные данные заносятся в табл. 6.4. Построение характеристики ($Q-h_{вод}$) при аварии на водоводах производится аналогично, как и при построении характеристики ($Q - h_{вод}$) при нормальной работе станции (п. 5, разд. 6).

Количество перемычек назначается исходя из расстояния между ними (обычно не более 1...3 км). Если при принятом количестве перемычек не обеспечивается пропуск 70% расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды и работы предприятий,

то число перемычек следует увеличить.

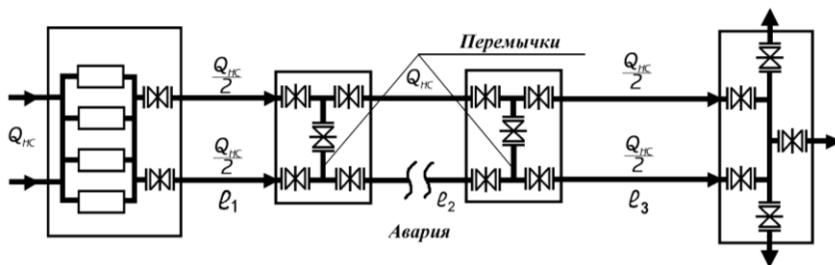


Рис 6.3. Пример схемы установки перемычек на водоводах

Таблица 6.4

Потери напора в водоводах при аварии на примере устройства двух перемычек

Расход Q , л/с	$\frac{Q_i}{2}$	Гидравлический уклон, м/км		(Н _{ст} + h _{вод}) +
		1000i ₁	1000i ₂	
Q ₁				
Q ₂				
...				
Q _{НС}				

6.3. Совместная работа насосов при пожаре

Насосная станция второго подъема должна обеспечивать подачу полного расчетного расхода воды на тушение пожара при наибольшем часовом расходе воды на другие нужды [1].

Поэтому при пожаре расчетная производительность станции складывается из максимального секундного хозяйственного или производственного расхода (по заданию – $q_{ч.макс}$, л/с) и расчетного секундного расхода воды на тушение пожара

$$q_{пож} = q_{ч.макс} + q_{пож}, \text{ л/с}, \quad (6.3)$$

$$q_{пож} = q'_{пож} \cdot n, \text{ л/с}, \quad (6.4)$$

где $q_{ч.макс}$ – максимальный секундный расход в час наибольшего водопотребления, выраженный в л/с; $q'_{пож}$ – расход на тушение одного наружного пожара, л/с, принимается по зада-

нию; n – количество одновременных пожаров, принимаемое по заданию.

По способу тушения пожара различают водопроводы высокого и низкого давления. В водопроводах высокого давления при пожаре свободный напор должен обеспечивать пожарный гидрант, создавая высоту компактной струи не менее 10 м при полном расходе воды на пожаротушение и расположении пожарного ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания.

В водопроводах низкого давления напор для получения пожарных струй создается передвижными пожарными насосами, подвозимыми пожарной командой к месту пожара и забирающими воду из водопроводной сети через гидранты. При этом согласно п. 2.30 [1], свободный напор в сети на уровне земли у места пожара должен быть не менее 10 м.

В населенных местах обычно применяются системы низкого давления. При этом свободный напор в точке пожара ($h_{CB}^{ПОЖ} = 10\text{м}$) как правило, меньше величины свободного хозяйственного напора (h_{CB}) в этой точке. В то же время при пропуске по сети и водоводам максимального хозяйственного и пожарного расходов потери напора в трубах по сравнению с работой сети без пожара возрастут.

Режим работы насосной станции при пожаротушении следует устанавливать по графику совместной работы насосов и трубопроводов. Характеристика трубопроводов строится путем определения требуемых напоров по изложенным выше формулам (п. 4).

Для систем с расположением башни в конце сети (с контр-резервуаром) её приближенно можно построить параллельным смещением графика характеристик водоводов при подаче хозяйственно –питьевого расхода к диктующей точке на величину

$$\Delta H = H_{СТ}^{ПОЖ} - H_{СТ} \quad (6.5)$$

При расположении башни в начале сети, в зависимости от того, что будет больше – понижение пьезометрической отметки в точке пожара или увеличение при пожаре потерь напора в сети на участке от этой точки до башни, может получиться различное соотношение пьезометрических отметок у башни, т.е., пьезометрическая линия может пойти выше или ниже уровня воды в баке.

В первом случае башня должна быть выключена из работы, во втором -она может работать и во время пожара, но будет быстро опорожнена. Таким образом, при расчете систем низкого

давления питание от башни при пожаре учитывать не следует.

Напор, который должны развивать насосы при пожаре, может быть при системе низкого давления больше или меньше напора насосов при работе в обычное время, или равен ему и определяется по выше изложенным формулам (4.1) – (4.4). При этом статический напор при пожаре ($H_{СТ}^{ПОЖ}$) рассчитывается по

этим же формулам, но с учетом минимального свободного напора при пожаре.

Например, при пожаре величина $H_{СТ}$ при работе насосной станции в большее время с расположением водонапорной башни в начале сети: определяемая как $H_{СТ} = H_{Г} + h_{ПН} + H_{Б} + H_{Р}$, заменяется на

$$H_{СТ}^{ПОЖ} = H_{Г} + h_{ПН} + h_{СВ}^{ПОЖ} = H_{Г} + h_{ПН} + 10 \text{ м} \quad (6.6)$$

Возможны три варианта режимов работы насосной станции при подаче воды на пожаротушение;

1. Необходимый расход подается основными рабочими насосами за счет снижения напоров в сети (рис. 6.4,а). Снижение статического напора в диктующей точке сети при пожаре ΔH определяют параллельным переносом характеристики трубопроводов.

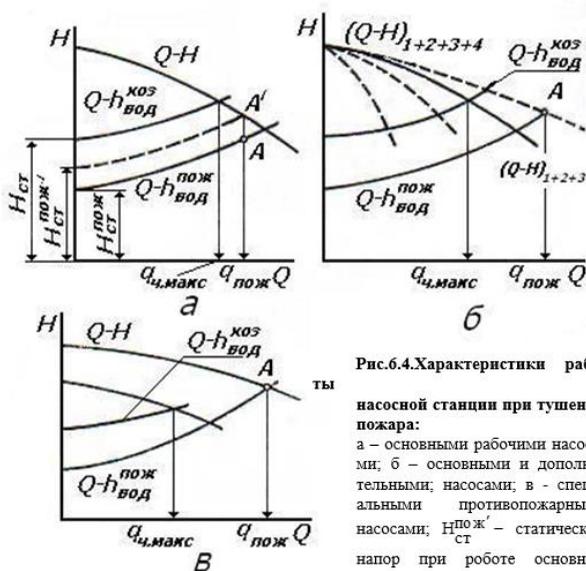


Рис.6.4.Характеристики работы насосной станции при тушении пожара:
 а – основными рабочими насосами; б – основными и дополнительными; в – специальными противопожарными насосами; $H_{СТ}^{ПОЖ}$ – статический напор при работе основных насосов при пожаре

2. Расход $Q_{НС}^{ПОЖ}$ подается включением дополнительных одного – двух насосов того же типоразмера, что и хозяйственно - питьевые (рис 6.4, б). При этом соответственно увеличивается число насосов в насосной станции. Число резервных насосов принимается в соответствии с нормами [1].

3. Если необходимый напор для пожаротушения больше, развиваемого хозяйственно-питьевыми насосами, и невозможно решить задачу включением дополнительных насосов, следует устанавливать пожарные насосы требуемого напора $H^{ПОЖ}$ с суммарной подачей $Q_{НС}^{ПОЖ}$ (рис.6.4, в). При работе пожарных насосов хозяйственно-питьевые отключают. Для группы пожарных насосов предусматривают один резервный.

На основании изложенного, после определения режима насосной станции второго подъема при пожаре (количество, производительность и полную высоту подъема пожарных насосов) необходимо откорректировать подбор насосов и, следовательно, совместный график работы насосов и водоводов как при нормальной работе насосной станции, так и при аварии на водоводах и пожаре (см. рис. 6.4).

7. РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

7.1. Определение отметки оси насосов

Отметка оси насоса определяется в зависимости от принятой схемы расположения: под заливом или с положительной высотой всасывания. В станциях первой категории, а также в насосных станциях второго подъема как правило, насосы устанавливаются под залив, при этом отметка оси насоса определяется конструктивно (рис. 7.1, п. 7.2.3).

На рис. 7.1 показаны примеры ориентировочных определенных отметок оси насосов для различных случаев их установки, если заданы конкретные отметки уровней воды в резервуаре чистой воды (РЧВ).

Установка насосов под залив облегчает их пуск и упрощает схему автоматизации насосной станции. У насосов, установленных под залив, верх корпуса должен быть расположен не менее чем на 0,3...0,5 м ниже расчетного уровня в резервуарах чистой воды (РВЧ): для объединенной хозяйственно-пожарной или пожарной

группы насосов – ниже уровня пожарного запаса, для хозяйственно питьевой группы ниже среднего уровня воды в резервуарах. Последнее вызвано тем, что нет смысла включать дополнительные насосы и увеличивать подачу насосной станции, когда в РВЧ запас воды на исходе. Если данные о расчетных уровнях и хранении пожарного запаса отсутствуют, уровень хранения пожарного запаса принимают на 1,0 м выше минимально уровня воды в резервуаре, а средний уровень – на 2,4 м выше минимального, при этом **все вышеуказанные параметры определяют в задании на проектирование.**

При установке насоса с использованием вакуумметрической высоты всасывания отметка оси насоса

$$\nabla_{\text{О.Н}} \leq \nabla_{\text{МИН}}^{\text{В}} + H_{\text{ГВ}}, \text{ м}, \quad (7.1)$$

где $H_{\text{ГВ}}$ - геометрическая высота всасывания, м, (рис. 7.1),

$$H_{\text{ГВ}} = H_{\text{ВАК}}^{\text{ДОП}} - \left(h_{\text{ПВ}} + \frac{v^2}{2g} \right), \text{ м}, \quad (7.2)$$

где $H_{\text{ВАК}}^{\text{ДОП}}$ - допустимая вакуумметрическая высота всасывания, принимаемая по характеристике насоса, м; $h_{\text{ПВ}}$ – максимальные потери напора во всасывающей линии (включая коммуникации внутри насосной станции) от приемной воронки до всасывающего патрубка насосом; v - скорость во всасывающем патрубке насоса, м/с

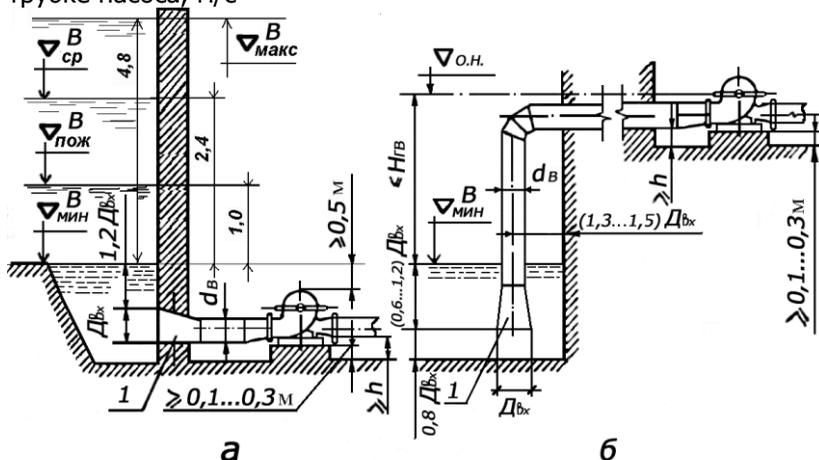


Рис. 7.1. Расположение насосов:

а – под залив; б – с положительной высотой всасывания; h – расстояние до пола, принимается по табл. 7.1; 1 – приемная

воронка

Известно, что удельная энергия потока при входе в насос, отнесённая к его оси, должна быть достаточной для обеспечения скоростей и ускорений в потоке при входе в насос и преодоления сопротивлений *без падения давления на входе* до величины, ведущей к образованию *кавитации*. В связи с этим, решающее значение приобретает не *абсолютная величина* удельной энергии потока, а *превышение* ее над энергией, соответствующей давлению насыщенных паров перекачиваемой жидкости. Это превышение называют *кавитационным запасом*, Δh , который определяется по формуле:

$$\Delta h = H_a - H_{\text{вак}}^{\text{доп}}, \text{ м}, \quad (7.3)$$

где H_a – атмосферное давление при температуре воды 20 °С, м. вод. ст.в местности, где сооружается насосная станция (прил.3).

При температуре воды выше 20 °С из величины $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ вычитают давление насыщенного водяного пара (прил. 4).

Учитывая вышеизложенное, в настоящее время для кавитационной характеристики насосов широко используют именно величину Δh , а не $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$.

Тогда геометрическая высота всасывания определится так:

$$H_{\text{ГВ}} = H_a - \Delta h^{\text{доп}} - \left(h_{\text{пв}} + \frac{v^2}{2g} \right), \text{ м}, \quad (7.4)$$

где $\Delta h^{\text{доп}}$ - допустимое значение кавитационного запаса, принимаемое по каталожной кавитационной характеристике насоса, м.

7.2. Компонровка оборудования и трубопроводов

Расположение насосов и трубопроводов в насосной станции должно отвечать следующим основным требованиям:

примененный тип насосов должен обеспечить оптимальную компоновку машинного зала и наименьшую его стоимость;

выбранное число и тип насосов должны обеспечивать перспективное увеличение производительности насосной станции без

значительных дополнительных капитальных вложений (например, путем замены насосных агрегатов на более мощные).

надежность действия;
удобство, простоту и безопасность обслуживания;
минимальную протяженность трубопроводов и простоту их узлов.

Компоновку агрегатов, трубопроводов и другого оборудования рекомендуется проводить в следующей последовательности:

1. Определяют размеры фундамента под агрегат и выбирают схему расположения насосных агрегатов в машинном зале (рис 7.2 и 7.3).

2. Компонуют всасывающие и напорные трубопроводы в машинном зале.

3. Выполняют гидравлический расчет трубопроводов, подбирают арматуру и фасонные части. Тип и размеры арматуры принимаются по справочной литературе [8,9]. Уточняются потери напора во внутренних коммуникациях насосной станции.

4. Вычерчивают аксонометрическую схему трубопроводов и арматуры внутри машинного зала насосной станции с указанием длины и диаметров трубопроводов.

5. Подбирают вспомогательное насосное и другое технологическое оборудование.

6. Выбирают электрическое оборудование насосной станции.

7. Определяют габариты машинного зала и вспомогательных помещений.

8. Составляют спецификацию оборудования, трубопроводов, арматуры и фасонных частей.

7.2.1. Рама и фундамент под насосный агрегат

Горизонтальные насосы типа "К" и небольшие насосы типа "Д" монтируют с электродвигателями на общей чугунной плите заводского изготовления. Более мощные насосы монтируют на общей или отдельной раме из прокатной стали. Высота рамы принимается не менее 100 мм. Расстояние от края рамы до оси посадочных отверстий – 50...100 мм; до края фундамента – не менее 50...150 мм.

Насосы и воздухоподъемные станции

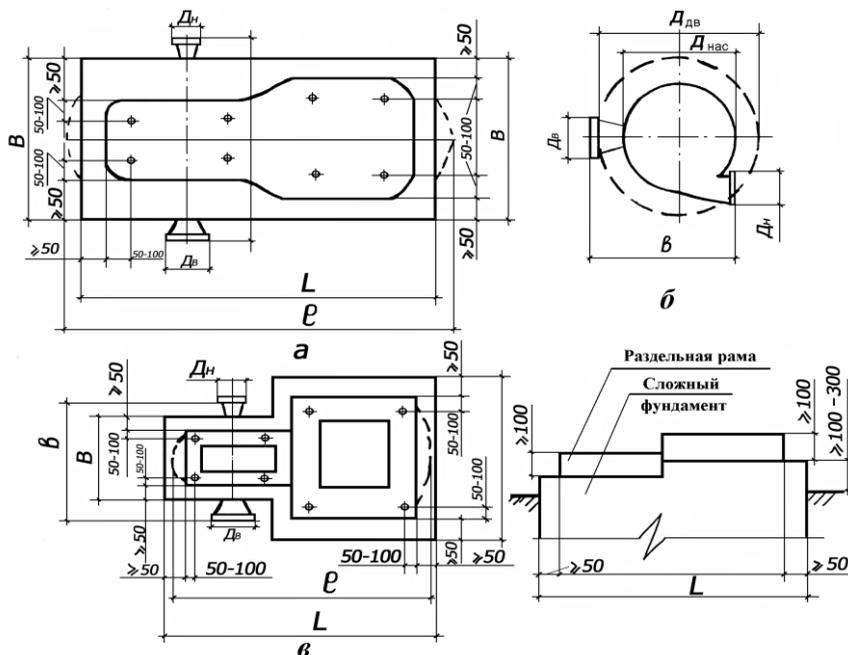


Рис. 7.2. Монтажные пятна насосов:

а, в – фундаменты под горизонтальный насос соответственно простой и сложный; б - фундамент под вертикальный насос; В, L – размеры фундамента; b, l - размеры выступающих частей; $D_{\text{нас}}, D_{\text{дв}}$ – размеры соответственно насоса и электродвигателя; $D_{\text{в}}, D_{\text{н}}$ – диаметры соответственно всасывающего и напорного патрубков

При компоновке вычерчивают фронтальную проекцию насоса и электродвигателя, и определяются минимальные размеры фундамента. В плане форма фундамента может быть простой и сложной (рис. 7.2). Высота фундаментов над полом машинного зала принимается не менее 0,1...0,3 м (рис. 7.1 и 7.2). В заглубленных и полузаглубленных насосных станциях для защиты от возможного затопления при аварии, электродвигатели насосов располагаются на высоте не менее 0,5 м от пола. После определения высоты фундамента над полом определяют отметку пола машинного зала.

В наземных и полузаглубленных насосных станциях при низких горизонтах подземных вод глубина заложения фундамента должна быть не менее 0,5...0,7 м.

В обоих случаях масса фундамента должна быть не менее чем в 4 раза больше массы насосного агрегата (насос плюс элек-

тродвигатель).

7.2.2. Выбор схемы расположения фундаментов агрегатов

В водопроводных насосных станциях насосные агрегаты в основном располагаются параллельно и перпендикулярно продольной оси здания, либо, в шахматном порядке, что позволяет уменьшить ширину машинного зала, последнее характерно для заглубленных насосных станций.

Если понижение уровня грунтовых вод допускает строительство насосной станции в открытом котловане, то её удобнее проектировать прямоугольной в плане. Тогда при большом количестве агрегатов (более 4...5) целесообразно двухрядное размещение агрегатов или их размещение в шахматном порядке.

На рис. 7.3 показаны некоторые варианты размещения агрегатов в машинном зале. На схеме пунктирной линией обозначен приямок резервуара чистой воды

Необходимо отметить, что приведенные на рис. 7.3 схемы применяются в большинстве случаев, когда насосная станция располагается относительно недалеко от РЧВ. В этом случае для обеспечения надежности и удобства эксплуатации целесообразно оборудовать каждый насос собственной всасывающей линией. То же касается насосных станций, расположенных на значительном расстоянии от РЧВ, в их машинном зале располагается общий для всех насосов трубопровод, от которого может отходить меньшее число всасывающих линий, но не менее двух, обычно в таких насосных станциях внутри машинного зала устраивается и общий напорный коллектор. Управление работой насосных агрегатов в этом случае осуществляется путем установки запорно-регулирующей арматуры,

Расстояние между фундаментами насосных агрегатов, а также между агрегатами и стенами зданий должно назначаться с учетом требований п. 12.2 [1]. Ширину проходов между выступающими частями насосов, трубопроводов и двигателей (рис. 7.4) следует принимать не менее: а – между агрегатами, 1 м; в – между агрегатами и стеной, 0,7 м; с – между неподвижными частями оборудования и трубопроводами, 0,7 м; n, m – соответственно длина насоса и электродвигателя.

У насосов с торцевым разъемом и у большинства электродвигателей вал с рабочим колесом или вал с якорем электродвигателя при разборке выдвигается наружу по направлению оси

Насосы и воздухоудовные станции

агрегата. Длина вала приблизительно равна длине насоса или электродвигателя, соответственно. Для больших насосов, ремонт которых производится без демонтажа насоса или электродвигателя, расстояние между агрегатами и стенкой должно приниматься на 0,25 м больше длины вала насоса или электродвигателя.

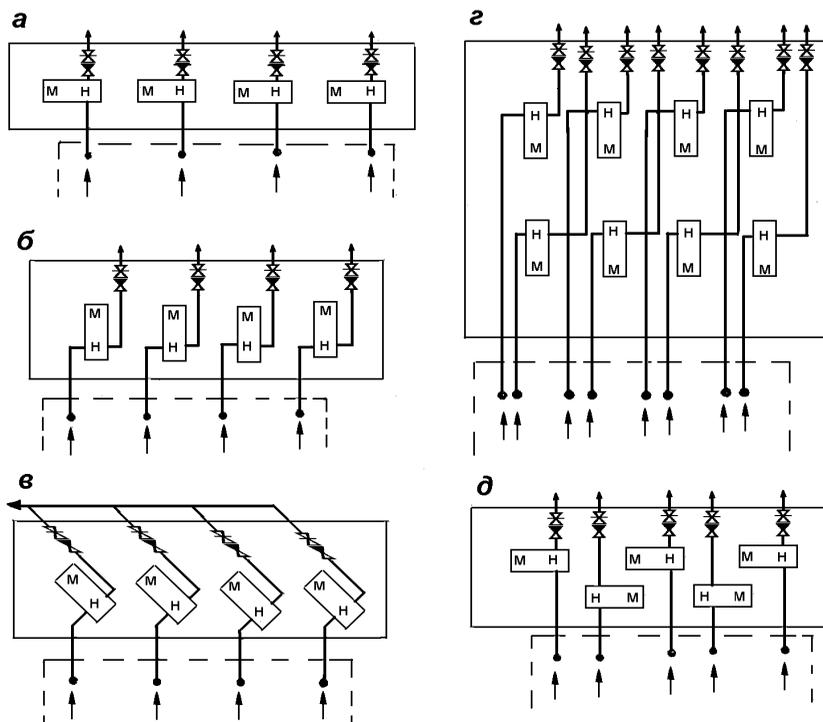


Рис. 7.3.Схемы расположения агрегатов с горизонтальными центробежными насосами в случае установки насосов не подзалив:

Н –насос; М – электродвигатель

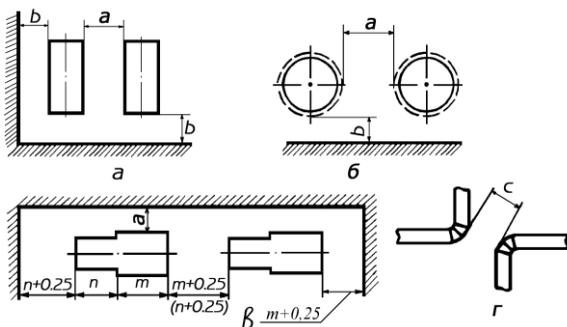


Рис. 7.4. Схема определения ширины проходов в машинном зале:

а – с горизонтальными насосами; б – с вертикальными насосами; в – с учетом демонтажа ротора электродвигателя; г – между трубопроводами

7.2.3. Всасывающие и напорные трубопроводы

Трубопроводы внутри насосной станции применяются стальные на сварке; фланцы на трубах привариваются только для присоединения арматуры и насосов. Количество и диаметр трубопроводов выбирается согласно указаниям разд. 4. При этом, как правило, диаметр этих трубопроводов больше диаметров патрубков насосов. Для их соединения используются переходы эксцентрические (всасывающий трубопровод) конические (напорный трубопровод). Размеры переходов выбираются по справочной литературе [8].

Для борьбы с кавитацией необходимо избегать попадания воздуха во всасывающий трубопровод, образования воздушных мешков и обеспечивать минимальные потери в самом трубопроводе и во всасывающей воронке. Бесперебойная работа насоса и минимум гидравлических потерь во всасывающей линии обеспечиваются также правильным расположением всасывающих труб в прямке РЧВ насосной станции. Расстояние от входного сечения всасывающей трубы до дна и стен камеры или прямка следует принимать таким образом, чтобы скорости подхода воды к приемной воронке были не больше скорости течения во входном сечении. Получающиеся при этом размеры показаны на рис. 7.1 и 7.5.

Для уменьшения местных потерь при входе потока во всасывающую трубу диаметр входного сечения $D_{вх}$ увеличивают по сравнению с диаметром трубы $d_в$. Обычно принимают $D_{вх} = (1.25...1.5)d_в$. При центральном угле конусности входной части

8...16° длина её составляет $(3,5...7,0)(D_{вх} - d_{в})$. Приемные клапаны из-за значительных гидравлических сопротивлений, создаваемых ими устанавливают лишь на небольших и как правило, временных насосных

установках, имеющих диаметр всасывающей трубы не более 300 мм.

При наличии в приемке РЧВ двух и более всасывающих труб расстояние между ними должно быть не менее $(1,5...2,0)D_{вх}$. Взаимное расположение труб при этом должно исключать возможность влияния работающих насосов друг на друга.

Всасывающие трубы должны быть, возможно, меньшей длины и иметь наименьшее число фасонных частей (колен, отводов, тройников и др.), а также непрерывный подъем к насосам с уклоном не менее 0,005 для предотвращения образования воздушных мешков (рис. 7.6).

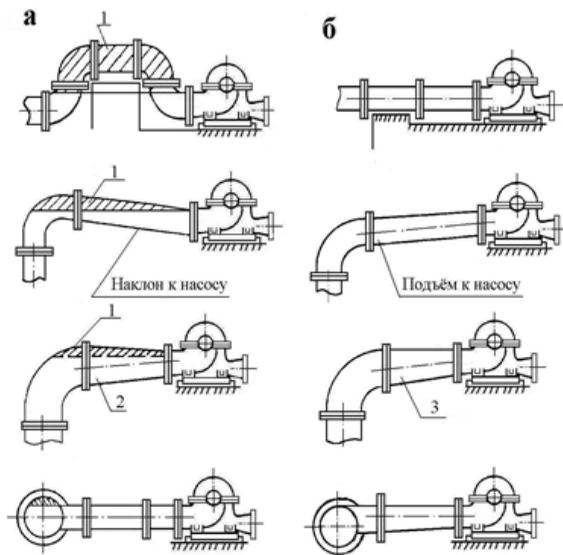


Рис. 7.6. Прокладка всасывающих трубопроводов:

а – неправильная; б – правильная; 1 – воздушный мешок; 2,3 – прямой и эксцентричный переходы соответственно

Трубопроводы внутри насосной станции могут располагаться (рис. 7.7) над поверхностью пола с устройством мостиков над трубопроводами; в мелких каналах, когда маховик задвижки возвышается над полом; в глубоких каналах; на кронштейнах у стен машинного зала; в подвалах.

Размеры каналов и минимальное удаление труб от стен и пола назначаются из условия возможности монтажа и обслуживания арматуры по табл. 7.1 и п. 7.10 [1].

Трубопроводы могут размещаться комбинированно: часть – над полом; часть – в каналах и т.п. В заглубленных станциях всасывающие и напорные трубопроводы, как правило, располагаются над полом с мостиками обслуживания над ними. В незаглубленных насосных станциях целесообразна прокладка труб в кана-

Насосы и воздухоудвнные станции

лах, размеры которых следует принимать в соответствии с [1], а также рис. 7.7 и табл. 7.1.

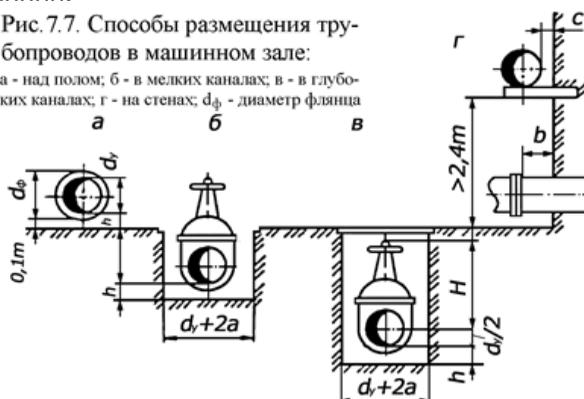
Под трубопроводами и арматурой в насосной станции следует предусматривать специальные опоры из бетона.

Фасонные части на трубопроводах внутри насосной станции стальные, вес и размер их определяют по [8].

Напорная линия каждого насоса, как правило, оборудуется обратным клапаном и задвижкой. Установка обратного клапана предусматривается между насосом и задвижкой. На всасывающих линиях задвижки устанавливаются у насосов, расположенных под заливом, или при присоединении насосов к общей всасывающей линии.

Рис. 7.7. Способы размещения трубопроводов в машинном зале:

а - над полом; б - в мелких каналах; в - в глубоких каналах; г - на стенах; d_f - диаметр фланца



Напорные, всасывающие трубопроводы и арматуру необходимо компоновать таким образом, чтобы была возможность отключения работы одного из насосов от общей системы без прекращения работы станции и подачи воды каждым насосом в любой напорный трубопровод (п. 7.7 [1]).

Таблица 7.1

Рекомендуемые размеры к размещению трубопроводов в машинном зале (см. рис. 7.1, 7.7).

Размер, мм	$d_y \leq 400$	При наличии арматуры		При отсутствии арматуры	
		$d_y = 450 \dots 600$	$d_y > 600$	$d_y = 450 \dots 600$	$d_y > 600$
a	300	500	700	400	400
b	300	500	500	500	500
h	250	300	350	250	250
c	250	350	500	350	350
H	400	600	600	600	600

На насосных станциях первой и второй категорий при ремонте любой задвижки или затвора, обратного клапана или тру-

Насосы и воздухоудвнные станции

бопровода должно обеспечиваться 70 % расчетной подачи воды на хозяйственные нужды и по аварийному графику на производственные.

На станции третьей категории ремонт арматуры допускается производить при полном прекращении подачи, а ремонт трубопроводов (кроме станций с одним водоводом) – при снижении расхода до 70 % расчетного.

Выбор количества и мест установки запорной арматуры рассмотрим на примере насосной станции первой категории надежности с двумя рабочими и двумя резервными насосами, всасывающим и отводящим коллектором (рис. 7.8).

На рис. 7.8,а показана установка только обязательной для каждого агрегата запорной арматуры. Задвижки 2 используются как запорно-регулирующая арматура, так как с их помощью регулируют подачу насосов. Очевидно, что ремонт любой из задвижек или любого водовода возможен только при остановке всей насосной станции.

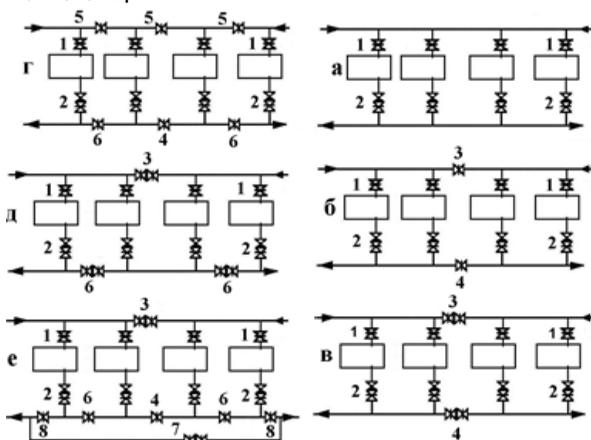


Рис. 7.8. Схемы к определению числа и мест установки запорной арматуры в насосной станции

Установка задвижек 3 и 4 (рис. 7.8,б) позволяет ремонтировать любую из задвижек 1 или 2, выводя в резерв два соответствующих насоса и по одной всасывающей и напорной линий.

Однако ремонт задвижек 3 и 4 возможен только при остановке всей станции.

Сдвоенные задвижки на коллекторах (рис. 7.8,в) позволяют ремонтировать любую из линий и любую задвижку при выведении в резерв двух соответствующих насосов.

Каждый из двух всасывающих водоводов рассчитывается на пропуск 100 % расчетного расхода. Если работа двух насосов на один водовод не обеспечивает подачу 70 % расчетного расхода, то расставив задвижки по схеме

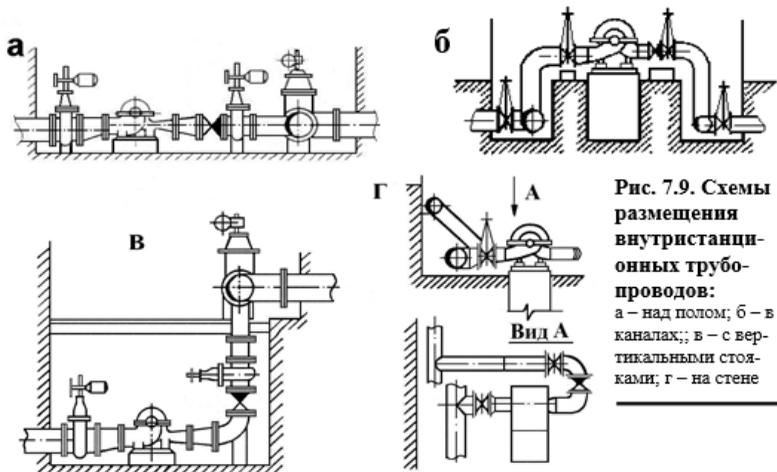
рис. 7.8,г можно увеличить подачу, подключив третий (резервный насос).

Насосы и воздухоудувные станции

Недостатком схемы рис. 7.8,г является необходимость отключения двух насосов при ремонте задвижки 6. Этот недостаток устраняется установкой спаренной задвижки 6 (рис 7.8,д) (при этом можно убрать задвижку 4) или установкой задвижек на выходе 8 и устройством обводной линии со спаренными задвижками 7 (рис 7.8,е). Приведенные схемы не исчерпывают все возможные варианты расстановки запорной арматуры в машинном зале. Как правило, повышение степени обеспеченности подачи воды насосной станцией достигается установкой дополнительного числа запорной арматуры.

Рассмотренные схемы внутростанционных коммуникаций напорных трубопроводов с большим количеством задвижек требуют значительного увеличения размеров здания насосной станции и, следовательно, приводят к удорожанию его строительной стоимости.

Для наземных насосных станций более приемлемыми являются способы прокладки трубопроводов над полом или в каналах (рис. 7.9а,б).



Для частично заглублённых насосных станций более приемлемым является: расположение всасывающих и напорных коллекторов один над другим (рис. 7.9,г) или их размещение в отдельном помещении, примыкающем к насосной станции; вынос запорной арматуры в отдельные камеры переключений, устраиваемые так же, как колодцы на водопроводной сети). Высота рабочей части камер определяется высотой установленных в них задвижек и в любом случае должна быть не менее 1,5 м. Высоту засыпки от верха покрытия камеры до поверхности земли следует

принимать не менее 0,5 м.

Существенного уменьшения размеров здания в заглубленных насосных станциях добиваются размещением арматуры насоса на вертикальном участке напорного трубопровода (рис. 7.9,в)

В качестве запорной арматуры, в основном применяют задвижки и поворотные затворы. Задвижки и затворы подбирают по диаметру условного прохода и давлению. Необходимо отметить, что при различных комбинациях включения насосов на отдельных участках трубопроводов может меняться направление течения. Дисковые затворы в таких условиях работают плохо, хотя они более компактны, чем задвижки.

Задвижки диаметром более 400 мм, а также задвижки всех диаметров при дистанционном или автоматическом управлении устанавливаются с электрическим или гидравлическим приводом. Тип, размеры и вес задвижек, дисковых затворов, обратных клапанов и другой арматуры выбирают по [8,9].

Напорные водоводы выводят из насосной станции ниже глубины промерзания, считая от верха трубы. С трубами внутри заглубленных насосных станций они соединяются вертикальными стояками. Стояки должны не мешать передвижению подъемно-транспортного оборудования. При заглублении насосной станции до 5 м возможен вывод труб без устройства стояков. За пределами станции такие выпуски соединяются с водоводами участками трубопровода с углом наклона до 30°.

8. ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

В расчетно-пояснительной записке к проекту следует привести выбор вспомогательного оборудования насосной станции в следующей последовательности:

1. Подбирают вакуум-насосы, в случае если насосные агрегаты установлены не под залив. Выбирают дренажные насосы и насосы аварийного осушения и грязеудаления. Кратко описывают (с подбором насосов) систему технического водоснабжения.

2. Выбирает подъемно-транспортное оборудование.

3. Проектирует электрическую часть насосной станции: определяет мощность понизительных трансформаторов; выбирают число и размеры камер трансформаторов, составляют схему электрических соединений.

4. Составляет спецификацию оборудования, трубопроводов, фасонных частей и арматуры.

Рекомендации по выбору и расчету вспомогательного обо-

рудования, а также основные их технические характеристики приведены в [10].

9. РАЗРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

В этом разделе приводят расчет и краткое описание строительной части здания насосной станции по следующей схеме:

1. Общая композиция здания (в том числе и бытовых помещений). Здесь следует дать перечень и размеры помещений здания насосной станции с кратким изложением их назначения и перечислением размещаемого в них оборудования.

2. Конструктивная схема здания. Здесь необходимо, в общем, охарактеризовать конструкцию и форму заглубленной и надземной частей здания, метод производства работ, основные размеры в плане и по высоте, обосновать их.

3. Описание строительных конструкций и примененных строительных материалов. Здесь кратко описывают конструкции здания, устройство фундаментов, стен, полов, перекрытий, примененных материалов.

Рекомендации для выполнения этого раздела приведены в [11].

10. КОНТРОЛЬНО - ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИКА

В этом разделе перечисляются принятые к установке контрольно-измерительные приборы и их назначение. Приводится перечень процессов, подлежащих автоматизации, и кратко перечисляются основные элементы автоматизированной схемы управления насосами. Рекомендации для выполнения этого раздела приведены в [10].

11. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ТРУБОПРОВОДОВ И ФАСОННЫХ ЧАСТЕЙ

Спецификация составляется для предварительного заказа 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 включают основное и вспомогательное насосное оборудование и электродвигатели к нему, подъемно-транспортное оборудование. Данные по оборудованию, арматуре, трубопроводах, фасонных частях приведены в [4-10]. Со-

Насосы и воздухоудовные станции

ставленная спецификация приводится на чертеже (табл. 11.1).

Таблица 11.1
СПЕЦИФИКАЦИЯ

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Мас-са ед., кг	При-ме – чание	15
1	Ливгидромаш	Насос центро-бежный	4	529	2 раб.	7
		Д 200 -36 с электродви-гателем А2-71-4,			+2 рез. насо-са	7
		1450 об/мин, 22 кВт				7
4	ГОСТ 8696-74	Трубы сталь-ные	20м	32,4		
		электросвар-ные \varnothing 300,				
		325 x 4				
12	Справочник	Клапан обрат-ный	4	41,4		
	под редакци-ей	поворотный фланцевый				
	А.С.Москвитин а	П 44075 \varnothing 200, Р _y = 16				
20	60	60	10	15	20	

ЛИТЕРАТУРА

1.СНиП 2.04.04-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооруже-ния/ Государственный комитет СССР по делам строитель-ства.М., 1985. С.131 .

2.СП 31.13330.2013 СНиП 2.04.04-84*.Водоснабжение наружные сети и сооружения, 2012. С. 131

3.Турк В.И., Минаев А.В., Карелин В.Я. Насосы и насосные станции: учебник для вузов. М., 1976. С. 304.

4.Курганов А.М., Федоров М.Ф. Гидравлические расчеты

систем водоснабжения и водоотведения: справочник/ под общей ред. А.М. Курганова. Изд. 3-е перераб. и доп. Л.,: 1976. С. 440.

5.Каталог-справочник. Насосы. 3-е издание. М.,1960.С. 526.

6.Залуцкий Э.В., Петружно А.И. Насосные станции. Курсовое проектирование. К., 1987.С.167.

7.Строительный каталог. Раздел 86. Насосы центробежных типов К, КМ, 1ЦВЦ, 1Д, СМ, СМС, СД, ЦМК. ГПИ СантехНИИпроект. М., 1991, 1992, 1999.

8.Электрические машины. Сводный каталог. М., 1962. С.194.

9.Справочник монтажника. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации/ под ред. А.К. Перешивкина. Изд. 3-е перераб. и доп. М., 1978. С.576 .

10.Справочник монтажника. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений/А.С. Москвитин, и др. под ред. А.С. Москвитина. М., 1979. С. 430 .

11.Вспомогательное оборудование насосных станций: Методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов для студентов специальностей 290800, 330200 дневной, заочной и ускоренной форм обучения. Ростов - на - Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2002. С.40 .

12.Конструкции зданий насосных станций: методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов для студентов специальностей 290800, 330200 дневной, заочной и ускоренной форм обучения. – Ростов - на -Дону: Рост. гос. строит. ун - т, 2002. С. 16.

13.Шевелев Ф.Л., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие. М., 1975. С.176

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Данные для выполнения курсового проекта обучающимися заочного факультета

№ п/п	Параметры	Последняя цифра шифра (номер варианта)						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Назначение насосной станции	В-1	В-2	К	В-1	В - 2	К	В-1
2	Длина напорных водоводов	1000	2000	1500	2000	3400	2500	3000
3	Отметка наинизшего (расчетного) уровня воды в резервуаре, м	100	120	115	200	130	125	300
4	Отметка наивысшего уровня воды в резервуаре, м	103	123	116	204	134	128	305
5	Отметка лотка подводящего коллектора, м	-	-	116,5	-	-	127,5	-
6	Отметка поверхности земли у насосной станции,	104	122	124	205	133	131	306
7	Отметка поверхности земли у потребителя (диктующей точки), м	110	140	130	210	160	140	310
8	Высота водонапорной башни, смесителя или приемной камеры, м	4	30	2	5	25	2	5
9	Требуемый напор у потребителя (диктующей точки), м							
10	Глубина промерзания грунта	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0
11	Максимальный суточный расход (приток), м ³ /сут	к двум последним цифрам шифра добавить три нуля						

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. В – 1, В – 2 – водопроводные станции соответственно первого и второго подъемов;

2. К – канализационная насосная станция.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Данные для выполнения курсового проекта обучающимися заочного факультета

Параметры	Производительность станции, тыс. м ³ в сутки					
	до 2	3 – 5	6 – 10	11 - 30	31 – 45	46 – 50
Число расчетных пожаров	2	2	2	2	3	3
Расход воды на один пожар, л/с	15	15	25	35	40	55
Число водоводов	2	2	2	2	2	3

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Атмосферное давление над уровнем океана

Высота над уровнем моря, м	0	200	500	1000	1500
Атмосферное давление, м. вод. ст.	10,33	10,1	9,7	9,2	8,6

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Давление насыщенного водяного пара

Температура, °С	20	30	40	50	60	70	80
Давление насыщенного водяного пара, м. вод. ст.	0,24	0,43	0,75	1,25	2,02	3,17	4,82

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Пример заполнения углового штампа

<i>инст.</i>	<i>ИЭС</i>			ШИФР				15
<i>группа</i>								
	<i>Ф.И.О.</i>	<i>подпись</i>	<i>дата</i>					
<i>выполн</i>				<i>КУРСОВОЙ ПРОЕКТ</i>				10
<i>провер</i>				НАЗВАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	<i>стадия</i>	<i>лист</i>	<i>листов</i>	5
<i>н.конт</i>					<i>КП</i>	1	1	
				РАЗДЕЛЫ ЛИСТА	<i>РГСУ</i>			10
					<i>кафедра В и В</i>			
17	23	15	10	70	15	15	15	15

ЧАСТЬ 2

пересчета определяются координаты соответствующих точек характеристик $Q-N$; $Q - N$; $Q - \eta$ для диаметра обточенного колеса $D_{обт}$, и строят соответствующие кривые $(Q - N)_{обт}$; $(Q - N)_{обт}$; $(Q - \eta)_{обт}$, которые используют в дальнейшем для анализа совместной работы насосов и водоводов.

6.3 Выбор электродвигателей

Для определения мощности двигателя вычисляют сначала мощность на валу насоса по формуле:

$$N = \frac{9,81Q_H \cdot H_H}{\eta}, \text{ кВт}, \quad (6.7)$$

где Q_H и H_H – соответственно подача и напор одного насоса в m^3/c и m ; η - коэффициент полезного действия насоса, соответствующий величине расчетной производительности.

Если вал насоса соединен с валом двигателя при помощи муфты, то установленную (расчетную), мощность двигателя определяют по формуле:

$$N_{дв} = K_{дв} \cdot N, \text{ кВт}, \quad (6.8)$$

где $K_{дв}$ – коэффициент запаса мощности двигателя, принимается в зависимости от мощности насоса:

мощность на валу насоса (N), кВт	< 20	20 – 50	50
– 300	> 300;		
коэффициент запаса мощности ($K_{дв}$)	1,25	1,20	1,15
	1,10.		

В качестве электродвигателей рекомендуется при мощностях до 250 кВт, а в отдельных случаях и при большей мощности, применять к установке асинхронные электродвигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором.

При больших мощностях в качестве привода используются синхронные электродвигатели, а также асинхронные с фазным ротором, регулируемые по схеме асинхронного каскада [11]). Выбор марок двигателей и их конструктивных и эксплуатационных параметров могут, осуществляется с использованием каталогов [6] или каталогов насосов, в которых приводятся соответствующие параметры двигателей [3 - 5]. При этом необходимо, чтобы мощность выбранного двигателя была не меньше определённой по приведенной выше формуле.

7. АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НАСОСОВ И ВОДОВОДОВ

7.1. Построение графика совместной работы насосов и водоводов

В канализационных насосных станциях чаще всего имеет место установка нескольких рабочих насосов (2 – 4), а число напорных водоводов также принимается, как правило, не менее двух. Для точного расчета систем перекачки стоков с параллельно работающими насосами и трубопроводами используется анализ совместной работы насосов и трубопроводов с одновременным уточнением потерь напора внутри насосной станции.

Цель этого анализа: определить возможные режимы работы различного количества насосов на один или несколько водоводов. Для этого на одном графике строят характеристику:

- одного насоса;
- параллельной работы нескольких рабочих насосов;
- одного водовода;
- параллельной работы нескольких водоводов путем сложения абсцисс при одинаковых ординатах.

При расчетах систем с параллельно работающими насосами (в один или несколько водоводов) необходимо учитывать, что потери напора в коммуникациях станции (от всасывающей воронки до выхода из станции) зависят от числа включенных насосов. Это означает, что расчетный график, построенный для подачи нескольких насосов в общий напорный трубопровод, не может быть использован для определения рабочей точки в случае работы другого (меньшего) числа насосов в тот же трубопровод. Особенно это важно для станций со ступенчатым режимом работы насосов.

Для упрощения расчета сложных систем рекомендуется применять метод "исправления" характеристик насосов, вычитая из характеристики насоса потери напора во внутренних коммуникациях станции.

Характеристика напорного водовода в этом случае строится без учета потерь напора внутри насосной станции (только из расчета потерь напора в наружном водоводе). При таком построении один график совместной работы действителен для любого числа насосов при подаче в любое число напорных водоводов. На рис.7.1 дан пример такого построения для случая параллельной работы трех насосов на два водовода.

Построение совместных характеристик насосов при параллельной работе в систему во- доводов проводят в следующем

порядке.

1. Из каталога графические характеристики $(Q - H)$ и $(Q - \eta)$ переносятся в систему координат $Q - H$ (рис. 7.1, кривая 1). В случае произведенной обточки рабочего колеса, переносятся характеристики $(Q - H)_{\text{обт}}$ и $(Q - \eta)_{\text{обт}}$ обточенного колеса.

2. Строится кривая потерь напора во внутренних коммуникациях насосной станции $(Q - h_{\text{НС}})$ (рис. 7.1). Для этого определяется гидравлическое сопротивление насосной станции

$$S_{\text{НС}} = \frac{h_{\text{НС}}}{(Q_{\text{Н}})^2}, \quad (7.1)$$

где $h_{\text{НС}}$ – принятые ранее при определении $H_{\text{Н}}$ значения потерь напора во внутренних коммуникациях насосной станции, м; $Q_{\text{Н}}$ – расчетная производительность одного насоса, м³/с.

Определив $S_{\text{НС}}$ и задаваясь 5...6 значениями Q в пределах характеристики насоса, определяют величину потерь напора по формуле: $h_{\text{НС}} = S_{\text{НС}} \cdot Q^2$.

Результаты заносят в табл. 7.1 и используют для построения графика $(Q - h_{\text{НС}})$ (рис. 7.1, кривая 2).

4. Строится характеристика $(Q - H)$ параллельной работы двух и т.д. насосов (рис. 7.1, кривые 4,5), для чего при одинаковых значений ординат удваивают, утраивают, и т.д. абсциссы "исправленной" характеристики насоса.

Насосы и воздухоудвные станции

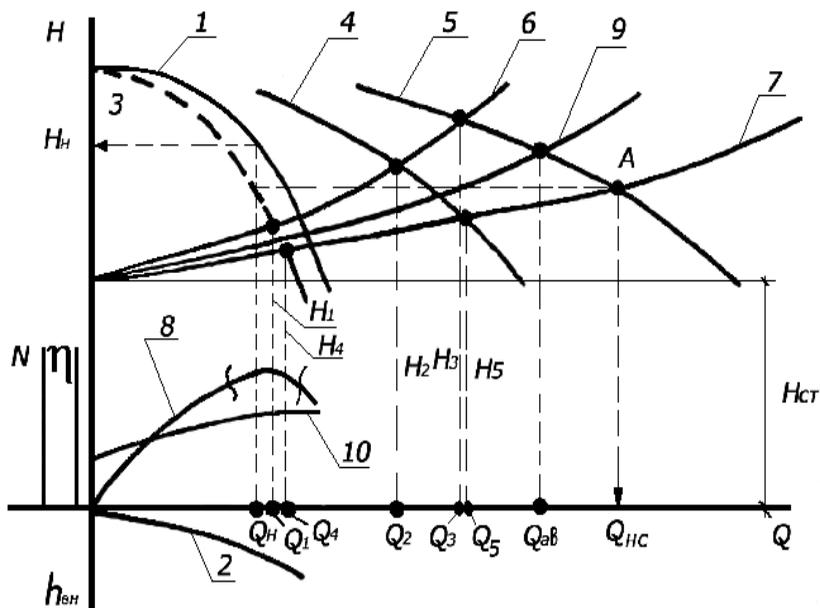


Рис. 7.1. Пример построения графика совместной работы трех насосов на два водовода:

1 – характеристика ($Q - H$) одного насоса; 2 – характеристика ($Q - h_{вн}$) потерь напора внутри насосной станции; 3 – "исправленная" характеристика ($Q - H_{испр}$) одного насоса; 4 – характеристика ($Q - H$) $_{1+2}$ двух насосов; 5 – характеристика ($Q - H$) $_{1+2+3}$ трех насосов; 6 – характеристика одного водовода ($Q - h_{вод}$); 7 – характеристика двух водоводов ($Q - h_{вод}$) $_{1+2}$; 8 - характеристика ($Q - \eta$); 9 – характеристика ($Q - h_{вод}$) $_{1+2}$ при аварии; 10 – характеристика ($Q - \eta$)

5. Строится напорная характеристика одного водовода ($Q - h_{вод}$) (рис.7.1, кривая 6). Для этого, определяя для нескольких значений расхода величину $h_{вод} = 1,23il$ (см. раздел 5) и затем вычисляют потребный напор в водоводе по формуле $H_{ст} + h_{вод}$.

Полученные значения заносятся в табл. 7.2 и затем по данным этой таблицы строят на графике характеристику ($Q - h_{\text{вод}}$) водовода.

На рис. 7.2а представлен пример построения суммарной характеристики $(Q-H)_{1+2}$ двух параллельно работающих насосов с одинаковыми характеристиками $(Q - H)_{1,2}$, путем удвоения абсцисс при одинаковых ординатах ($ab = bc$).

Таблица 7.1

Расчетные данные для построения характеристики $(Q - h_{\text{нс}})$ и $(Q - H)_{\text{испр}}$

Расход Q , м ³ /с(л/с)	Напор насоса H , м	Потери напора $h_{\text{нс}} = S_{\text{нс}} \cdot Q^2$, м	"Исправленный" напор $(H - h_{\text{нс}})$, м
Q_1			
Q_2			
...			
Q_H			
...			

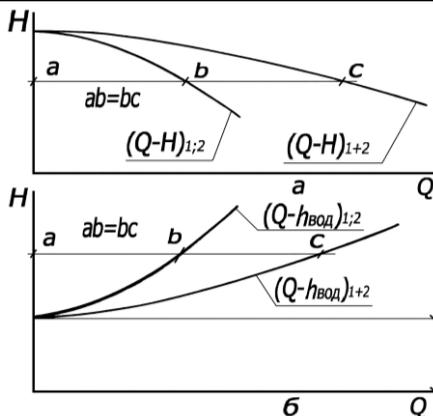


Рис. 7.2. Схемы построения характеристики $(Q - H)$ параллельной работы двух насосов и водоводов:

а – насосы с одинаковыми характеристиками; б – водоводы одинакового диаметра и материала и длины

Таблица 7.2
Расчетные данные для построения характеристики (Q – h_{вод})

Расход Q, л/с	Гидравлический уклон 1000i, м	Потери напора в водоводе $h_{\text{вод}}=1,23 \cdot i \cdot l, \text{ м}$	H _{ст} + h _{вод} , м
Q ₁			
Q ₂			
...			
Q _{нс}			
...			

6. Строится характеристика (Q – h_{вод}) параллельной работы одного, двух и т.д. водоводов (рис. 7.1, кривая 7). Построение суммарной гидравлической характеристики двух напорных водоводов (рис. 7.2б) производится аналогично построению характеристики параллельной работы одинаковых насосов (п.4, рис. 7.2а).

В результате получают точки пересечения характеристик водоводов с характеристиками параллельно работающих насосов (например А) (рис 7.1). Эти точки называются режимными. Точка А – точка пересечения характеристики параллельной работы всех рабочих насосов (Q – H)₁₊₂₊₃, с суммарной характеристикой работы всех водоводов (Q – h_{вод})₁₊₂ является режимной точкой работы насосной станции. При правильном выборе насосов и построении графика их совместной работы с водоводами координаты этой точки совпадают с полученными ранее значениями Q_{нс} и H_н (рис. 7.1).

Данные из графиков совместной работы насосов и водоводов (рис. 7.1) переносят в табл. 7.3 и служат для дальнейшего анализа различных вариантов совместной работы насосов и водоводов. Следует отметить, что при одинаковом количестве рабочих насосов и водоводов анализ совместной работы можно производить, сравнивая кривые (Q – H) одного насоса и одного водовода.

Таблица 7.3

Пример анализа работы насосов и водоводов в случае работы трех рабочих насосов на два водовода (рис.7.1)

Число работающих насосов, шт	Подача работающих насосов, м ³ /с (л/с)	Напор работающих насосов, м	КПД насосов, %
При работе на один водовод:			
1	Q_1	H_1	η_1
2	Q_2	H_2	η_2
3	Q_3	H_3	η_3
При работе на два водовода:			
1	Q_4	H_4	η_4
2	Q_5	H_5	η_5
3	$Q_{нс}$	H_n	η_n

7.2. Совместная работа насосов и водоводов при аварии

При аварии на водоводах канализационная насосная станция должна подать на очистные сооружения 100% расхода сточных вод. В этом случае резко возрастают потери напора в водоводах. Для увеличения пропускной способности водоводов и снижения потерь напора в них устраивают перемычки (рис. 7.3). В этом случае водоводы работают в одну линию только на участках между перемычками.

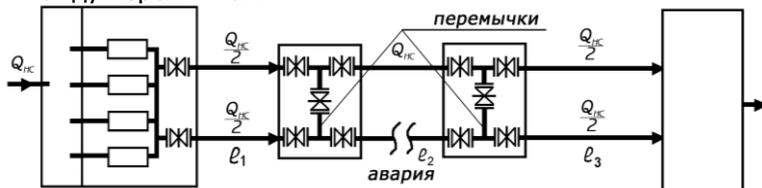


Рис 7.3. Пример схемы установки перемычек на водоводах

Для построения характеристики ($Q - h_{вод}$) водоводов при аварии задаются 5...6 значениями расхода Q , включая величину $Q_{нс}$, и определяют потери напора в водоводах (на примере двух перемычек на двух напорных водоводах):

$$h_{\text{вод}} = 1,23 \cdot [i_1 \cdot (\ell_1 + \ell_3) + i_2 \cdot \ell_2], \quad (7.2)$$

где i_1 и i_2 – гидравлический уклон при расходе соответственно $\frac{Q_{\text{НС}}}{2}$ и $Q_{\text{НС}}$; ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 – длины участков между перемычками.

Полученные данные заносятся в табл. 7.4. Построение характеристики (Q - $h_{\text{вод}}$) при аварии на водоводах производится аналогично, как и при построении характеристики (Q – $h_{\text{вод}}$) при нормальной работе станции (п. 5, разд.. 7).

Количество перемычек назначается исходя из расстояния между ними (обычно не менее 700...800 м). Расстояния между перемычками принимают как правило одинаковыми.

Таблица 7.4
Потери напора в водоводах при аварии на примере устройства двух перемычек

Расход Q , м ³ /с (л/с)	$\frac{Q_i}{2}$	Гидравлический уклон, м/км		$(H_{\text{СТ}} + h_{\text{вод}}) = H_{\text{СТ}} + 1,23(2i_1 + i_2)$, м
		1000 i_1	1000 i_2	
Q_1				
Q_2				
...				
$Q_{\text{НС}}$				

Так как при любом количестве перемычек 100% подача сточных вод во время аварии не может быть достигнута, эта задача решается путем включения в работу на время ликвидации аварии резервного агрегата с минимизацией количества перемычек, т.к. устройство большого количества перемычек приводит к значительному удорожанию строительства.

8. РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ВОДООТВЕДЕНИЯ. КОНСТРУКЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

8.1. Конструкции насосных станций водоотведения. Определение емкости приемного резервуара

Приток сточных вод к насосной станции по часам суток, как это указывалось выше, как правило, неравномерный. Для обеспечения максимально возможного оптимального режима работы насосов необходимо установить в зависимости от их подачи приемный резервуар, который выполняет функцию регулирующей емкости.

При проектировании насосных станций приемный резервуар, помещение решеток, машинный зал, подсобно-производственные и бытовые помещения обычно размещаются в одном здании, иногда допускается отдельное расположение приемного резервуара (см. рис.2.1). Насосные станции с отдельно расположенным приемным резервуаром устраивают в случае глубокого заложения отводящего коллектора, при возведении станции в тяжелых грунтовых условиях или при поступлении на станцию стоков, содержащих горючие, взрывоопасные или токсические вещества.

При совместном расположении в одном здании приемного резервуара и машинного зала, они разделяются в подземной части здания водонепроницаемой глухой стеной. Приемный резервуар оборудуется приемком, куда выводятся всасывающие патрубки насосов. Днище приемного резервуара выполняется с уклоном не менее 0,1 в сторону приемка. Приемки у всасывающих труб устраиваются для того, чтобы можно было максимально использовать регулируемую вместимость приемного резервуара.

При больших размерах приемков в них будет оставаться много неоткаченных стоков, а малые скорости приведут к отложению осадка; при малых размерах – увеличиваются гидравлические сопротивления на подходе жидкости к всасывающим трубам.

В связи с этими факторами рекомендуются следующие размеры приемков: глубина $2d_v$ (d_v – диаметр всасывающей трубы); ширина по дну – $(3,5...4,0) d_v$. Наклон стенки со стороны резервуара – 60° .

Более подробно об оборудовании и строительной части приемного резервуара описано в [11].

Насосы и воздухоудувные станции

Требуемая емкость приемного резервуара определяется в зависимости от притока сточных вод, производительности и числа установленных рабочих насосов, режима их работы.

Наиболее удобно определять регулируемую емкость приемного резервуара графически, путем построения совместного графика притока и откачки (рис. 8.1). При построении этого графика полагают:

приток сточных вод равномерен в течение часа;

число включений насоса не должно превышать трех включений в час при ручном управлении и при автоматической работе насосов отечественного производства с двигателями мощностью свыше 50 кВт;

число включений насоса отечественного производства с двигателями мощностью менее 50 кВт при автоматической работе должно быть не более 5.

Ограничение по числу включений насосов отечественного производства вызвано тем, что большое число включений хотя и позволяет сократить вместимость приемного резервуара, но оказывает неблагоприятное влияние на электроаппаратуру управления насосами и на систему электроснабжения в целом.

Математически доказано, что максимально требуемая регулируемая емкость приемного резервуара будет для станции с однотипными насосами при притоке, равном 50% от максимально часового. Поэтому расчет регулирующей емкости резервуара производят для двух случаев: максимального часового притока и притока равного 50% от максимального часового. При этом предполагается, что при каждом новом цикле откачки включаются сразу все рабочие насосы станции

На рис. 8.1 приведен пример определения регулирующей емкости приемного резервуара.

Для построения этого графика на оси ординат откладывают значение притока сточных вод в % от суточного (Q_w) в час максимального притока (см. табл. 3.1). На оси абсцисс, исходя из необходимости включать насосы не более трех раз в час, откладывают время от 0 до 60 минут, разбивая этот отрезок на три равные части по 20 минут каждая.

При подаче насосов равной максимальному часовому притоку линии притока и откачки на графике совпадают (линия 1, рис 8.1). При этом все рабочие насосы станции будут откачивать стоки без перерыва в течение часа.

Далее строят график притока при поступлении стоков, равном 50% от максимального часового, в нашем примере $6,53/2 =$

3,27 (линия 2, рис. 8.1). При этом режим работы станции приобретает прерывистый характер, т.к. суммарный объем откачки в 20 минутный отрезок времени будет превышать приток. Поэтому насосы будут включаться в работу не в начале каждого 20 – минутного отрезка времени, а несколько позже с тем чтобы, к концу этого отрезка времени был откачен весь объем поступивших стоков.

В связи с этим график откачки строится путем проведения линии из конца 20 - минутного отрезка притока, параллельной максимально часовому притоку, до пересечения ее с горизонталью, проведенной от начала 20 – минутного отрезка. Таким образом, будет построен график откачки стоков при притоке, равным 50% от максимально часового (ломаная линия 3, рис. 8.1). Очевидно, что в этом случае требуемая регулирующая емкость приемного резервуара определится как максимальная суммарная разность ординат графиков притока и откачки (линий 2 и 3, рис.8.1) в % от Q_w (в нашем случае - $\%_{\text{МАКС}} = ,55$).

Регулирующая емкость приемного резервуара определится как

$$W_{\text{РЕЗ}} = (\%_{\text{МАКС}} \times Q_w) / 100, \text{ м}^3 . \quad (8.1)$$

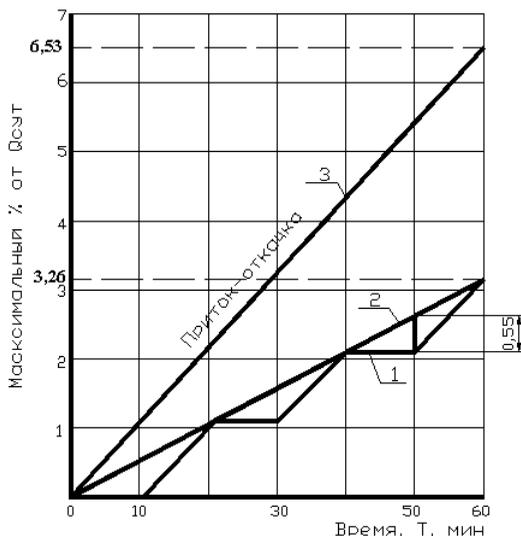


Рис.8.1. Пример режима работы насосных агрегатов для определения емкости приемного резервуара:

1 – линия притока и откачки в час максимального притока;

2 – линия 50% притока; 3 – линия откачки насосами

Аналогичным образом осуществляется определение емкости резервуара и для других условий работы.

Во всех случаях объем приемного резервуара должен быть не менее 5 - минутной максимальной подачи одного из насосов.

Необходимо отметить, что в приемных резервуарах насосных станций с подачей более 100 тыс. м³/сут. необходимо предусматривать два отделения без увеличения общего объема.

8.2. Определение отметки оси насосов

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

Работа насосов не под заливом применяется в том случае, если приемный резервуар расположен отдельно от насосной станции либо при глубоком заложении подводящего коллектора (рис.2.1 а,в). В этом случае отметка оси насоса определяется с учетом допустимой высоты всасывания насоса по методике подробно изложенной в [12].

Нормами [1] рекомендуется устанавливать насосы в станциях водоотведения под залив (рис. 2.1б). Это облегчает пуск насосов и упрощает схему автоматизации насосной станции, при этом отметку оси насоса определяют конструктивно (рис. 8.2, а также раздел 8.3), используя установочные чертежи насосов.

У насосов, установленных под залив, верх корпуса должен быть расположен не менее чем на 0,3...0,5 м ниже расчетного уровня в приемных резервуарах.

Допустимая высота всасывания насосов, как правило, обеспечивает возможность их работы при минимальном уровне воды в приемном резервуаре.

8.3. Компонровка оборудования и трубопроводов

Расположение насосов и трубопроводов в насосной станции должно отвечать следующим основным требованиям:

- надежность действия;
- удобство, простота и безопасность обслуживания;
- минимальная протяженность трубопроводов и простота их узлов;

возможность расширения станции.

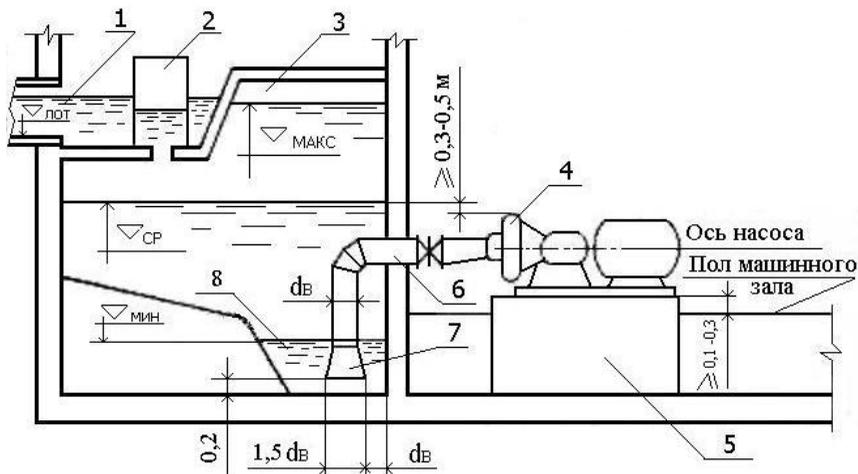


Рис. 8.2. Расположение насоса под залив:

1 –распределительный канал; 2 – сороудерживающая решетка дробилка; 3 – приемный резервуар; 4 насосный агрегат; 5 – фундамент под насосный агрегат; 6 – всасывающий трубопровод; 7 – приемная воронка; 8 – приямок; $\nabla_{\text{МИН}}$, $\nabla_{\text{СР}}$, $\nabla_{\text{МАКС}}$ – отметки соответственно минимального, среднего (расчетного) и максимального уровней воды

Компоновку агрегатов, трубопроводов и другого оборудования рекомендуется проводить в следующей последовательности.

1. Определяют размеры фундамента под агрегат, и выбирают схему расположения насосных агрегатов в машинном зале (п. 8.3.1). При этом учитывают, что, как правило, насосы располагаются в один ряд вдоль стенки, отделяющей машинный зал от приемного резервуара.

2. Включение насосов проектируется автоматически в зависимости от притока сточной жидкости.

3. Компонуют всасывающие и напорные трубопроводы в машинном (п. 8.3.3) зале, учитывая, что каждый насос соединяют с приемным резервуаром самостоятельным всасывающим трубопроводом, даже если приемный резервуар расположен отдельно от насосной станции.

4. Выполняют гидравлический расчет трубопроводов, подбирают арматуру и фасонные части. Тип и размеры арматуры принимают по справочной литературе [8,9]. Уточняют потери

напора во внутренних коммуникациях насосной станции.

5. Вычерчивают аксонометрическую схему трубопроводов и арматуры

внутри машинного зала насосной станции с указанием длины и диаметров трубопроводов.

6. Подбирают вспомогательное насосное и другое технологическое оборудование [10].

7. Выбирают электрическое оборудование насосной станции [10].

8. Полученные размеры позволяют определить габариты машинного зала и вспомогательных помещений. При этом следует учитывать необходимость выделения площадей для монтажной площадки, где проходы вокруг демонтируемого или монтируемого оборудования должны быть не менее 0,7 м, и для установки вспомогательного оборудования.

8.3.1. Рама и фундамент под насосный агрегат

Горизонтальные насосы типа "СД, Гр" монтируют с электродвигателями на общей чугунной плите заводского изготовления. Более мощные насосы монтируют на общей или раздельной раме из прокатной стали. Высота рамы принимается не менее 100 мм. Расстояние от края рамы до оси посадочных отверстий – 50...100 мм; до края фундамента – не менее 50 мм.

При компоновке вычерчивают фронтальную проекцию насоса и электродвигателя и определяют минимальные размеры фундамента. В плане форма фундамента может быть простой и сложной [10]. Высоту фундаментов над полом машинного зала принимают не менее 0,1...0,3 м (рис. 8.2). Для защиты от возможного затопления при аварии, электродвигатели насосов располагают на высоте не менее 0,5 м от пола.

Днище насосной станции образует общая для приемного резервуара и машинного зала железобетонная плита, на которую опираются бетонные фундаменты насосов. Плита устраивается на отметке дна приямка приемного резервуара (рис. 8.2). Пространство между плитой и полом может быть заполнено тощим бетоном.

Масса фундамента должна быть не менее чем в 4 раза больше массы насосного агрегата (насос плюс электродвигатель).

8.3.2. Выбор схемы расположения фундаментов агрегатов

В канализационных насосных станциях насосные агрегаты в основном располагают параллельно и перпендикулярно продольной оси здания, либо, при большом количестве насосных агрегатов (более 4...5) в шахматном порядке, что позволяет уменьшить ширину машинного зала, последнее характерно для заглубленных насосных станций.

Если понижение уровня грунтовых вод допускает строительство насосной станции в открытом котловане, в этом случае её удобней проектировать прямоугольной в плане.

Расстояние между фундаментами насосных агрегатов, а также между агрегатами и стенами зданий нужно назначать с учетом требований [1]. Ширину проходов между выступающими частями насосов, трубопроводов и

двигателей следует принимать не менее: а – между агрегатами, 1 м; b – между агрегатами и стеной, 0,7 м; с – между неподвижными частями оборудования и трубопроводами, 0,7 м.

8.3.3. Всасывающие и напорные трубопроводы

Трубопроводы внутри насосной станции применяют стальные на сварке; фланцы на трубах приваривают только для присоединения арматуры и насосов. Диаметр трубопроводов выбирается согласно указаниям разд. 4, учитывая, что водоотводящих насосных станциях, как правило, каждый установленный насос должен иметь свой всасывающий трубопровод. При этом, как правило, диаметр этих трубопроводов больше диаметров патрубков насосов. Для их

соединения используют переходы эксцентрические (всасывающий трубопровод) конические (напорный трубопровод). Размеры переходов выбирают по справочной литературе [8].

Между всасывающим патрубком насоса и задвижкой обязательно устанавливается монтажный патрубок с надвижными фланцами (на трубопроводах больших диаметров – монтажные муфты), который должен обеспечивать возможность снятия передней крышки корпуса насоса вместе с всасывающим патрубком при закрытой задвижке на всасывающем трубопроводе.

Для борьбы с кавитацией необходимо избегать попадания воздуха во всасывающий трубопровод, образования воздушных мешков и обеспечивать минимальные потери в самом трубопроводе.

Насосы и воздухоудувные станции

воде и во всасывающей воронке. С этой целью всасывающие трубопроводы прокладывают с подъемом не менее 0,05 от входной воронки к корпусу насоса.

Бесперебойная работа насоса и минимум гидравлических потерь во всасывающей линии обеспечиваются также правильным расположением всасывающих труб в приемном резервуаре насосной станции. Расстояние от входного сечения всасывающей трубы до дна и стен камеры или приемка следует принимать таким образом, чтобы скорости подхода воды к приемной воронке были не больше скорости течения во входном сечении. Получающиеся при этом размеры показаны на рис. 8.2.

Для уменьшения местных потерь при входе потока во всасывающую трубу диаметр входного сечения $D_{вх}$ увеличивают по сравнению с диаметром трубы d_v . Обычно принимают $D_{вх} = 1,5d_v$, длина ее составляет (1,3...1,7) d_v . Запрещается устанавливать опору под всасывающей воронкой, т.к. на ней могут задерживаться волокнистые загрязнения, которые закупорят вход жидкости

При диаметре всасывающего трубопровода более 500 мм входное отверстие рекомендуется располагать вертикально в плоскости поверхности разделительной стенки, Такое расположение позволяет довольно просто перекрыть отверстие шиберным щитом или шандром при ремонте задвижки на всасывающем трубопроводе.

При применении вертикальных насосов, как правило, всасывающий патрубок располагается вертикально. В этом случае размеры его диаметр входа и его длина определяются паспортными данными на конкретно выбранный тип насоса [3 - 5].

Напорные трубопроводы и арматуру необходимо компоновать таким образом, чтобы в любой момент была возможность отключения одного из насосов от общей системы без прекращения работы станции и чтобы была возможность подачи воды каждым насосом в любом из направлений напорного трубопровода внутри насосной станции.

При нескольких насосах, работающих в общий напорный трубопровод, присоединение напорных стояков к общему напорному трубопроводу делают сбоку шельга в шельгу, т.к. при присоединении снизу в напорном стояке неработающего насоса выпадает осадок и стояк становится своеобразной ловушкой - отстойником для тяжелых взвешенных веществ, а при длительной остановке образуется весьма уплотненная пробка, которую не может пробить струя воды при включении насоса в работу. По этой же причине целесообразно установка задвижек на горизон-

Насосы и воздухоудвнные станции

тальных участках напорных трубопроводах от насосов.

На напорной линии каждого насоса предусматривается установка обратного клапана и задвижки. Установка обратного клапана предусматривается между насосом и задвижкой. Установка многотарельчатых обратных клапанов не допускается.

Гидростатические, гидродинамические и температурные напряжения, возникающие в напорных трубопроводах, и весовую нагрузку последних не следует передавать на насос. Для этого следует устанавливать под трубопроводы опоры, компенсаторы и упоры.

Трубопроводы внутри насосной станции преимущественно располагают по поверхности пола рис. 8.3. с устройством мостиков над трубопроводам. В этом случае устанавливают бетонные опоры (под арматуру). Расстояние между опорами на прямых участках определяют расчетом и принимают не более 3 м. Если трубопровод проходит по стенам зданий, его укладывают на железобетонные консоли, на них же укладывают и ходовой мостик для обслуживания трубопровода.

Минимальное удаление труб от стен и пола назначаются из условия возможности монтажа и обслуживания арматуры по табл. 8.1 и с учетом рекомендаций [1].

Фасонные части на трубопроводах внутри насосной станции стальные, вес и размер их определяют по [8,9].

В качестве запорной арматуры, в основном применяют задвижки и поворотные затворы. Задвижки и затворы подбираются по диаметру условного прохода и давлению. Необходимо отметить, что при различных комбинациях включения насосов на отдельных участках трубопроводов может меняться направление течения. Дисковые затворы в таких условиях работают плохо, хотя они более компактны, чем задвижки.

Задвижки диаметром более 400 мм, а также задвижки всех диаметров при дистанционном или автоматическом управлении устанавливают с электрическим или гидравлическим приводом. Тип, размеры и вес задвижек, дисковых затворов, обратных клапанов и другой арматуры выбирают по [8,9].

Напорные водоводы выводятся из насосной станции ниже глубины промерзания, считая от верха трубы. С трубами внутри заглубленных насосных станций они соединяются вертикальными стояками. Стояки должны не мешать передвижению подъемно-транспортного оборудования. При заглублении насосной станции до 5 м возможен вывод труб без устройства стояков. За пределами станции такие выпуски соединяются с водоводами

участками трубопровода с углом наклона до 30° .

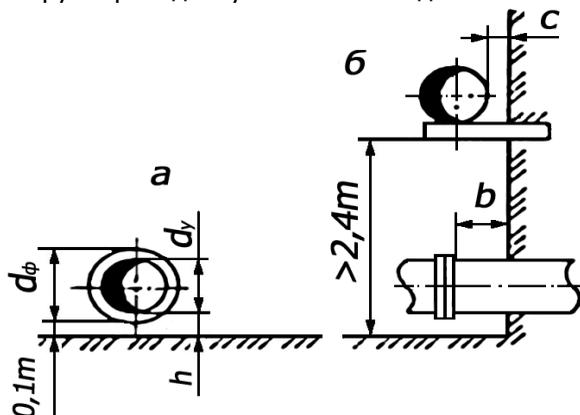


Рис. 8.3. Способы размещения трубопроводов в машинном зале:

а – над полом; б – на стене; d_ϕ – диаметр фланца; m – длина электродвигателя насоса

Таблица 8.1

Рекомендуемые размеры к размещению трубопроводов в машинном зале (см. рис. 8.3.)

Размер, мм	$d_y \leq 400$	При наличие арматуры		При отсутствие арматуры	
		$d_y = 450 \dots 600$	$d_y > 600$	$d_y = 450 \dots 600$	$d_y > 600$
b	300	500	500	500	500
h	250	300	350	250	250
c	250	350	500	350	350

9. ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

В расчетно-пояснительной записке к проекту следует привести выбор вспомогательного оборудования насосной станции, который производится в следующей последовательности [8 -10]:

1. Выбирают оборудование для предварительной ме-

ханической очистки сточных вод.

2.Выбирают дренажные насосы, насосы аварийного осушения и грязеудаления, а также насосы для охлаждения и гидроруплотнения сальников. Кратко описывают (с подбором насосов) систему технического водоснабжения. Подбирают вакуум-насосы, если насосные агрегаты установлены не под залив.

3.Выбирают подъёмно-транспортное оборудование.

4.Проектируют электрическую часть насосной станции: определяют мощность понизительных трансформаторов; выбирают число и размеры камер трансформаторов, составляют схему электрических соединений.

5.Составляют спецификацию оборудования, трубопроводов, фасонных частей и арматуры (разд.12).

10. РАЗРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

В этом разделе приводят расчет, и краткое описание строительной части здания насосной станции по следующей схеме.

1.Общая композиция здания (в том числе и бытовых помещений). Здесь следует дать перечень и размеры помещений здания насосной станции с кратким изложением их назначения и перечислением размещаемого в них оборудования.

2. Конструктивная схема здания. Здесь необходимо, в общем, охарактеризовать конструкцию и форму заглубленной и надземной частей здания, метод производства работ, основные размеры в плане и по высоте, обосновать их.

3.Описание строительных конструкций и примененных строительных материалов. Здесь кратко описываются конструкции здания, устройство фундаментов, стен, полов, перекрытий, примененных материалов [10].

11. КОНТРОЛЬНО - ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИКА

В этом разделе перечисляют принятые к установке контрольно-измерительные приборы и их назначение. Приводят перечень процессов, подлежащих автоматизации, и кратко перечисляют основные элементы автоматизированной схемы управления насосами [11].

12. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ТРУБОПРОВОДОВ И ФАСОННЫХ ЧАСТЕЙ

Спецификация составляется для предварительного заказа 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 включают основное и вспомогательное насосное оборудование и электродвигатели к нему, оборудование предварительной очистки (сетки, решетки-дробилки), подъемно-транспортное оборудование. Данные по оборудованию, арматуре, трубопроводах, фасонных частях приведены в [3–10]. Составленная спецификация приводится на чертеже и располагается над штампом. Пример составления спецификации и ее форма приведены в табл. 12.1.

Таблица 12.1
СПЕЦИФИКАЦИЯ

<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Масса ед., кг</i>	<i>Приме- чание</i>	<i>1 5</i>
2	<i>Ливгидромаш</i>	<i>Насос центро- бежный</i>	4	529	<i>2 раб.</i>	7
		<i>Д 200 -36 с электродви- гателем А2-71- 4,</i>			<i>+2 рез.</i>	7
		<i>1450 об/мин, 22 кВт</i>			<i>насо- са</i>	7
4	<i>ГОСТ 8696-74</i>	<i>Трубы сталь- ные</i>	20м	32,4		
		<i>электросвар- ные Ø 300, 325 x 4</i>				
12	<i>Справочник</i>	<i>Клапан обрат- ный</i>	4	41,4		
	<i>под редакци- ей</i>	<i>поворотный фланцевый</i>				

	<i>А.С.Москвитин</i> <i>а</i>	П 44075 \emptyset 200, $P_y = 16$			
20	60	60	10	15	20

ЛИТЕРАТУРА

1 СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения/ Государственный комитет СССР по делам строительства.М., 1985. С.131 .

2.СП 31.13330.2012 СНиП 2.04.02.84*. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция.М., 2012. С. 128 .

3.Турк В.И., Минаев А.В., Карелин В.Я. Насосы и насосные станции: учебник для вузов. М., 1976. С. 304.

4. Шевелев Ф.Л., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие. М., 1975. С.176.

5.Каталог-справочник. Насосы. 3-е издание. М.,1960.С. 526.

6.Залуцкий Э.В., Петрухно А.И. Насосные станции. Курсовое проектирование. К., 1987.С.167.

7.Строительный каталог. Раздел 86. Насосы центробежных типов К, КМ, 1ЦВЦ, 1Д, СМ, СМС, СД, ЦМК. ГПИ СантехНИИпроект. М., 1991, 1992, 1999.

8.Электрические машины. Сводный каталог. М., 1962. С.194.

9.Справочник монтажника. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации/ под ред. А.К. Перешивкина. Изд. 3-е перераб. и доп. М., 1978. С.576 .

10.Справочник монтажника. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений/А.С. Москвитин, и др. под ред. А.С. Москвитина. М., 1979. С. 430 .

11.Вспомогательное оборудование насосных станций: методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов для студентов специальностей 290800, 330200 дневной, заочной и ускоренной форм обучения. Ростов - на - Дону: Рост. гос. строит. ун - т, 2002. С.40 .

12.Конструкции зданий насосных станций: методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов для студентов специальностей 290800, 330200 дневной, заочной и ускоренной форм обучения. – Ростов - на - Дону: Рост. гос. строит. ун - т, 2002. С. 16.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Расходы бытовых сточных вод по часам суток в %

Часы суток	Расход бытовых сточных вод в % от суточного (Q_w) при величине общего коэффициента неравномерности								
	1,90	1,80	1,70	1,60	1,40	1,35	1,25	1,20	1,15
0 - 1	1,20	1,25	1,27	1,55	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60
1 - 2	1,20	1,25	1,27	1,55	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60
2 - 3	1,20	1,25	1,27	1,55	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60
3 - 4	1,20	1,25	1,27	1,55	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60
4 - 5	1,20	1,25	1,27	1,55	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60
5 - 6	3,10	3,30	3,50	4,35	4,20	4,80	5,05	4,90	4,80
6 - 7	4,80	5,00	5,20	5,95	5,80	5,00	5,15	4,90	4,80
7 - 8	7,40	7,20	7,00	5,80	5,80	5,00	5,15	5,00	4,80
8 - 9	7,95	7,50	7,10	6,70	5,85	5,65	5,20	5,00	4,80
9 - 10	7,95	7,50	7,10	6,70	5,85	5,65	5,20	5,00	4,80
10 - 11	7,95	7,50	7,10	6,70	5,85	5,65	5,20	5,00	4,80
11 - 12	6,30	6,40	6,50	4,80	5,05	5,25	5,10	4,90	4,80
12 - 13	3,60	3,70	3,80	3,95	4,20	5,00	5,00	4,70	4,70
13 - 14	3,60	3,70	3,80	5,55	5,80	5,25	5,10	5,00	4,80
14 - 15	3,80	4,00	4,20	6,06	5,80	5,65	5,20	5,00	4,80
15 - 16	5,60	5,70	5,80	6,05	5,80	5,65	5,20	5,00	4,80
16 - 17	6,20	6,30	6,40	5,60	5,80	5,65	5,20	5,00	4,80
17 - 18	6,20	6,30	6,40	5,60	5,75	4,85	5,15	5,00	4,70

Насосы и воздухоподводящие станции

18 – 19	6,20	6,30	6,40	4,30	5,20	4,85	5,10	5,00	4,80
19 – 20	5,25	5,25	5,30	4,35	4,75	4,85	5,10	5,00	4,80
20 – 21	3,40	3,40	3,40	4,35	4,10	4,85	5,10	5,00	4,60
21 – 22	2,20	2,20	2,20	2,35	2,85	3,45	3,80	4,50	4,80
22 – 23	1,25	1,25	1,25	1,55	1,65	1,85	2,00	2,40	3,00
23 - 24	1,25	1,25	1,25	1,55	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Данные для выполнения курсового проекта обучающимися заочного факультета

№ п/п	Параметры	Последняя цифра шифра (номер варианта)						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Назначение насосной станции	В-1	В-2	К	В-1	В - 2	К	В-1
2	Длина напорных водоводов, м	1000	2000	1500	2000	3400	2500	3000
3	Отметка наинизшего (расчетного) уровня воды в резервуаре, м	100	120	115	200	130	125	300
4	Отметка наивысшего уровня воды в резервуаре, м	103	123	116	204	134	128	305
5	Отметка лотка подводящего коллектора, м	-	-	116,5	-	-	127,5	-
6	Отметка поверхности земли у насосной станции,	104	122	124	205	133	131	306
7	Отметка поверхности земли у потребителя, м	110	140	130	210	160	140	310
8	Высота водонапорной башни, смесителя или сточной жидкости приемной камере, м	4	30	2	5	25	2	5
9	Глубина промерзания грунта	2.2	2.0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0

10	Максимальный суточный расход, м ³ /сут	К двум последним цифрам шифра добавить три нуля
----	---	---

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. В – 1, В – 2 – водопроводные станции соответственно первого и второго подъемов;
2. К – насосная станция водоотведения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример заполнения углового штампа

<i>инст.</i>	ИЭС			ШИФР				1 5
<i>группа</i>								
	<i>Ф.И.О.</i>	<i>подпись</i>	<i>дата</i>	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ				1 0
<i>выполн</i>								
<i>провер</i>				НАЗВАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	<i>стадия</i>	<i>лист</i>	<i>листов</i>	5
<i>н.конт</i>					<i>КП</i>	1	1	1 0
				РАЗДЕЛЫ ЛИСТА	<i>РГСУ</i>			1 5
					<i>кафедра В и В</i>			
17	23	15	10	70	15	15	15	