

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович

Должность: ректор ФГБОУ ВО Вавиловский университет

Дата подписания: 31.03.2025 10:56:43

Уникальный программный ключ:

528682d78e671e566ab07f01fe1ba2172f775a12

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Саратовский государственный университет генетики,  
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова**

# **Проектирование мелиоративной насосной станции для внутрихозяйственной закрытой оросительной сети**

**Учебно-методическое пособие  
для выполнения курсового проекта по дисциплине:  
«Насосы и мелиоративные насосные станции»**

**Саратов 2024**

**УДК 631.62.624**

Горбачева М.П., Затицацкий С.В., Проектирование насосной станции для закрытой оросительной сети. Курсовое проектирование: Учебное пособие. Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2024. 70 с

Предназначено для студентов направления подготовки **35.03.11 Гидро-мелиорация**.

Учебно-методическое пособие направлено на формирование навыков профессиональных компетенции по проектированию насосных станций для гидромелиоративных систем, а также их эксплуатации и реконструкции. Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции будущих специалистов в области гидромелиорации. Учебно-методическое пособие содержит краткие теоретические сведения по проектированию насосных станций и подбору насосного оборудования, а так же задание на выполнение курсового проекта для студентов по направлению подготовки **35.03.11 Гидромелиорация**.

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

## 1.1. Выбор диктующего гидранта расчетной трассы

Насосные станции (станции подкачки) работающие на закрытую оросительную сеть проектируют в соответствии с техническим заданием. На плане местности дана схема закрытой оросительной сети с рельефом местности в масштабе М 1:10000 (рис.1.1).

Пример: Исходные данные – количество одновременно работающих машин (ДКШ – 64) – 3 шт., расход машины – 64 л/с, свободный напор на гидранте – 40 м.

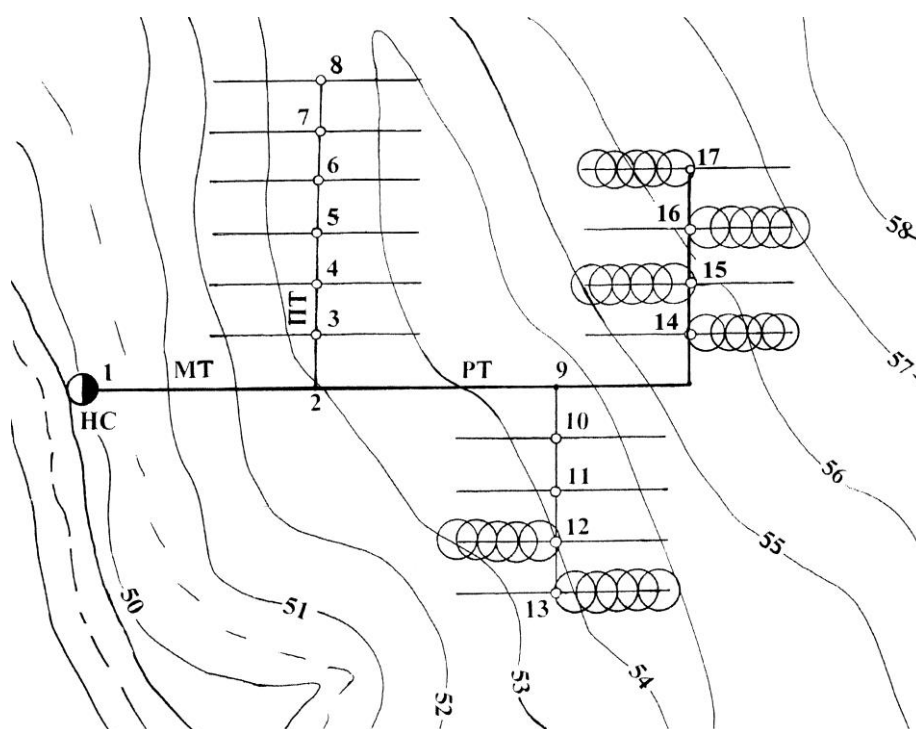


Рис. 1.1. Схема закрытой оросительной сети для дождевальной машины «Волжанка»

Анализируя топографический план, на котором запроектирована закрытая оросительная сеть, выбирается расчетная трасса. Расчетная трасса определяет путь движения воды к диктующему гидранту, для которого свободный напор дождевальной машины, обеспечивается максимально высоким положением пьезометрической линии у насосной станции. Максимальное положение пьезометрической линии обуславливается сочетанием двух факторов: высокой от-

меткой земли у гидранта и большими гидравлическими потерями напора в трубопроводе.

Если самый удаленный от насосной станции гидрант находится на наиболее высокой отметке поверхности земли, то мы не встречаем особых затруднений при выборе расчетной трассы (рис.1.2. – за расчетную трассу принимаем трассу трубопровода 1-9-14-15-16-17).

Если же наиболее удаленный гидрант расположен не на самой высокой отметке поверхности земли, необходимо рассматривать несколько вариантов трассы и выбрать наиболее невыгодный.

После проведения анализа заданной закрытой сети, производится нумерация участков трубопроводов, включая гидранты. Нумерацию начинают от насосной станции до невыгодно расположенных гидрантов. Участком трубопровода следует считать трубопровод с постоянным расходом, диаметром и материалом труб.

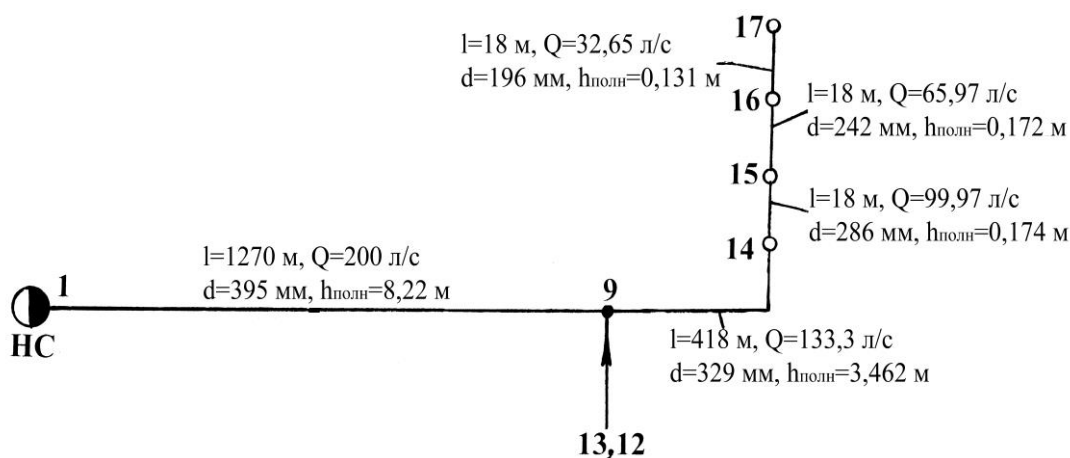


Рис.1.2. Расчетная трасса закрытой оросительной сети

Одновременно действующие дождевальные машины (берется из задания) подключают к наиболее удаленным гидрантам расчетной трассы располагают. Если на данной ветви оросительной сети не поместились все машины, то оставшиеся машины следует размещать на гидрантах другой ветви, наиболее удаленной от насосной станции (рис.1.1).

## 1.2. Определение расчетных расходов закрытой оросительной сети

Расчетные расходы воды определяются на случай, когда максимально возможное количество одновременно действующих дождевальными машин работает на самых удаленных позициях от насосной станции.

Для расчетной трассы, начиная от наиболее удаленных гидрантов, определяются расходы участков последовательным суммированием расходов работающих дождевальными машин. На участке, примыкающем к насосной станции, расход должен равняться суммарной производительности всех работающих дождевальными машин.

Расчетный расход в голове полевого трубопровода, на котором установлены дождевальными машины, равен

$$Q_{п.т} = \sum Q_M / \eta_{п.т}, \quad (1.1)$$

где  $Q_{п.т}$  – расчетный расход брутто полевого трубопровода, л/с;  $\sum Q_M$  – сумма расходов, подаваемая дождевальными машинами, л/с;  $\eta_{п.т}$  – коэффициент полезного действия полевого трубопровода,  $\eta_{п.т} = 0,99 \dots 0,98$ .

Расчетный расход в голове распределительного трубопровода определяется

$$Q_{р.т} = \sum Q_{п.т} / \eta_{р.т}, \quad (1.2)$$

где  $Q_{р.т}$  – расход брутто из распределительного трубопровода, л/с;  $\sum Q_{п.т}$  – сумма расходов брутто из полевых трубопроводов, подключенных к распределительному трубопроводу, л/с;  $\eta_{р.т}$  – коэффициент полезного действия распределительного трубопровода,  $\eta_{р.т} = 0,99$ .

Расчетный расход магистрального трубопровода, а соответственно и максимальный расход насосной станции определяется по зависимости

$$Q_{м.т} = Q_{н.с} = \sum Q_{р.т} / \eta_{м.т}, \quad (1.3)$$

$$Q_{м.т} = Q_{н.с} = n Q_M / \eta_{сист}, \quad (1.4)$$

где  $Q_{м.т}$  – расход брутто из магистрального трубопровода, л/с;  $n$  – количество одновременно работающих дождевальными машин в самый напряженный поливной период, шт;  $Q_{р.т}$  – расход брутто из распределительных трубопроводов, подключенных к магистральному трубопроводу, л/с;  $\eta_{м.т}$  – коэффициент полез-

ного действия магистрального трубопровода,  $\eta_{м.т}=0,99$ ;  $\eta_{сист}$  - коэффициент полезного действия системы:

$$\eta_{сист} = \eta_{п.т} \eta_{р.т} \eta_{м.т} \quad (1.5)$$

Расчетную максимальную подачу оросительных насосных станций определяют также по максимальной ординате укомплектованного графика водопотребления

Результаты расчетов сводят в табл.1.1.

Таблица 1.1

Расчетные расходы оросительной сети

Участок	17-16	16-15	15-14	14-9	9-1
Расчетный расход брутто, л/с	32,65	65,97	99,97	133,3	200,0

### 1.3. Гидравлический расчет расчетной трассы

Гидравлический расчет расчетной трассы закрытой оросительной сети проводится для определения диаметра труб, скорости движения воды и потерь напора в трубах.

Диаметр трубопровода, в зависимости от протекающего через него расхода, можно подсчитать по формуле

$$d = 1130 \sqrt{\frac{Q}{v}}, \quad (1.6)$$

где  $d$  – диаметр трубопровода, мм;  $Q$  – расчетный расход для данного участка, м<sup>3</sup>/с;  $v$  – скорость воды в трубопроводе: для магистрального трубопровода – 1,5...3,0 м/с, для распределительного и полевого – 0,9...1,6 м/с.

Найденный диаметр труб уточняется по ГОСТ и округляется до стандартного.

Напорные трубопроводы мелиоративных насосных станций прокладывают в основном из железобетонных, асбестоцементных и стальных трубопроводов. Чугунные и пластмассовые трубы в мелиорации применяют редко.

**Железобетонные трубы** применяют при диаметрах 500...1600 мм и давлении до 1,5 МПа (магистральные и распределительные трубопроводы). При

использовании труб со стальным сердечником давление может быть увеличено до 3 МПа.

**Асбестоцементные трубы** используют при диаметрах 100...500 мм и давлении в них до 1,5 МПа (полевые и распределительные трубопроводы). Они подразделяются на три класса: ВТ9, ВТ12 и ВТ15 для рабочих давлений (максимальное гидравлическое давление, при котором может быть использована труба данного класса при отсутствии внешней нагрузки) соответственно 0,9; 1,2 и 1,5 МПа.

**Стальные трубы** можно использовать для любых диаметров и давлений, но в связи с дефицитностью стали их применяют лишь в тех случаях, когда другие трубы использовать нельзя. Для закрытых оросительных систем применяют стальные тонкостенные трубы с антикоррозионным покрытием диаметром 168...1420 мм и давлением 0,7...2,5 МПа.

Потери напора на прямолинейных участках трубопровода постоянного сечения (потери по длине) определяются по формуле Дарси-Вейсбаха

$$h_{\text{дл}} = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (1.7)$$

где  $\lambda$  – безразмерный коэффициент гидравлического трения;  $\ell$  – длина расчетного участка трубопровода, м;  $d$  – диаметр трубопровода, м;  $v$  – скорость движения воды в трубопроводе, м/с;  $g$  – ускорение свободного падения,  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Формулу (1.7) можно записать в следующем виде

$$h_{\text{дл}} = 1000 i \ell, \quad (1.8)$$

где  $i = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$  – гидравлический уклон;  $\ell$  – длина расчетного участка трубопровода, м.

В зависимости от расхода, диаметра и скорости по таблицам Затицацкого С.В. (приложение 1) определяются потери по длине на 1 км –  $1000i$ , а затем по длине расчетного участка трубопровода.

Потери на участках, где скорость потока изменяется по величине или направлению (местные потери) вычисляются по формуле Вейсбаха

$$h_m = \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (1.9)$$

где  $\xi$  – коэффициент местного сопротивления;  $v$  - скорость движения воды в трубопроводе, м/с.

Обычно местные потери в закрытой оросительной сети составляют 5...10 % от потерь по длине, т.е.

$$h_m = (0,05...0,10)h_{дл} \quad (1.10)$$

Полные потери на преодоление гидравлических сопротивлений на участке трубопровода определяются по зависимости

$$h_{полн} = \sum h_{дл} + \sum h_m, \quad (1.11)$$

где  $\sum h_{дл}$  – сумма потерь напора по длине всего трубопровода, м;  $\sum h_m$  – сумма потерь напора на преодоление местных сопротивлений, м.

Гидравлический расчет закрытой оросительной сети выполняется по расчетной трассе (табл.1.2).

Таблица 1.2  
Гидравлический расчет закрытой оросительной сети

Участки трубопровода	Длина участка $\ell$ , м	Расчетный расход участка $Q$ , л/с	Внутренний диаметр труб $d$ , м	Скорость движения воды $v$ , м/с	Потери напора в трубопроводе		Материал и марка труб
					$h_{дл}$ , м	$h_{полн}$ , м	
17-16	18	32,65	0,196	1,06	0,119	0,131	Асбестоцем. ВТ-9
16-15	18	65,97	0,242	1,39	0,156	0,172	Асбестоцем. ВТ-9
15-14	18	99,97	0,286	1,56	0,158	0,174	Асбестоцем. ВТ-9
14-9	418	133,3	0,329	1,58	3,148	3,462	Асбестоцем. ВТ-9
9-1	1270	200,0	0,395	1,63	7,48	8,22	Ж.-б. РТНС40-II

Итого

12,16

Выбрать марку трубы можно по таблицам (приложение 1).



#### 1.4. Определение расчетного напора насосов насосной станции.

Расчетный напор насосной станции определяется при максимальном расходе насосной станции, т.е. когда работают все дождевальные машины на закрытой сети. При этом насосы должны обеспечивать некоторый минимальный свободный напор воды  $H_{д.м}$  для любого гидранта закрытой оросительной сети при самых неблагоприятных сочетаниях работы дождевальных машин. Обычно это самый дальний гидрант насосной станции при максимальной ее подаче. Для этого гидранта и находят расчетный напор насоса по формуле

$$H_p = H_{p.min} = H_G + H_{д.м} + h_{пот}, \quad (1.12)$$

где  $H_G$  – максимальная геодезическая высота подъема воды от источника к гидранту ( $\nabla$  гидранта -  $\nabla$  minУВ<sub>водоисточника</sub>), м;  $H_{д.м}$  – минимально допустимый (свободный) напор воды в гидранте при подключении к нему дождевальной машины, м;  $h_{пот}$  – суммарные потери напора в сети от водоисточника до гидранта,  $h_{пот} = h_{полн} + h_{внст}$ ;  $h_{внст}$  – гидравлические потери напора на внутростанционных коммуникациях насосной станции, принимаются  $h_{внст} = 1,0 \dots 2,0$  м.

Для расчетной трассы (рис.1.2) расчетный напор составит

$$H_p = 9,45 + 40 + 13,16 = 62,61 \text{ м.}$$

$$H_G = 56,45 - 47 = 9,45 \text{ м, } h_{пот} = 12,16 + 1 = 13,16 \text{ м.}$$

#### 1.5. Построение характеристики Q-H закрытой сети

Построение графика работы закрытой сети сводится к нахождению расходов, определяемых количеством одновременно работающих дождевальных машин и соответствующие им напоры.

Расчет начинаем вести при максимальном расходе, т.е. при работе всех дождевальных машин, а затем последовательно отключают машины, начиная с машин наиболее близко расположенных к насосной станции.

Отметка пьезометрического уровня в начале участка,  $\nabla_{ну}$  вычисляется по формуле

$$\nabla_{ну} = \nabla_{гидранта} + H_{д.м} + h_{полн}, \text{ м} \quad (1.13)$$

Для того, чтобы подать определенный расход в сеть необходимо развить напор, рассчитываемый по формуле:

$$H = \nabla_{\text{ну}} - \nabla_{\text{min}} \text{УВ}_{\text{водоисточника}} + h_{\text{внст}} \quad (1.14)$$

Таблица 1.3  
Расчет напоров для построения характеристики Q-H закрытой сети

№о тключенного гидранта	Параметры участка	Участки расчетной трассы					Напор Н, м
		17 - 16	16 - 15	15 - 14	14 - 9	9 - 1	
	Длина участка, м	18	18	18	418	1270	Н=107,6-47+1=61,6
	Диаметр трубопр-дов, мм	196	242	286	329	395	
	Расход нетто, л/с	32	64	96	128	192	
	1000·i	6,61	8,65	8,25	7,0	5,35	
	Полные потери, м	0,131	0,171	0,163	3,219	7,474	
	Отметка пьезометрического уровня в начале участка $\nabla_{\text{ну}}$ , М	96,58	96,75	96,91	100,1	107,6	
12	Расход нетто, л/с	32	64	96	128	160	105,4-47+1=59,4
	1000·i	6,61	8,65	8,25	7,0	3,81	
	Полные потери, м	0,131	0,171	0,163	3,219	5,322	
	$\nabla_{\text{ну}}$ , М	96,58	96,75	96,91	100,1	105,4	
13	Расход нетто, л/с	32	64	96	128	128	103,6-47+1=57,6
	1000·i	6,61	8,65	8,25	6,92	2,5	
	Полные потери, м	0,131	0,171	0,163	3,18	3,49	
	$\nabla_{\text{ну}}$ , М	96,58	96,75	96,91	100,1	103,6	
14	Расход нетто, л/с	32	64	96	96	96	101,3-47+1=55,3
	1000·i	6,61	8,65	8,25	4,0	1,8	
	Полные потери, м	0,131	0,171	0,163	1,839	2,515	
	$\nabla_{\text{ну}}$ , М	96,58	96,75	96,91	98,75	101,3	
15	Расход нетто, л/с	32	64	64	64	64	98,67-47+1=52,67
	1000·i	6,61	8,65	3,65	2,02	1,1	
	Полные потери, м	0,131	0,171	0,072	0,929	1,537	
	$\nabla_{\text{ну}}$ , М	96,58	96,75	96,22	97,15	98,67	
16	Расход нетто, л/с	32	32	32	32	32	96,84-47+1=50,84
	1000·i	6,61	1,45	0,15	0,48	0,001	
	Полные потери, м	0,131	0,029	0,003	0,221	0,002	
	$\nabla_{\text{ну}}$ , М	96,58	96,61	96,61	96,83	96,84	
17	$\nabla_{\text{ну}}$ , М	Q=0; 96,58-0,131=96,45					96,45-47=49,45

## 2. Определение количества, типа и марки насосов

Количество основных насосов для стационарной автоматизированной насосной станции определяется, исходя из максимального расхода закрытой сети

Количество устанавливаемых насосов на насосной станции определяется по формуле

$$n = Q_{\max}/Q_{\min}, \quad (2.1)$$

где  $Q_{\min} = Q_p$  – минимальная (расчетная) подача насосной станции, т.е. минимальная ордината укомплектованного графика водопотребления (минимальное количество работающих машин).

Расчетный расход насоса определяется зависимостью

$$Q_p = Q_{\max} / n, \quad (2.2)$$

Для нашего примера

$n = 200/64 = 3,125 \approx 3$  насоса;

$Q_p = 200/3 = 66,7 \text{ л/с} = 0,0667 \text{ м}^3/\text{с} = 240,12 \text{ м}^3/\text{ч}$  при напоре  $H_p = 62,61 \text{ м}$

Увеличение числа насосов допускается для лучшего приближения графика водоподдачи к графику водопотребления, а также если промышленностью освоено лишь менее крупное, чем требуется по расчету насос, а технико-экономические расчеты не подтвердили целесообразность разработки и освоения в производстве нового насоса. При этом оптимальное количество насосов для насосных станций подкачки (III категория) составляет при максимальной подаче  $Q_{\max} < 1 \text{ м}^3/\text{с}$  - 2...4 шт, при  $Q_{\max} = 1...5 \text{ м}^3/\text{с}$  - 3...5 шт.

Основываясь на практике проектирования и эксплуатации насосных станций следует применять однотипные, освоенные промышленностью насосы. Отдавать предпочтение наиболее надежным и удобным в эксплуатации в качестве основных насосов центробежным горизонтальным насосам типа Д, многоступенчатым типа ЦН, а также чешскими насосами CVE и QVD. На оросительных станциях III категории надежности подачи допускается установка одного насосного агрегата с подачей до 400 л/с и мощностью до 150 кВт.

По полученным расчетному напору насосной станции  $H_p$  и расходу  $Q_p$ , пользуясь сводным графиком полей  $Q-H$  центробежных насосов (приложение, либо по каталогам), устанавливают марку насоса.

На практике целесообразнее использовать опыт подбора насосов для насосных станций, которые уже спроектированы и прошли проверку в эксплуатационных условиях. Варьируя марками и числом насосов, а также наружным диаметром рабочих колес  $D_2$ , можно подобрать сочетание насосов, удовлетворяющее требованиям, предъявляемым к насосным станциям с довольно широкими диапазонами подач и напоров.

Для найденных марок насосов определяются основные их технические характеристики, число оборотов, диаметр рабочего колеса, КПД, допустимый кавитационный запас или допустимую вакуумметрическую высоту всасывания.

Для расширения области применения центробежных насосов, которые работают с электродвигателями переменного тока, не допускающими изменения частоты вращения (асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором и синхронные), обрезают рабочее колесо по наружному диаметру. При уменьшении наружного диаметра рабочего колеса на 10-20 % КПД насоса практически не изменяется, а подача и потребляемая мощность уменьшаются.

Для нашего примера

$$Q_p = 66,7 \text{ л/с} = 0,0667 \text{ м}^3/\text{с} = 240,12 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ при напоре } H_p = 62,61 \text{ м}$$

На сводных графиках полей указанным параметрам соответствует насос типа ДЗ20-70,  $n=2950$  об/мин (точка А с координатами  $Q_p$  и  $H_p$  попала в криволинейный четырехугольник, соответствующий этой марке). В каталоге находим характеристику насоса рис.5.1.). Сплошные линии соответствуют насосу с максимальным диаметром рабочего колеса  $D_2=242$  мм, пунктирные – с минимально допустимым диаметром  $D_2=205$  мм. Если точка А попадает на одну из линий характеристик  $Q-H$  или в 2%-ю зону по напору  $H$ , то окончательно принимаем насос с указанными на их характеристиках диаметрами рабочих колес  $D_2$ . Если точка А находится между двумя характеристиками  $Q-H$ , то рабочее колесо необходимо обточить до нужного диаметра  $D_2=D_{\text{обт}}$ .

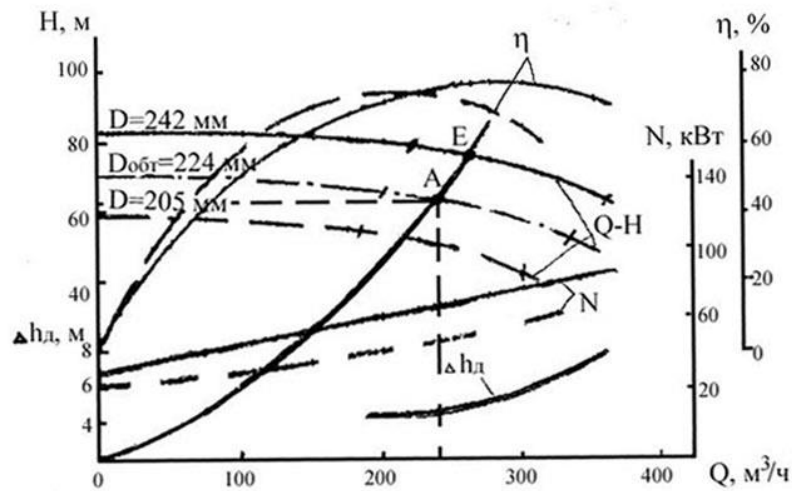


Рис. 2.1. Характеристика насоса Д320-70,  $n=2950$  об/мин

**Пример .1.** 1. Рассчитаем и построим параболу подобных режимов, которая проходит через точку А. Уравнение этой параболы  $H=aQ^2$

$$a = \frac{H_p}{Q_p^2} = \frac{62,61}{0,0667^2} = 14073,17 \quad (2.3)$$

Q, м <sup>3</sup> /с	0	0,02	0,04	0,06	0,08
H, м	0	5,63	22,51	50,65	90,05

2. Находим точку пересечения этой параболы с верхней характеристикой насоса Q-H и обозначим ее буквой Е.

3. Определяем процент расхождения по напору

$$H_{\%} = \frac{H_2 - H_p}{H_2} \cdot 100\% = \frac{77 - 62,61}{77} \cdot 100 = 18,69\%, \text{ что больше } 2\% \text{ следует об-}$$

точить рабочее колесо

4. Вычисляем коэффициент быстроходности насоса, принимая при этом Q и H на режиме  $\eta=\eta_{\max}$ , т.е. в формулу подставляются номинальные значения подачи и напора, соответствующие маркировке выбранного насоса. Для насосов с двухсторонним входом воды (типа Д) значение подачи уменьшается в два раза

$$n_s = \frac{3,65n\sqrt{Q_{ном}}}{H_{ном}^{0,75}} = \frac{3,65 \cdot 2950\sqrt{0,089/2}}{70^{0,75}} = 93,8 \text{ об/мин} \quad (2.4)$$

5. Рассчитываем диаметр обточки рабочего колеса по формулам:

$$\text{при } n_s \leq 200 \text{ об/мин} \quad D_{обт} = D_2 \frac{Q_p}{Q_E} \quad (2.5)$$

$$\text{при } n_s > 200 \text{ об/мин} \quad D_{обт} = D_2 \left( \frac{Q_p}{Q_E} \right)^{0,66} \quad (2.6)$$

В нашем случае при  $n_s=93,8$  об/мин, что меньше 200 об/мин диаметр обточенного колеса составит  $D_{обт} = 242 \frac{0,0667}{0,072} = 224$  мм.

6. Находим процент обточки рабочего колеса

$$D_{\%} = \frac{D_2 - D_{обт}}{D_2} \cdot 100\% = \frac{242 - 224}{242} \cdot 100 = 7,44 \%. \text{ (допустимо)}$$

В зависимости от коэффициента быстроходности рекомендуются следующие максимальные пределы обточки рабочих колес центробежных насосов:

$n_s$ , об/мин	60...200	120...200	200...300
Предел обточки, %	20...15	5...10	10...5

7. Задаваясь, несколькими подачами исходного насоса, определяем его характеристику Q-H с обточенным рабочим колесом проходящего через точку А по формулам:

$$\text{при } n_s \leq 200 \text{ об/мин} \quad Q_{об} = Q_2 \frac{D_{обт}}{D_2}; \quad H_{обт} = H_2 \left( \frac{D_{обт}}{D_2} \right)^2 \quad (2.7)$$

$$\text{при } n_s > 200 \text{ об/мин} \quad Q_{об} = Q_2 \left( \frac{D_{обт}}{D_2} \right)^{\frac{3}{2}}; \quad H_{обт} = H_2 \left( \frac{D_{обт}}{D_2} \right)^3 \quad (2.8)$$

где  $Q_2, H_2$  – подача и напор насоса при стандартном наружном диаметре рабочего колеса  $D_2$ ;  $Q_{об}, H_{об}$  – подача и напор насоса при обрезанном колесе диаметром  $D_{об}$ .

При обточке рабочего колеса КПД насоса снижается на каждые 10 % об-точка на 1 % при  $n_s=60\dots 120$  об/мин и на 2,5 % - при  $n_s>120$  об/мин. В практических расчетах допускается принимать  $\eta=\text{const}$ .

Результаты расчетов по пункту 7 сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1.

Результаты пересчета характеристики насоса при изменении диаметра рабочего колеса

D <sub>2</sub> =242 мм			D <sub>обт</sub> =224 мм		
Q <sub>2</sub> , м <sup>3</sup> /с	H <sub>2</sub> , м	η <sub>2</sub> , %	Q <sub>обт</sub> , м <sup>3</sup> /с	H <sub>обт</sub> , м	η <sub>обт</sub> , %
0	83	0	0	71,11	0
0,02	83	39	0,0195	71,11	38
0,04	81	62	0,037	69,4	61
0,06	79	73	0,056	67,68	72
0,08	73	78	0,074	62,54	77
0,1	61	70	0,093	52,26	69

Если по каталогам подобрать насос не удалось, т.е. точка с координатами Q<sub>p</sub> и H<sub>p</sub> не попадает в область Q-H насоса, можно изменять частоту вращения (с учетом стандартных значений n).

**Пример 2.** Подобрать насос с расчетными параметрами Q<sub>p</sub>=2000 м<sup>3</sup>/ч, H<sub>p</sub>=10 м.

На сводном графике полей Q-H отсутствует поле, соответствующее расчетным параметрам. Несколько выше располагается поле Q-H насоса Д3200-33, n=730 об/мин. Выберем данный насос при условии уменьшения частоты вращения рабочего колеса. Ближайшая стандартная меньшая частота вращения n=585 об/мин (табл. 2.2).

Таблица 2.2.

Стандартные частоты вращения синхронных n<sub>синх</sub> и асинхронных n<sub>асинх</sub> электродвигателей

n <sub>синх</sub> , об/мин	3000	1500	1000	750	600	500	375	300	250	214	187,5	166
n <sub>асинх</sub> , об/мин	2900	1450	980	730	585	485	367	290	-	-	-	-

Рассчитаем и построим параболу подобных режимов по формуле (см. выше). Парабола пересекает характеристику насоса в точке E. В соответствии

с законом пропорциональности,  $n_2 = n \frac{Q_p}{Q_E}$ . Принимаем стандартное значение

$n_1$ . Задаваясь несколькими подачами, пересчитываем указанную характеристику по формулам подобия:

$$Q_1 = Q \frac{n_1}{n}; \quad H_1 = H \left( \frac{n_1}{n} \right)^2; \quad \Delta h_{\text{доп1}} = \Delta h \left( \frac{n_1}{n} \right)^2;$$

Будем считать, что характеристика КПД насоса при различных частотах вращения на подобных режимах не изменяется. Результаты расчета сводим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

Результаты пересчета характеристик насоса при изменении частоты вращения

n=730 об/мин			n <sub>1</sub> =585 об/мин		
Q, м <sup>3</sup> /с	H, м	Δh <sub>доп</sub> , м	Q <sub>1</sub> , м <sup>3</sup> /с	H <sub>1</sub> , м	Δh <sub>доп1</sub> , м
0	27	-	0	17,34	-
0,2	23	-	0,16	14,77	-
0,4	22	-	0,32	14,13	-
0,5	21	-	0,4	13,5	-
0,6	19	3,2	0,48	12,2	2,06
0,8	14	4,8	0,64	9,0	3,08

Исходные и пересчитанные характеристики насоса Д3200-33 показаны на рис. 2.2. Так как точка А попадает на пересчитанную характеристику, обтачивать колесо не нужно. Если точка А не попадает на пересчитанную характеристику следует обточить рабочее колесо по выше указанным формулам.

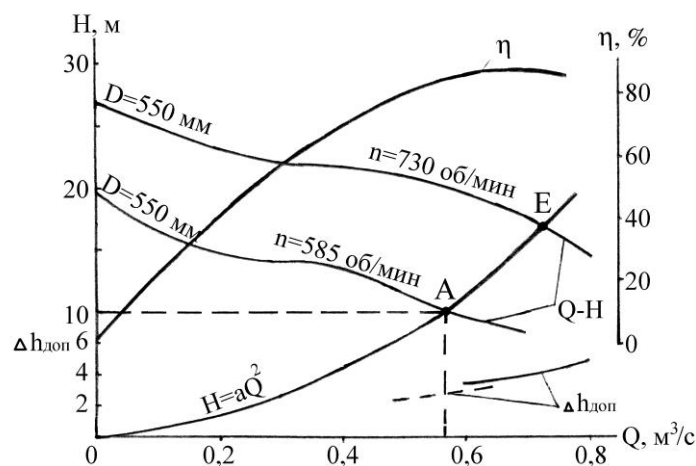


Рис. 2.2. Характеристики насоса Д3200-33 при изменении частоты вращения.



## 2.1. Подбор вспомогательных насосов

Кроме основных насосов на насосных станциях закрытой оросительной сети должны устанавливаться еще и вспомогательные (бустерные) насосы (обычно два), которые компенсируют утечки воды из закрытой оросительной сети, поддерживают в ней необходимый напор при отключенной поливной технике и основных насосов. Бустерные насосы также используют для первоначального заполнения водой закрытой оросительной сети до включения в работу дождевальными машин.

Суммарная максимальная подача бустерных насосов принимают равным 3...5 % от максимального расхода закрытой сети ( $Q_{бр}$ ). Расчетный напор бустерных насосов определяется на пересечении значения максимальной подачи двух бустерных насосов с кривой Q-H закрытой сети.

В качестве вспомогательных насосов обычно применяют центробежные консольные насосы типа К, АК; многоступенчатые секционные насосы типа ЦНС и реже типа Д.

Пользуясь каталогами, на сводных графиках областей по расходу одного насоса и расчетному напору определяют марку насоса.

Если основные насосы имеют напорную характеристику  $H=f(Q)$  с максимумом ( $H_{max}$  при  $Q \neq 0$ ), то работа насосов на режимах левой – восходящей ветви характеристики  $H=f(Q)$  недопустима, так как в трубопроводной системе насосной станции могут возникнуть низкочастотные колебания расходов, снижающие надежность работы агрегатов и системы автоматики станции. В этом случае суммарную подачу бустерных насосов значительно увеличивают. Они должны восполнить не только утечки воды из сети, но и обеспечивать работу одной дождевальной машины, т.е. выполнять функции разменных насосов [1].

Для нашего примера:  $2Q_б=0,05Q_{max}=0,05 \cdot 200=10$  л/с;  $H_б=49$  м (рис.2.3). По найденным значениям расхода и напора подбираем вспомогательные насосы: АК 32-200/219/11,0/2

## 2.2. Построение графика совместной работы насосов и закрытой сети

Построение графика совместной работы насосов и закрытой сети сводится к наложению на характеристику закрытой сети, суммарной характеристики вспомогательных и основных насосов в отдельности. Характеристики основных насосов следует скорректировать – т.е. вычесть из них потери напора во внутростанционных коммуникациях (приведенная, дроссельная характеристика насоса). Затем строится суммарная характеристика параллельной работы основных и бустерных насосов. На суммарные характеристики наносятся рабочие зоны работы насосов и назначаются режимы включения и отключения насосов при изменении расхода сети от нуля до максимального. Под режимом включения (отключения) насосов следует понимать такой режим работы насоса, при котором изменение расхода сети требует изменения числа работающих насосов.

Максимальный расход насосов ограничивается правой границей рабочей зоны характеристики Q-H, если рабочая зона работы насосов находится выше характеристики Q-H сети. Если же рабочая зона работы насосов пересекает характеристику Q-H сети, то в этом случае режим включения насосов определяется точкой пересечения графика покрытия с характеристикой Q-H сети.

Если оба случая взаимного расположения характеристик встречаются одновременно – то в этом случае режим работы насосов назначают комбинированно. Для одной группы насосов – по точкам пересечения кривой Q-H насоса с характеристикой сети, для другой группы – по максимальным расходам рекомендуемой рабочей зоны.

Расходы, соответствующие точкам В и Е, являются предельными расходами вспомогательного и основного насоса (работает только один насос). При этом приходится иногда рабочую зону работы основного насоса расширить в область малых расходов. Расходы от нуля до минимального расхода бустерного

насоса, определяемого зоной рекомендуемой работы насоса, покрываются водовоздушным резервуаром.

### **2.3. Схемы автоматизации работы насосных станций**

Совместная работа сети и насосов зависит от схемы автоматизации насосных станций.

Для насосных станций, у которых основные насосы имеют крутопадающие характеристики Q-H (при крутизне 25-30 %), можно использовать управляющие сигналы от датчиков давлений; при пологих характеристиках насосов Q-H (при крутизне 8-12 %) – от датчиков расхода воды в начале напорного трубопровода или от датчиков потребляемого тока.

#### **1. Ступенчатое регулирование подачи насосной станции по расходу.**

Первый основной насос и вспомогательные насосы включаются “по давлению” (от импульсов электроконтактных манометров, подключенных к водовоздушному резервуару (ВВР), пуск последующих основных насосов осуществляется “по расходу” по мере подключения или отключения дождевальной техники (от сигнала индукционного расходомера).

При неработающих дождевальных машинах в сети происходит утечка воды. Объем воды восполняется ВВР. Постепенно, за счет утечек в сети, давление в ней и в ВВР снижается до величины, соответствующей т.В (рис.2.3). От сигнала электроконтактного манометра, расположенного на ВВР, включается первый вспомогательный насос.

При включении вспомогательного насоса его подача компенсирует утечки в сети и одновременно идет на пополнение ВВР до верхнего допустимого предела рекомендуемой зоны насоса. После наполнения ВВР первый вспомогательный насос отключается и на компенсацию утечек расходуется объем воды, накопленный ВВР. Когда уровень воды в баке вследствие утечек опустится ниже минимально допустимого, т.е. при снижении давления до точки В' по сигналу электроконтактного манометра включается второй вспомогательный насос т.А'

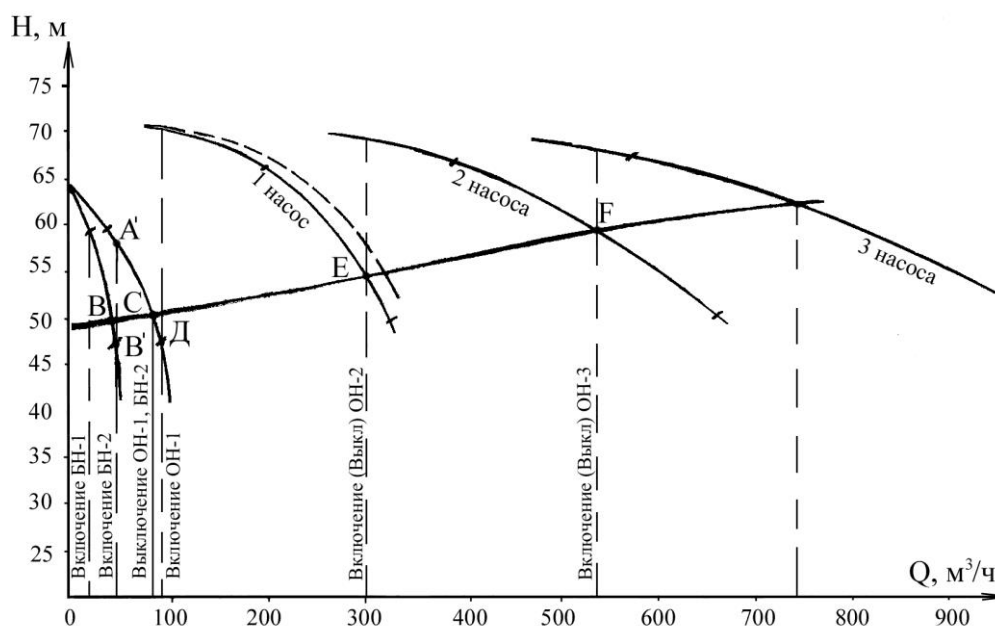


Рис.2.3. График совместной работы насосов и сети при регулировании подачи насосной станции по расходу. БН – бустерный насос; ОН – основной насос.

Суммарная расчетная максимальная подача двух параллельно подключенных вспомогательных насосов должна быть больше возможных утечек воды из сети при отключенных дождевальных машинах. Оба вспомогательных насоса обеспечивают расход до т.С. При вводе в работу поливной техники давление в сети падает, т.е. вспомогательные насосы не обеспечивают потребление сети. Когда давление понизится (т.Д), импульсом от электроконтактного манометра включается первый основной насос, а вспомогательные насосы отключаются. Подключение новых дождевальных машин вызывает увеличение водозабора сети и от сигнала индукционного расходомера включаются очередные основные насосы (т.Е, т.Ф). Отключение насосов осуществляется в обратной последовательности.

## 2. Ступенчатое регулирование подачи насосной станции по давлению.

Регулирование подачи воды по давлению осуществляется от чувствительных элементов давления – электроконтактных манометров, расположенных в машинном зале. Импульсные трубопроводы манометров подключаются к ВВР. Индукционный расходомер служит при этом лишь для измерения подачи НС и в управлении технологическими процессами не участвует.

Автоматизация по давлению возможна лишь в случае использования насосов с крутыми напорными характеристиками (например, ЦН 400-105).

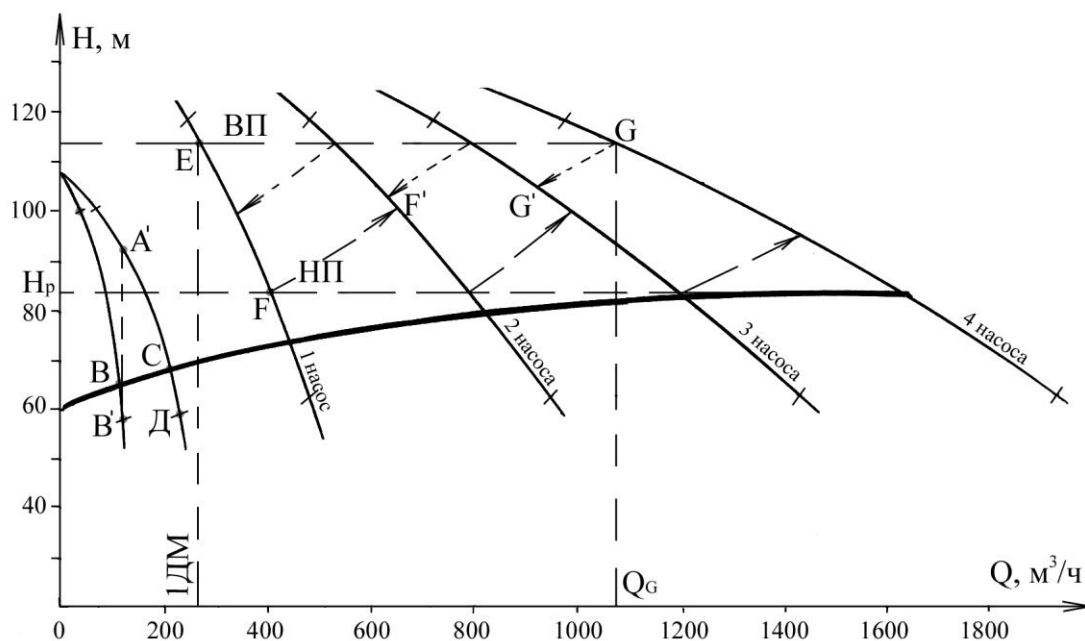


Рис. 2.4. График совместной работы насосов и сети при регулировании подачи насосной станции по давлению.

Работа вспомогательных насосов и первого основного насоса происходит аналогично предыдущему примеру (рис.2.3). Для работы остальных насосов в автоматическом режиме по давлению назначаются нижний предел давления в сети и верхний (рис.2.4). Нижний предел (НП) давления в сети определяется величиной расчетного напора  $H_p$  закрытой сети. Верхний предел (ВП) определяется режимной точкой работы минимального количества поливальных устройств. Так, если известно, что в системе возможна работа одной дождевальной машины, то ВП давления соответствует заданному значению расхода этой машины и снимается с напорной характеристики первого насоса (т.Е). Штрихпунктирная линия, проходящая через т.Е, показывает работу одной дождевальной машины.

При увеличении расхода сети (подключении новых машин) давление будет снижаться и при достижении нижнего предела электроконтактный датчик подает сигнал на включение второго насоса (т.Ф) и рабочая точка переходит в т.Ф'. Аналогично включаются остальные агрегаты. Отключение производится в

обратном порядке от сигналов электроконтактных манометров, настроенных на давление ВП, например, отключение последнего агрегата происходит при подаче  $Q_G$  (т.Г), рабочая точка переходит в т.Г'. Очередность запуска насосных агрегатов обеспечивается схемой автоматики.

#### 2.4. Определение отметки оси насосов и пола насосного здания

Отметку установки оси насоса  $\nabla_{\text{оси}}$  определяют для наихудших эксплуатационных условий работы насосного агрегата, определяемых минимальным уровнем воды в источнике и напором при максимальной (предельной) подаче первого насоса :

$$\nabla_{\text{оси}} = \nabla_{\text{minУВ}} + h_{\text{г.в}} - h_{\text{б.к}}, \text{ м} \quad (2.9)$$

где  $\nabla_{\text{minУВ}}$  – отметка минимального уровня воды в водоисточнике, м;  $h_{\text{г.в}}$  – допустимая геометрическая (геодезическая) высота всасывания, м;  $h_{\text{б.к}}$  – потери напора в береговом колодце с сороудерживающим устройством,  $h_{\text{б.к}}=0,1 \dots 0,3$  м.

Допустимая геометрическая высота всасывания определяется по формуле:

$$h_{\text{г.в}} = N_a - N_{\text{п.ж}} - \Delta h_{\text{доп}} - h_{\text{f}}^{\text{bc}}, \text{ м} \quad (2.10)$$

где  $N_a$  – напор воды, соответствующий атмосферному давлению,  $N_a=10$  м;  $N_{\text{п.ж}}$  – напор насыщенных паров жидкости,  $N_{\text{п.ж}}=0,24 \dots 0,43$  м при температуре воды  $t=20 \dots 30$  °С;  $\Delta h_{\text{доп}}$  – максимальный допустимый кавитационный запас в пределах изменения подачи насоса в эксплуатационных условиях (определяется по кавитационной характеристике насоса);  $h_{\text{f}}^{\text{bc}}$  – потери напора во всасывающем трубопроводе насоса,  $h_{\text{f}}^{\text{bc}}=0,2 \dots 0,8$  м.

По отметке оси насоса определяют отметку пола насосного здания:

$$\nabla_{\text{п.нс}} = \nabla_{\text{оси}} - E - h_{\text{ф}} - 0,3, \text{ м} \quad (2.11)$$

где  $E$  – расстояние от оси насоса до его опорной плоскости, м;  $h_{\text{ф}}$  – высота фундамента насоса: для основных насосов  $h_{\text{ф}}=0,2 \dots 0,4$  м, вспомогательных  $h_{\text{ф}}=0,1 \dots 0,2$  м.

Отметки оси насоса и пола машинного зала определяют как для основных, так и вспомогательных насосов. Более низкая отметка пола из этих двух случаев принимается за отметку пола машинного зала, а отметки осей остальных насосов пересчитываются, исходя из принятой отметки пола машинного зала. При этом расстояния от пола до низа всасывающих и напорных трубопроводов насоса не должны быть менее 0,3 м.

Пример:  $h_{г.в} = 10 - 0,3 - 6 - 0,5 = 3,2$  м;  $\nabla_{оси} = 47 + 3,2 - 0,2 = 50$  м; для основного насоса  $h_{п.нс} = 50 - 0,3 - 0,2 - 0,3 = 49,2$  м, для вспомогательных  $h_{п.нс} = 50 - 0,2 - 0,1 - 0,3 = 49,4$  м.

## 2.5. Выбор двигателей для привода насосов

Насосы, как правило, поставляются заводами в комплекте с электродвигателями. При отдельной поставке или в случае комплектации насосов с электродвигателями не отвечающие требованиям установки, необходимо учитывать следующие рекомендации:

Мощность, кВт	Напряжение, В	Тип двигателя	Серия
До 100	380	Асинхронный	А3, АО3
100-250	6000	Асинхронный	А3, АО3, А2, АО2, АН2
Более 250	6000	синхронный	СД, СДН, СДН3, ВДС, ВСДН

При подборе электродвигателя необходимо обеспечивать заданную для вала насоса частоту вращения и мощность, которую рассчитывают по формуле:

$$N_{дв} = k \frac{9,81 Q_{max}^H H_n}{\eta_n}, \text{ кВт} \quad (2.12)$$

где  $k$  – коэффициент запаса мощности, зависящий от мощности двигателя:

Мощность электродвигателя $N_{дв}$ , кВт	2...5	5...10	10...50	50...350	>350
Коэффициент запаса $k$	1,5...1,3	1,3...1,15	1,15...1,1	1,1...1,05	1,05

$Q_{max}^H$  – максимальная подача одного насоса, м<sup>3</sup>/с (снимается с характеристики Q-H);  $H_n$ ,  $\eta_n$  – соответственно, напор и КПД насосов при  $Q_{max}^H$ .

Для вычисленной мощности, требуемой частоты вращения насоса, расположения вала насоса подбирают марку электродвигателя. Электродвигатель для

бустерного насоса подбирается по максимальной мощности, снимаемой с характеристики Q-H.

Пример:  $N_{дв}=1,1 \cdot 9,81 \cdot 0,09 \cdot 52 / 0,75 = 67,3$  кВт, марка эл.двигателя АО2-91-2. Для бустерного насоса с  $N_{дв}=11,0$  кВт электродвигатель серии АИР (поставляется в комплекте с насосом)

### 3. Внутростанционные всасывающие и напорные коммуникации

Всасывающие коммуникации, служат для подвода воды от водоприемных камер водозаборных сооружений к всасывающим патрубкам насосов. При проектировании всасывающих трубопроводов необходимо соблюдать следующие условия:

1. Всасывающие трубопроводы выполняются только из стальных труб. Во избежание образования воздушных мешков прокладывают без каких-либо переломов в вертикальной плоскости с непрерывным подъемом к насосу с уклоном не менее 0,005. В случае уменьшения диаметра всасывающего трубопровода переход для присоединения к всасывающему патрубку насоса делают в виде одностороннего конуса с горизонтальной верхней образующей (рис. 3.1). Длину конуса (конфузора) принимают:

$$l_k = (3,5 \dots 4)(D_v - d_v), \text{ м} \quad (3.1)$$

где  $D_v$  – диаметр всасывающего трубопровода, м;  $d_v$  – диаметр всасывающего патрубка насоса, м

2. Всасывающие трубопроводы прокладываются длиной не более 50 м, с минимальным числом соединений и поворотов. Перед насосом предусматривают прямолинейный участок длиной не менее  $2D_v$ .

3. Диаметры всасывающих трубопроводов принимают в соответствии со скоростями движения воды в них:

$D_v$ , мм	до 250	250...800	более 800
$V_v$ , м/с	0,7...1	1...1,5	1,5...1,8

И рассчитывают по формуле 1.6 или по приложению 1

Диаметр всасывающего трубопровода  $D_v$  не должен быть меньше диаметра входного патрубка  $d_v$ .



Число всасывающих трубопроводов принимают равным числу насосов.

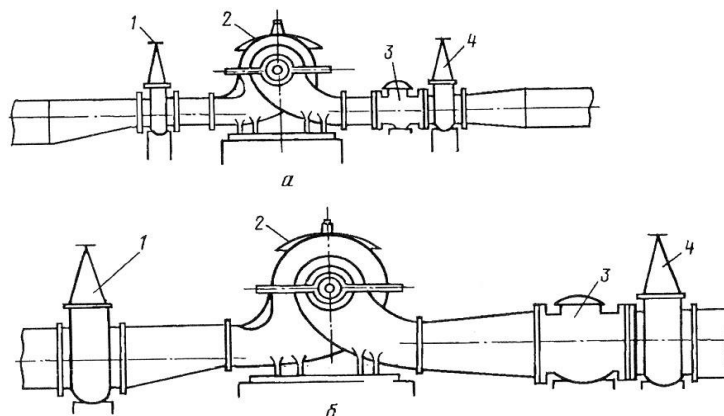


Рис. 3.1. а – при диаметрах арматуры, равных диаметрам всасывающего и напорного патрубков насоса; б – то же, при больших диаметрах; 1,4 – задвижки; 2 – насос; 3 – обратный клапан.

Внутристанционные напорные коммуникации служат для подачи воды от насосов к напорным трубопроводам

Диаметры напорных линий принимают в соответствии со скоростями движения воды в них:

$D_v$ , мм	$\leq 250$	$> 250$
$V_v$ , м/с	1,5...2	2,0...2,5

В случае увеличения диаметра напорного трубопровода переход для присоединения к напорному патрубку насоса делают в виде двустороннего конуса (рис. 3.1). Длину конуса (диффузора) принимают:

$$l_d = (6 \dots 7)(D_n - d_n), \text{ м} \quad (3.2)$$

где  $D_v$  – диаметр напорного трубопровода, м;  $d_v$  – диаметр напорного патрубка насоса, м

Расстояние между осью насоса и стеной здания назначает завод-изготовитель, и оно не должно превышать  $2d_n$ .

*Порядок расчета:* Принимаем диаметр всасывающих стальных трубопроводов  $D_v = 300$  мм; при расчетном расходе  $Q_p = 0,0667 \text{ м}^3/\text{с}$  скорость движения воды в них  $v_v = 1,5 \text{ м/с}$ .

Диаметр всасывающих патрубков, устанавливаемых на станции насосов Д320-70,  $d_v = 200$  мм. Так как ось насоса соответствует максимальному уровню воды в источнике, а всасывающая линия располагается ниже этого уровня предусматривается запорное устройство в виде параллельной задвижки с выдвигным шпинделем с электроприводом. Для того

чтобы присоединить задвижку к всасывающему патрубку предусматривают монтажную вставку типа сальникового компенсатора диаметром 200 мм.

Для присоединения задвижки к всасывающему трубопроводу предусматривают конфузор длиной  $\ell_k=4(D_v-d_v)=4(0,3-0,2)=0,4$  м. Всасывающие трубопроводы прокладывают к насосам с подъемом (уклон 0,01).

Диаметр напорного патрубка  $d_n=150$  мм. Так как скорость движения воды невелика и составляет 1,7 м/с, трубопроводную арматуру принимают такого же диаметра. В качестве монтажной вставки используют сальниковый компенсатор диаметром 150 мм. Обратный клапан, однодисковый с эксцентрично расположенной осью.

В качестве средства защиты от гидравлического удара, возникающего при аварийном отключении электропитания двигателей насосов, воду частично сбрасывают через насосы при использовании обводной линии диаметром  $d_{обв}=75$  мм к обратному клапану. Для присоединения обводной линии к напорной предусматривают два патрубка с фланцами, которые устанавливают до и после обратного клапана; длину патрубков принимают 0,4 м.

В качестве запорной арматуры устанавливают параллельную задвижку с выдвижным шпинделем с электроприводом. Диаметр напорной линии принят  $D_n=200$  мм. От диаметра 150 мм к диаметру 200 мм переходят с помощью диффузора длиной  $\ell_d=6(0,2-0,15)=0,3$  м.

Напорные линии к напорному коллектору диаметром 400 мм (см. таблица...) присоединяют за пределами здания насосной станции. Для прохода напорных и всасывающих линий через стены здания насосной станции используют сальниковые уплотнения без нажимного устройства.

#### **4. Выбор вспомогательного насосного оборудования насосной станции**

К вспомогательному насосному оборудованию насосной станции, работающей на закрытую оросительную сеть, можно отнести: бустерные насосы, вакуум-систему, дренажная система, пневматическое оборудование, трубопроводная арматура, грузоподъемное оборудование, контрольно-измерительная аппаратура, электротехническое оборудование.

Тип и состав вспомогательного оборудования насосной станции определяется способом регулирования основных параметров системы насосная станция – закрытая сеть.

#### 4.1. Вакуум – система

Вакуум-насосы, предназначены для откачки воздуха из всасывающих линий центробежных насосов при заливе их водой перед пуском. Помимо вакуум-насосов могут применяться эжекторы на всасывающих трубах с приподнятым коленом (при высоте всасывания  $h_{вс}=2...2,5$  м). Вакуум-система применяется в насосных станциях при расположении оси насосов выше минимального уровня воды в источнике.

В качестве вакуум-насосов применяют водокольцевые вакуум-насосы типа КВН, ВВН, РНК. При частых пусках (несколько раз в сутки) рекомендуют использовать в вакуум-системах вакуум котлы, которые обеспечивают постоянный залив насосов водой и готовность их к пуску.

Вакуумные насосы подбираются по расходу и относительному вакууму.

Относительный вакуум определяют по формуле:

$$P = 1,1 \frac{h_{г.в} + \ell + h_{б}}{H_a} \cdot 100\%; \quad (4.1)$$

где  $h_{г.в}$  – геометрическая высота всасывания при минимальном уровне воды в источнике, м;  $\ell$  – расстояние от оси до верхней части корпуса насоса, м;  $h_{б}$  – превышение уровня воды в промежуточной бачке вакуум-насосов над корпусом насоса,  $h_{б}=0,7...0,8$  м;  $H_a$  – напор воды, соответствующий атмосферному давлению,  $H_a=10$  м.

Объем воздушной полости в трубопроводах и насосе определяют по следующей зависимости:

$$W = \left( \frac{\pi D_v^3}{4} \right) \ell_v + W_n \quad (4.2)$$

где  $D_v$ ,  $\ell_v$  – соответственно диаметр и длина всасывающего трубопровода до минимального уровня воды в источнике, м;  $W_n$  – объем внутренних полостей насоса и напорного трубопровода до задвижки,  $W_n=0,3...1$  м<sup>3</sup>.

Расчетную подачу вакуум-насоса определяем по формуле:

$$Q_p = \frac{H_a W k}{T(H_a + h_{г.в})} \quad (4.3)$$

где  $k$  – коэффициент запаса,  $k=1,05\dots 1,1$ ;  $T$  – время пуска основного агрегата,  $T=7\dots 10$  мин.

Исходя из требуемых значений  $P$  и  $Q$  по технической характеристике вакуум-насосов типа ВВН (рис.4.1), находят марку насоса. В здании насосной станции устанавливают обычно два насоса – рабочий и резервный.

Рекомендуемые типы и основные характеристики вакуум-насосов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Техническая характеристика вакуум-насосов

Показатель	Марка вакуум-насоса					
	ВВН1-0,75	ВВН1-1,5	ВВН1-3	КВН-4	КВН-8	РМК-1
Подача, м <sup>3</sup> /мин	0,75	1,5	3,3	0,4	0,8	1,5
Номинальный вакуум, $h_{г.в}/H_a \cdot 100\%$	60	60	60	80	80	90
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1450	1450	1450	-	-	-
Мощность электродвигателя, кВт	2,2	5,5	7,5	1,7	2,8	4,5
Габариты агрегата, мм:						
длина	815	695	1195	392	417	575
ширина	332	650	755	240	240	360
высота	333	650	755	278	278	390
Масса агрегата, кг	90	134	291	38	42	93

Расчетный объем вакуум-котла принимают исходя из условия, чтобы вакуум-насос, поддерживающий расчетный уровень воды в котле (рис. 4.2), включался не более 4 раз в 1 час. Подсос воздуха в систему зависит от диаметра всасывающего патрубка заливаемого насоса:

Подсос воздуха в систему $Q_{возд}$ , л/ч	50	100	200	400
Диаметр всасывающего патрубка, мм	до 150	150...300	300...600	600...1200

При количестве насосов  $n > 3$  и при использовании вакуум-котлов рекомендуют предусматривать централизованную систему заливки насосов, имеющую не менее двух вакуум-насосов (один резервный).

Полезный объем вакуум-котла определяют по формуле:

$$W_k = Q_{возд} \cdot t_b, \text{ л} \quad (4.4)$$

Внутренние диаметры вакуумных магистралей, мм

$$D_y = (35\dots 45)\sqrt{Q}, \quad (4.5)$$

где  $Q$  – подача вакуум-насоса при атмосферном давлении, м<sup>3</sup>/мин.

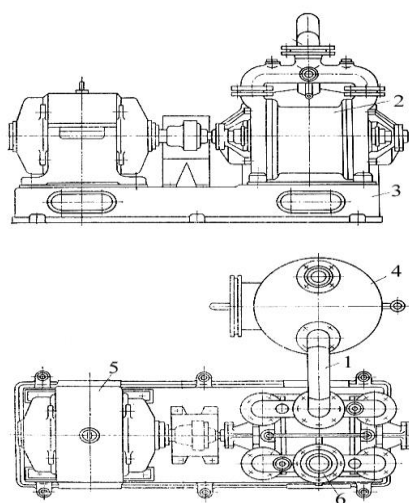


Рис.4.1. Вакуум-насос типа ВВН: 1 – напорный патрубок; 2 – корпус; 3 – рама; 4 – водосборник; 5 – электродвигатель; 6 – всасывающий патрубок

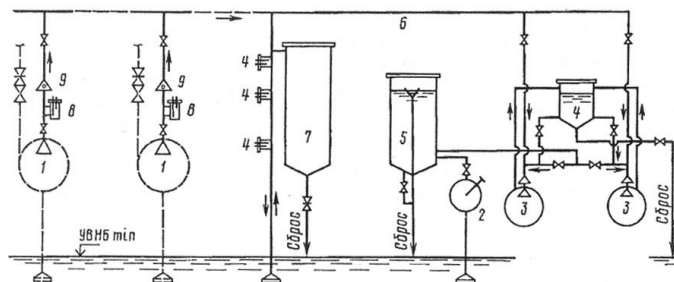


Рис.4.2. Схема централизованной заливки основных насосов с использованием вакуум-котла: 1,2 – основной и ручной насосы; 3 – вакуум-насос; 5 – водоотделитель вакуум-насоса; 5 – заливочный бачок-отстойник; 6 – воздушная магистраль; 7 – вакуум-котел; 8 – сигнализатор уровня ЭРСУ-2; 9 – клапан выпуска воздуха или вентиль с электроприводом.

## 4.2. Дренажная система

Профильтровавшуюся внутрь помещений насосной станции грунтовую воду и утечки воды через сальники насосов откачивают из дренажного колодца с помощью дренажных насосов. В качестве дренажных насосов используют вихревые консольные самовсасывающие насосы ВКС.

Вода отводится дренажными лотками (шириной 15-20 см) или трубами ( $d=50...100$  мм) идущими от каналов подземных коммуникаций к дренажному колодцу. Откуда вода забирается дренажными насосами. Как правило, дренаж-

ные насосы и колодец располагают либо в углу машинного зала, либо между внутристанционными трубопроводами.

Если же отметка пола насосной станции находится выше максимального уровня воды в источнике, дренажные насосы не устанавливают.

Обычно устанавливают два насоса (один – рабочий, второй - резервный). Насос определяется по подаче и расчетному напору. Подача дренажного насоса определяется по формуле:

$$Q_d = (1,5...2)\sum q, \text{ л/с} \quad (4.6)$$

где  $\sum q$  – суммарный фильтрационный расход,  $\sum q = q_1 \cdot n_c + q_2$ ;  $q_1$  – утечки через каждый сальник,  $q_1 = 0,05...0,1$  л/с;  $n_c$  – число сальников на всех насосах;  $q_2$  – фильтрационный расход через стены и пол здания,  $q_2 = 1,5 + 0,001W$ , л/с;

$W$  – объем подземной части здания, расположенной ниже максимального уровня воды, м<sup>3</sup>.

Геодезический напор дренажного насоса определяется разностью максимального уровня воды в источнике и минимального уровня воды в дренажном колодце. Минимальный уровень воды в дренажном колодце приблизительно можно принять на 1м ниже отметки пола машинного зала.

Отметка оси дренажного насоса принимается на 0,7 м выше отметки пола насосной станции. Объем дренажного колодца принимается равным подаче дренажного насоса в течение 10...15 мин:

$$W = (10...15) \sum q, \text{ л} \quad (4.7)$$

Окончательно размеры колодца устанавливаются, исходя из его прямоугольной формы.

Таблица 4.2

Технические характеристики вихревых насосов

Марка насоса	Подача, л/с	Напор, м	Мощность, кВт	Масса, кг	Габаритные размеры в плане, мм	Н <sub>доп.вак</sub>
ВКС 2/26	0,75...2,2	60...70	5,5	130	950x320	4
ВКС 4/74	1,58...4,3	70...20	7,5	166	1000x360	4
ВКС 10/45	5,0...11,1	85...30	30	315	1200x430	3

### 4.3. Выбор пневматического оборудования

В состав пневматического оборудования входят: *водовоздушный резервуар и компрессор*.

**Водовоздушный резервуар** предназначен для сглаживания колебаний давлений в сети при включении и выключении дождевальных машин и насосов, для частичной компенсации несоответствия между отбором воды из оросительной сети и подачей насосов при включенных и отключенных дождевальных машин, ослабления действия гидравлических ударов в напорном трубопроводе вблизи здания насосной станции.

Во время работы насосной станции водовоздушный резервуар заполняют примерно на  $\frac{1}{3}$  сжатым воздухом и на  $\frac{2}{3}$  водой. Водовоздушный резервуар представляет собой стальную емкость, оборудованную предохранительными клапанами, водомерными стеклами, датчиками уровней воды, манометрами.

Исходя из размеров водовоздушных резервуаров (табл. 4.3, рис.4.3) определяют регулирующий объем для поддержания давления в сети при выключении и включении дождевальной машины:

$$W_{\text{рег}} = kq_{\text{д.м}}t, \text{ м}^3 \quad (4.8)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий интенсивность роста подачи воды в дождевальную машину при открытии гидранта,  $k=0,7$ ;  $q_{\text{д.м}}$  – расчетная подача воды дождевальной машины,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $t$  – время исполнения сигнала при автоматическом пуске или остановке насоса,  $t=7...10$  с.

Таблица 4.3

Основные размеры водовоздушных резервуаров

Вместимость резервуара, $\text{м}^3$	$P_y$ , МПа	Размер, мм									Масса, т
		D	H	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$L_1$	$L_2$	$D_2$	$\delta$	
6,3	1	1600	4108	3400	450	235	1708	1970	1410	10	1,91
10	1	2000	4260	3628	564	154	2190	2380	1810	14	2,99
10	1,6	2000	4270	3632	566	154	2195	2400	1810	16	3,81

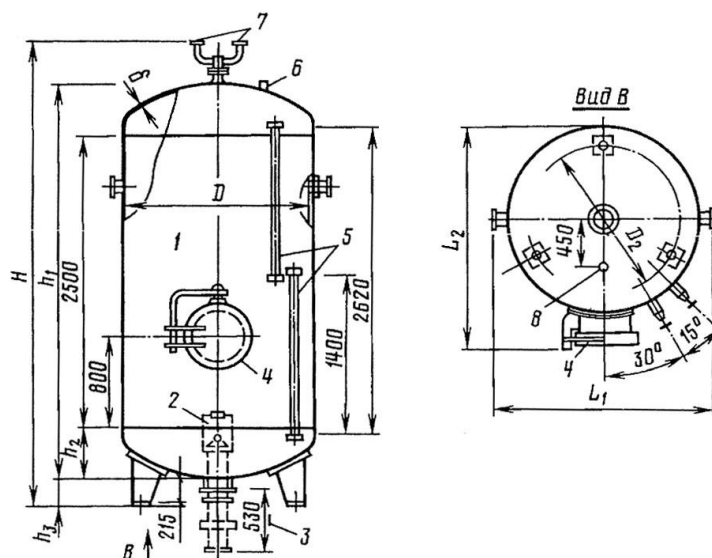


Рис.4.3. Водовоздушный резервуар: 1 – корпус бака; 2 – поплавковый клапан; 3 – минимальный размер для вывода клапана из бака со снятым поплавком; 4 – люк (лаз); 5 – указатели уровня; 6,7,8 – патрубки соответственно для установки сигнализатора уровня, присоединения предохранительного клапана, манометра и подключения магистрали сжатого воздуха, для спуска остатка

Затем вычисляют вместимость водовоздушного резервуара:

$$W_{в.е} = \frac{W_{рег} (H_{вкл} + 10)}{0,9(H_{вкл} - H_{min})}, \text{ м}^3 \quad (4.9)$$

где  $H_{вкл}$  – напор воды в напорном коллекторе насосной станции, при котором включаются или отключаются насосы, м;  $H_{min}$  – минимально допустимый напор воды в напорном коллекторе, м.

Объем водовоздушного резервуара должен обеспечить допустимую частоту включения бустерных насосов, которая не должна превышать 4...6 включений в час. Обычно для насосных станций с максимальной подачей до 500 л/с требуется один резервуар вместимостью до 10 м<sup>3</sup>, более 500 л/с – два резервуара вместимостью до 10 м<sup>3</sup> каждая.

**Компрессор.** Так как сжатый воздух растворяется в воде, количество его в водовоздушном резервуаре постепенно уменьшается. Для того чтобы восполнить утечки сжатого воздуха в заданных пределах, на насосной станции устанавливают автоматически включающийся компрессор. Компрессор включается и выключается в зависимости от положения уровня воды в водовоздушном резервуаре и мест установки электродных датчиков уровня на отметках, соответствующих минимальному и максимальному объему воздуха в водовоздушном



резервуаре. При работе бустерных насосов вода достигает верхнего электрода, при котором контакт реле уровня включает компрессор на время, необходимое для опускания уровня воды ниже верхнего электрода и создания давлений несколько превышающего максимальное давление бустерного насоса. Компрессор подбирается по давлению большего давления основных насосов (табл.4.4)

Таблица 4.4

Технические данные компрессоров

Характеристики	Тип компрессора	
	ГАРО-155-2	2ВП-6/18
Рабочее давление, МПа	1	1,8
Подача, м <sup>3</sup> /ч	36	360
Тип электродвигателя	АО2-92-8	АО2-98
Число оборотов электродвигателя, об/мин	2870	740
Мощность, кВт	4,5	55
Габаритные размеры, мм: длина-ширина-высота	1786x572x1385	1550x920x1800
Масса, кг	300	1500

Время наполнения резервуара:

$$t_n = \frac{W_{pez}}{Q_{cp} - Q_y} \cdot 1000, \text{ с} \quad (4.10)$$

где  $Q_{cp}$  – средняя подача вспомогательного насоса:

$$Q_{cp} = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (4.11)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  – соответственно максимальная и минимальная производительность бустерного насоса, л/с;  $Q_y$  – расход утечек, принимаемый от максимального расхода сети,  $Q_y = (0,02 \dots 0,05) Q_{max}^{6p}$  л/с.

Время опорожнения резервуара

$$t_o = \frac{W_{pez}}{Q_y} \cdot 1000, \text{ с} \quad (4.12)$$

Частота включений бустерного насоса в час:

$$n = \frac{3600}{t_n + t_o} \quad (4.13)$$

Если по расчету частота включений превышает рекомендуемую, необходимо принять резервуар большей емкости, или установить еще один резервуар.

Водовоздушный резервуар устанавливается в пределах площадки насосной станции на отдельном фундаменте и присоединяется к магистральному

трубопроводу при помощи соединительного трубопровода и задвижки диаметром 200 мм.

**Расходомер.** Расходомеры (рис.4.4) предназначены для автоматического пуска и остановки насосных агрегатов в зависимости от расхода воды в трубопроводе, измерения расхода воды, определения количества работающих дождевальных машин на сети, проверки состояния трубопровода.

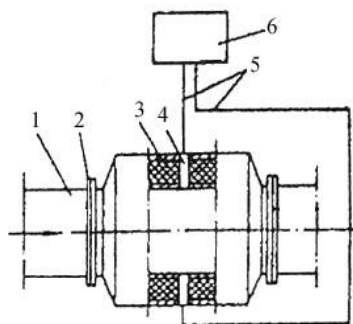


Рис.4.4. Схема индукционного расходомера: 1 – трубопровод; 2 – фланец; 3 – электромагнит; 4 – электрод; 5 – сигнальный кабель; 6 – электронный блок

Обычно расходомер устанавливают на напорном коллекторе насосной станции. В большинстве случаев на насосных станциях применяются индукционные (ИР) или ультразвуковые (УРЗ) расходомеры. Расходомеры подбираются по максимальному расходу сети (табл.4.5).

Таблица 4.5

Технические данные индукционного расходомера ИР-II

Диаметр условного прохода, мм	Масса, кг	Верхние пределы измерения, м <sup>3</sup> /ч	Габаритные размеры: длина-ширина-высота
100	75	32-40-50-60-80-100-125-160-200-250	350x600x600
150	120	80-100-125-160-200-250-320-400-500-600	470x800x800
200	200	125-160-200-250-320-400-500-600-800-1000	580x980x980
300	300	320-400-500-600-800-1000-1250-1600-2000-2500	1192x1120x1120

Технические данные индукционного расходомера 4РИ

Диаметр условного прохода, мм	Марка расходомера	Масса, кг	Верхние пределы измерения, м <sup>3</sup> /ч
400	4РИ-400-Н-I	200	400-500-600-800-1000-1250
600	4РИ-600-Н-I	350	600-800-1000-1250-1600-2000-2500
800	4РИ-800-Н-I	550	1000-1250-1600-2000-2500-3200-4000-5000

Расходомер устанавливается или внутри здания станции, или снаружи в специальном колодце.

## 5.1. Расчет водозаборного сооружения

Водозаборные сооружения на транзитных каналах располагают непосредственно на берегу канала. Они состоят в общем случае из ковша, сопрягающего канал с водоприемником, самого водоприемника, из которого вода забирается всасывающими трубами насосов (рис. 5.1.)

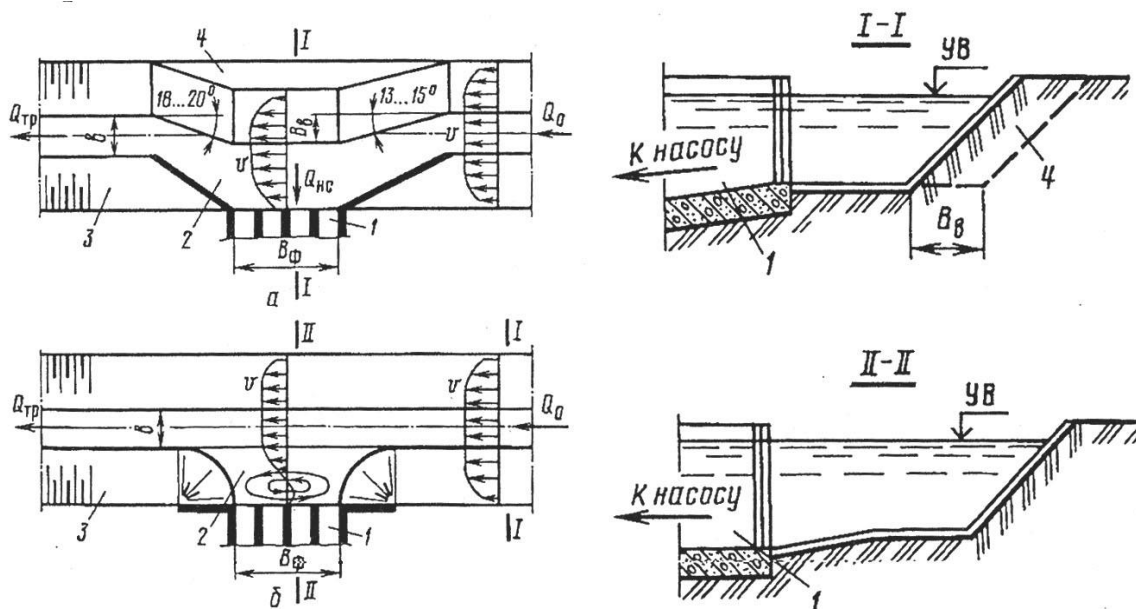


Рис.5.1. Схема бокового водозаборного сооружения насосной станции с выступом (а) и без выступа: 1-камерный водоприемник; 2-ковш; 3-транзитный канал; 4-выступ

Для насосных станций малой и средней подачи, оборудованных горизонтальными насосами, обладающими положительной высотой всасывания, и амплитудах колебаний уровней воды в реке, не превышающих 8...10 м, обычно устраивают водоприемник – береговой колодец отдельно от здания станции (рис.5.2.)

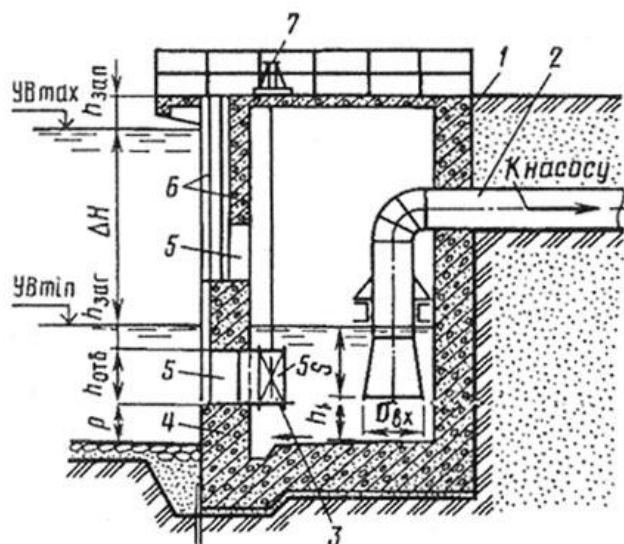


Рис. 5.2. Водозаборное сооружение берегового отдельного типа: 1 - береговой колодец; 2 – всасывающая труба насоса; 3 – ремонтный дроссельный затвор; 4 – пороги; 5 – водоприемные отверстия; 6 – пазы для решеток и ремонтных затворов; 7 – колонка управления дроссельным затвором

Вода из канала в береговой колодец поступает через водоприемные отверстия, устраиваемые в передней стенке колодца. Устраивают обычно несколько ярусов отверстий. Одноярусное расположение водоприемных отверстий возможно при заборе воды из относительно чистых рек с малой амплитудой колебаний уровней воды в них. Водоприемные отверстия оборудуют: грубыми сороудерживающими решетками; ремонтными затворами – стандартными укороченными задвижками или дисковыми затворами, плоскими гидротехническими затворами; рыбозащитными устройствами.

Вертикальную всасывающую трубу размещают у задней стенки камеры, диаметр входного отверстия всасывающей трубы  $D_{вх}$  определяют по допустимым скоростям  $v_{вх}=0,6...0,8$  м/с.

$$D_{вх} = 1,13 \sqrt{\frac{Q_n}{v_{вх}}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,0667}{0,6}} = 0,377 \text{ м} \quad (5.1)$$

принимаем  $D_{вх}=0,4$  м

где  $Q_n$  – подача одного насоса, м<sup>3</sup>/с;  $v_{вх}$  – допустимая скорость у входа во всасывающую трубу:  $v_{вх}=0,6...0,8$  м/с для малых подач насоса  $Q_n < 0,1$  м<sup>3</sup>/с,  $v_{вх}=0,8...1$  при подаче  $Q_n > 0,1$  м<sup>3</sup>/с.

Ширина водоприемной камеры составит

$$b_{кам} = 3D_{вх} = 3 \cdot 0,4 = 1,2 \text{ м} \quad (5.2)$$

При расположении всасывающей (вертикальной) трубы у задней стенки камеры расстояние ее входного отверстия от дна

$$h_1 = (0,8...1) D_{вх} = 0,8 \cdot 0,4 = 0,32 \text{ м} \quad (5.3)$$

Заглубление входного отверстия вертикальной всасывающей трубы под минимальный уровень воды в камере должно быть не мене 0,5 м

$$s = (1...1,5) D_{вх} = 1,5 \cdot 0,4 = 0,6 \text{ м} \quad (5.4)$$

Глубина воды в камере у всасывающей трубы составляет

$$h_{кам} = h_1 + s = 0,32 + 0,6 = 0,92 \text{ м} \quad (5.5)$$

Дну камеры придают уклон 0,05 в сторону передней стенки.

Длину водоприемной камеры определяют из условия создания в ней необходимого объема воды

$$W_{\text{кам}}=(15\dots 20)Q_{\text{н}} = 17 \cdot 0,0667 = 1,134 \text{ м}^3 \quad (5.6)$$

Тогда длина камеры определится:

$$\ell_{\text{кам}} = \frac{W_{\text{кам}}}{b_{\text{кам}} h_{\text{кам}}} = \frac{1,134}{1,2 \cdot 0,92} = 1,027 \text{ м} \quad (5.7)$$

Конструктивно длина камеры должна быть достаточной для размещения оборудования – дискового затвора, вертикальной всасывающей трубы и обеспечения проходов шириной не менее 1 м (см. формулу 5.10)

Вычисляем площадь водоприемного отверстия (окна)

$$w_{\text{отв}} = 1,25 \frac{kQ_{\text{н}}}{v_{\text{отв}}} = 1,25 \frac{1,3 \cdot 0,0667}{0,5} = 0,22 \text{ м}^2 \quad (5.8)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решетки,  $k=1\dots 1,5$ ;  $v_{\text{отв}}$  – допустимая скорость в водоприемном отверстии,  $v_{\text{отв}}=0,2\dots 0,6$  м/с.

Форма водоприемного отверстия может быть круглой, квадратной, прямоугольной, от этого зависит высота отверстия.

В нашем случае принимаем круглую форму нижнего отверстия, чтобы использовать в качестве ремонтного затвора стандартный дисковый затвор (табл.6.3)

Диаметр отверстия

$$D_{\text{отв}} = \sqrt{\frac{4w_{\text{отв}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,22}{3,14}} = 0,53 \text{ м} \quad (5.9)$$

Принимаем  $D_{\text{отв}}=0,6$  м. Дисковый затвор устанавливаем внутри камеры и закрепляем на фланце стального патрубка длиной 0,4 м и диаметром 0,6 м. Патрубок заделываем в стенку камеры. Длина затвора 0,3 м.

Из этого условия длина камеры составит

$$\ell_{\text{кам}} = \ell_{\text{пат}} + \ell_{\text{зат}} + \ell_{\text{прох}} + D_{\text{вх}} + 0,2 = 0,4 + 0,3 + 1 + 0,4 + 0,2 = 1,3 \text{ м} \quad (5.10)$$

принимаем  $\ell_{\text{кам}}=1,3$  м

где  $\ell_{\text{пат}}$  – длина патрубка,  $\ell_{\text{пат}}=0,4$  м;  $\ell_{\text{зат}}$  – длина затвора, м (см. табл. 6.3);

$\ell_{\text{прох}}$  – длина прохода,  $\ell_{\text{прох}}=1$  м.

Ширину водоприемного отверстия согласовывают с шириной камеры и размерами ремонтных затворов, устанавливаемых в камерах. Принятая ширина камеры  $b_{\text{кам}}=1,2$  м достаточна для размещения дискового затвора. Верх берегового колодца должен возвышаться над максимальным уровнем воды с учетом высоты волны, не менее чем на  $0,6...0,8$  м.

Каждое водоприемное отверстие оборудуем съемной вертикально расположенной сороудерживающей решеткой. Очищаем решетки вручную при подъеме их на верх колодца. Верх нижнего отверстия заглубляем под минимальный уровень воды в реке на  $h_{\text{загл}}=0,5$  м. Для уменьшения поступления донных наносов в отверстия устраиваем порог высотой  $p=0,5$  м. Таким образом, минимальная глубина воды в реке у берегового колодца составит

$$h_{\text{к}} = h_{\text{загл}} + D_{\text{отв}} + p = 0,5 + 0,6 + 0,5 = 1,6 \text{ м} \quad (5.11)$$

Верхнее водоприемное отверстие устраиваем прямоугольным - шириной 1 м и высотой 0,8 м. Оборудование отверстия – плоский ремонтный затвор  $1,0 \times 0,8$  м и сороудерживающую решетку – устанавливаем в один паз.

Делаем приямок у передней стенки глубиной 0,5 м для сбора наносов в каждой водоприемной камере.

Помимо берегового водозабора на насосных станциях малой подачи применяют водоподводящие сооружения – служат для транспорта воды от водоприемных оголовков к береговым колодцам. Их применяют в том случае когда здание станции размещают в нижнем бьефе плотины. На насосных станциях III категории надежности подачи применяют самотечные напорные и сифонные водоводы.

Выходное отверстие самотечного водовода (расположено в береговом колодце) должно быть заглублено под минимальный уровень воды в колодце на  $(4...5)v_{\text{вых}}^2/2g$ .

Диаметры любых водоводов рассчитывают по допустимым скоростям для условий нормального режима работы сооружения. Для самотечных водоводов -  $v=1...1,5$  м/с, а для сифонных  $v=2$  м/с.

Водоводы оснащают запорной арматурой. Колодец оборудуют устройствами для промывки водоводов и сороудерживающих решеток затопленных оголовков.

В связи с жесткими требованиями, предъявляемыми к качеству воды при ее подаче к дождевальным машинам, на водозаборных сооружениях, кроме решеток, предусматривается установка мелких сеток или кассетных фильтров.

### **6.1. Выбор вспомогательного оборудования насосной станции**

К вспомогательному оборудованию насосной станции, работающей на закрытую оросительную сеть, можно отнести: *пневматическое оборудование, трубопроводная арматура, грузоподъемное оборудование, контрольно-измерительная аппаратура, электротехническое оборудование.*

#### **6.1. Подбор трубопроводной арматуры внутростанционных коммуникаций насосной станции**

На внутростанционных коммуникациях насосной станции устанавливают *запорную арматуру* - задвижки, дисковые поворотные затворы, вентили, пробковые и шаровые краны; *запорно-предохранительную* – обратные клапаны; *монтажную* – вставки и сальниковые компенсаторы.

Арматура на внутростанционных коммуникациях подбирается по условному диаметру водоводов для следующих условных давлений  $p_y$ : 0,1; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,4; 10 и 16 МПа. При определении условного давления для подбора необходимой арматуры допускается превышение до 5% фактического рабочего давления над указанным выше.

На всасывающих линиях запорную арматуру устанавливают только для насосов, работающих под заливом, т.е. с отрицательной высотой всасывания ( $\nabla_{OH} < \nabla_{maxУВНБ}$ ). Напорная линия оборудуется запорной арматурой и обратным клапаном.

Запорная арматура принимается: при  $D_{тр} \leq 100$  мм – краны и вентили; при  $D_{тр} \geq 100$  мм – параллельные задвижки с выдвижным ( $D_{зад}=100\dots 400$  мм) и невыдвижным ( $D_{зад}=500\dots 1200$  мм) шпинделями (рис.6.1, табл.6.1), клиновые задвижки для небольших значений  $p_y = 0,25\dots 0,6$  МПа (рис.6.2, табл.6.2), дисковые фланцевые затворы с гидравлическим, ручным и электрическим приводом.

Задвижки с ручным приводом применяют на небольших неавтоматизированных насосных установках на трубопроводах диаметром не более 400 мм.

Таблица 6.1

Основные размеры и масса параллельных задвижек для различных диаметров условных проходов

D <sub>y</sub> , мм	L, мм	с ручным приводом		с электрическим приводом		с гидравлическим приводом	
		H, мм	Масса, кг	H, мм	Масса, кг	H, мм	Масса, кг
100	230	517	39,5	685	49,7	685	75
125	255	630	58,4	-	-	-	-
150	280	715	77	870	82	805	112
200	330	897	125	1095	164	1050	183
250	450	1084	179	1285	216	1185	242
300	500	1256	253	1465	305	1340	310
350	550	1290	444	-	-	-	-
400	600	1660	360	1890	520	1690	500
500	700	1205	821	-	-	1690	899
600	800	1695	1255	1700	1233	1700	1233
800	1000	2250	2650	2215	2880	2215	2880
1000	1200	-	-	-	-	1600	4329
1200	1400	-	-	3295	7810	3295	7810

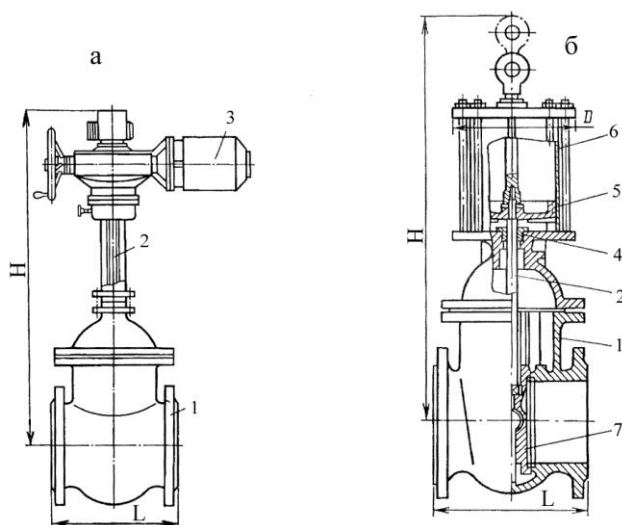


Рис.6.1. Параллельная задвижка с выдвижным шпинделем: а – с электроприводом; б – с гидравлическим приводом; 1 – корпус; 2 – шпиндель; 3 – электропривод; 4 – сальник; 5 – поршень; 6 – цилиндр; 7 – запорный диск



Таблица 6.

Основные размеры и масса клиновых задвижек с укороченной строительной длиной для различных диаметров условных проходов

$D_y$ , мм	200	300	400	500	600	800	1000	1200
$L$ , мм	230	270	310	310	350	390	470	630
$H$ , мм	1020	1425	1711	2190	2515	3290	3980	4670
Масса, кг	89	173	237	406	535	991	1252	1800

Примечание. Задвижки диаметром 200...600 и 800...1200 мм выпускают на давление соответственно 0,6 и 0,25 МПа.

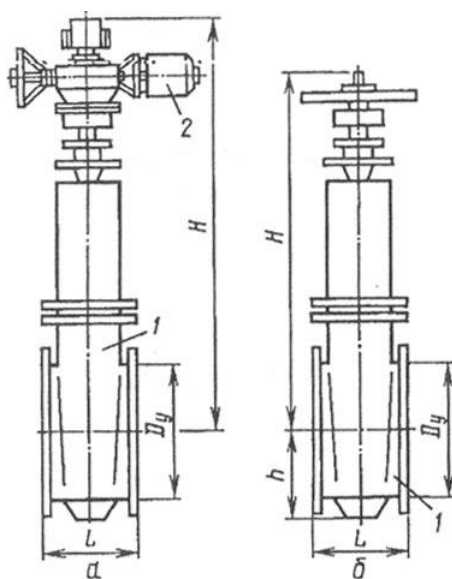


Рис.6.2. Клиновая задвижка с невыдвижным шпинделем фланцевая укороченной длины: а – с электроприводом; б – с ручным управлением; 1 – корпус; 2 – электропривод

Задвижки не рассчитаны на работу в положении частичного открытия, поэтому их не следует использовать для регулирования насосов.

В настоящее время, благодаря меньшим габаритам, массе и стоимости, в качестве трубопроводной запорной арматуры применяют поворотные дисковые затворы (рис.6.3., табл.6.3).

Таблица 6.3

Основные размеры и масса дисковых фланцевых затворов для различных диаметров условного прохода при  $p_y=1$  МПа

$D_y$ , мм	100	150	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600
$L$ , мм	52	62	90	220	240	270	300	400	450	500	500	675
$H$ , мм	325	312	395	500	515	-	815	883	1023	1686	2015	2100
Масса, кг	31	38	57	180	229	-	446	943	1338	2235	3793	4987

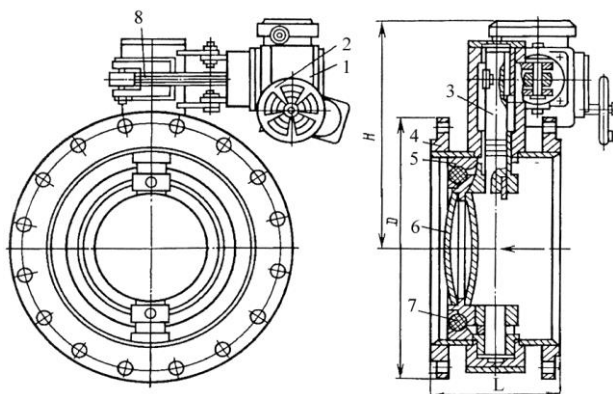


Рис.6.3. Дискový поворотный затвор с электроприводом: 1 – привод; 2 – ручной дублер; 3 – приводной вал; 4 – корпус; 5 – седло; 6 – диск; 7 – уплотнительное кольцо; 8 – шпindelь

Для предотвращения перетекания жидкости из напорного трубопровода в насос при его внезапной остановке, т.е. для предотвращения опорожнения трубопроводов при отключении насосов и реверсивного вращения роторов насосных агрегатов применяют обратные клапаны (рис.6.4., табл.6.4)

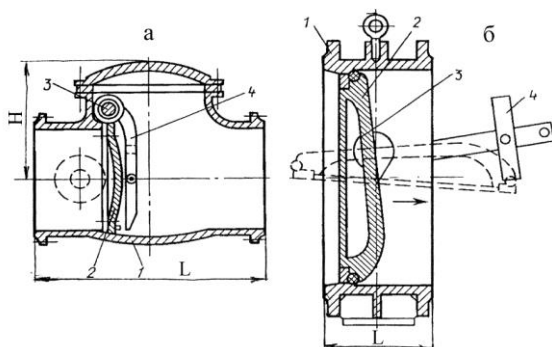


Рис.6.4. Обратный клапан: а – с верхней подвеской диска; б – с эксцентрично расположенной осью; 1 – корпус; 2 – тарель; 3 – ось; 4 – рычаг

Таблица 6.4

Основные размеры и масса обратных клапанов для различных диаметров условного прохода

D <sub>y</sub> , мм	с верхней подвеской			с эксцентрично расположенной осью	
	L, мм	H, мм	Масса, кг	L, мм	Масса, кг
50	230	140	15	-	-
80	310	175	35	-	-
100	350	185	42	80	17,7
150	480	240	82	100	31,2
200	500	270	110	110	41,4
250	600	310	143	120	52,5
300	700	345	217	130	45
400	900	465	468	170	128
500	1100	536	730	200	183
600	1300	640	1130	240	237
800	1500	856	3300	350	808

1000	1900	985	5700	400	1176
------	------	-----	------	-----	------

В качестве монтажных вставок используют как сальниковые компенсаторы, так и специально изготовленную арматуру (рис.6.5., табл.6.5)

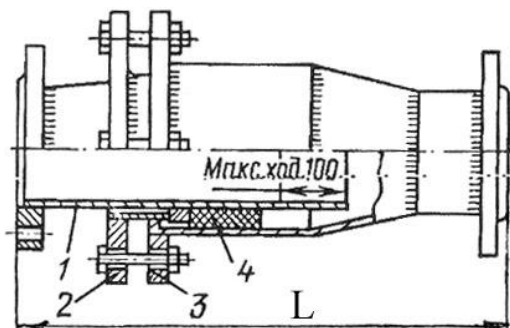


Рис.6.5. Монтажная вставка типа сальникового компенсатора; 1,3 – внутренний и наружный патрубки; 2 – фланец; 4 – сальниковая набивка

Таблица 6.5

Среднее значение длины и масса сальниковых компенсаторов  
для различных диаметров условного прохода

$D_y$ , мм	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200
L, мм	550	550	550	550	550	550	550	600	600	600	600	650	650	650	650
Масса, кг при $p_y=0,6$ МПа	40	40	74	97	114	136	159	202	223	274	334	423	479	528	626
при $p_y=1$ МПа	44	53	76	103	120	148	179	222	245	312	388	496	552	649	897

## 6.2. Выбор подъемно-транспортного оборудования

Для машинных залов насосных станций подъемно-транспортное оборудование выбирают в зависимости от габаритов зданий и массы монтируемых агрегатов.

Вид грузоподъемного оборудования принимается по весу наиболее тяжелой монтажной единицы с учетом 10%-ной надбавки, массы траверс и строп.

За монтажную единицу принимают насос или двигатель, для малых насосов – по весу агрегата с фундаментной плитой.

Длина крана принимается в зависимости от ширины здания насосной станции и вычисляется по формуле:

$$L = \ell_{\text{ф.с}} + \ell_{\text{к}} + \ell_{\text{н}} + \ell_{\text{м.в}} + \ell_{\text{вс}} + \ell_{\text{о.к}} + \ell_{\text{вс}} + \ell_{\text{з}} + \ell_{\text{д}} + \ell_{\text{ф.с}}; \quad (6.1)$$

где  $\ell_{\text{ф.с}}$  – расстояние от стены здания до фланцевого соединения, м;  $\ell_{\text{к}}$  – длина конфузора от всасывающего трубопровода к всасывающему патрубку насоса, м;  $\ell_{\text{н}}$  – расстояние между фланцами всасывающего и напорного патрубков насоса, м;  $\ell_{\text{м.в}}$  – длина монтажной вставки, м;  $\ell_{\text{вс}}$  – длина вставки для присоединения обводной линии к обратному клапану (используется в качестве средства защиты от гидроудара и свободного открытия диска обратного клапана с эксцентрично расположенной осью), м;  $\ell_{\text{о.к}}$  – длина обратного клапана, м;  $\ell_{\text{з}}$  – длина задвижки, м;  $\ell_{\text{д}}$  – длина диффузора, м.

При массе до 1т устанавливают неподвижные балки с таями (рис.6.6). Размеры тали, мм: А=190, В=130, С=135, Н=350, L=220, L<sub>1</sub>=90. Для рельсового пути используют двутавр №16-33, радиус закругления 1,6 м; высота подъема 3 м; масса 39 кг.

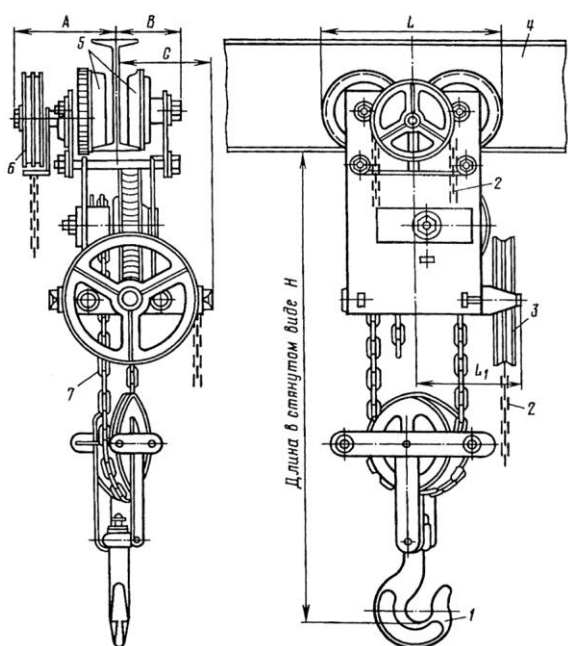


Рис.6.6. Схема ручной тали грузоподъемностью 1т: 1 – грузовой крюк; 2 – тяговые цепи; 3 – тяговое колесо подъемного механизма; 4 – двутавровая балка; 5 – ходовое колесо; 6 – колеса механизма передвижения; 7 – грузовая цепь

При массе груза до 5т устанавливают краны подвесные ручные (рис.6.7.а, табл.6.6). В помещениях длиной более 18 м при подъеме груза на высоту более

6 м и наличии на насосной станции более четырех насосных агрегатов используют краны с электроприводом (рис.6.7.б, табл.6.7). В отличие от талей краны передвигают груз в двух направлениях (продольном и поперечном относительно здания насосной станции). Длина крана может изменяться в зависимости от ширины здания

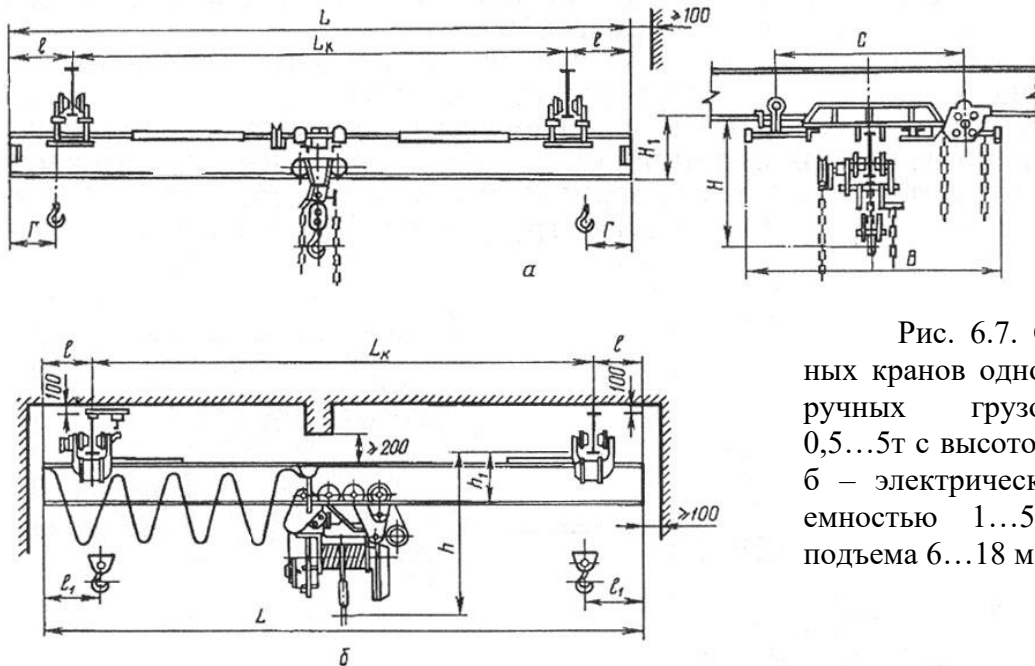


Рис. 6.7. Схемы подвесных кранов однобалочных: а – ручных грузоподъемностью 0,5...5т с высотой от 3 до 12 м; б – электрических грузоподъемностью 1...5т с высотой подъема 6...18 м.

Таблица 6.6

Технические характеристики подвесных ручных кранов

L, м	Грузоподъемность, т	L <sub>к</sub> , м	Размер, мм					Масса, кг	
			i	B <sub>1</sub>	h	h <sub>1</sub>	B		ℓ <sub>1</sub>
3,6	0,5	3	300	1000 для L=3,6...5,7 м	590	220	1300 для L=3,6...5,7 м	150	274
	1				590	220		150	274
	2				890	280		200	460
	3,2				950	280		200	469
	5				1095	340		220	633
6,6	0,5	6	300	1500 для L=6,6...9,3 м	590	220	1800 для L=6,6...9,3 м	150	372
	1				590	220		150	372
	2				950	340		200	663
	3,2				950	340		200	679
	5				1155	400		220	889
10,2	0,5	9	600	1800 для L=10,2...11,4 м	650	280	2100 для L=10,2...11,4 м	150	562
	1				650	280		150	562
	2				1010	400		200	940
	3,2				1010	400		200	961
	5				1245	490		220	1271

Таблица 6.7

## Технические характеристики подвесных кранов с электроприводом

L, м	Грузо-подъемность, т	L <sub>к</sub> м	Размер, мм				Ширина тележки, мм	Масса, кг
			h	h <sub>1</sub>	ℓ	ℓ <sub>1</sub>		
3,6	1	3	1120	260	660	300	1350	590
	2		1360	320	710		1350	785
	3,2		1635	325	750		1365	1060
	5		1910	390	900		2095	1470
5,1	1	4,5	1125	265	660	300	1350	695
	2		1360	330	710		1350	895
	3,2		1645	335	750		1365	1180
	5		2010	490	900		2095	1745
7,8	1	6	1125	265	660	900	1850	860
	2		1360	330	710		1850	1100
	3,2		1705	395	750		1865	1460
	5		2010	490	900		2395	2070
10,8	1	9	1125	265	660	900	2150	1045
	2		1420	390	710		2150	1425
	3,2		1795	485	750		2165	1945
	5		2160	640	900		2695	2480

## 7. Выбор типа здания насосной станции и определение его размеров

Конструкция здания насосной станции зависит от ее назначения, типа и размера основных агрегатов, рельефа местности, геологии, строительных материалов и т.д.

Для закрытой оросительной сети применяют стационарные здания насосных станций двух типов: *наземный и камерный, а также передвижные и плавучие насосные станции.*

**Наземный тип здания** (рис.7.1) применяют в случае установки в нем горизонтальных насосов, работающих с положительной высотой всасывания при колебаниях уровней воды в водоисточнике в пределах допустимой высоты всасывания. В этом случае предусматривается только система для заполнения насосов перед пуском без дренажной системы.

Основные насосные агрегаты размещают на отдельно стоящих фундаментах, а пол здания расположен выше уровня земли пристанционной площадки на 15...20 см. Фундамент стен здания ленточный.

Если здание станции размещают в нижнем бьефе плотины пол насосного помещения должен быть ниже минимального уровня воды в водоисточнике.

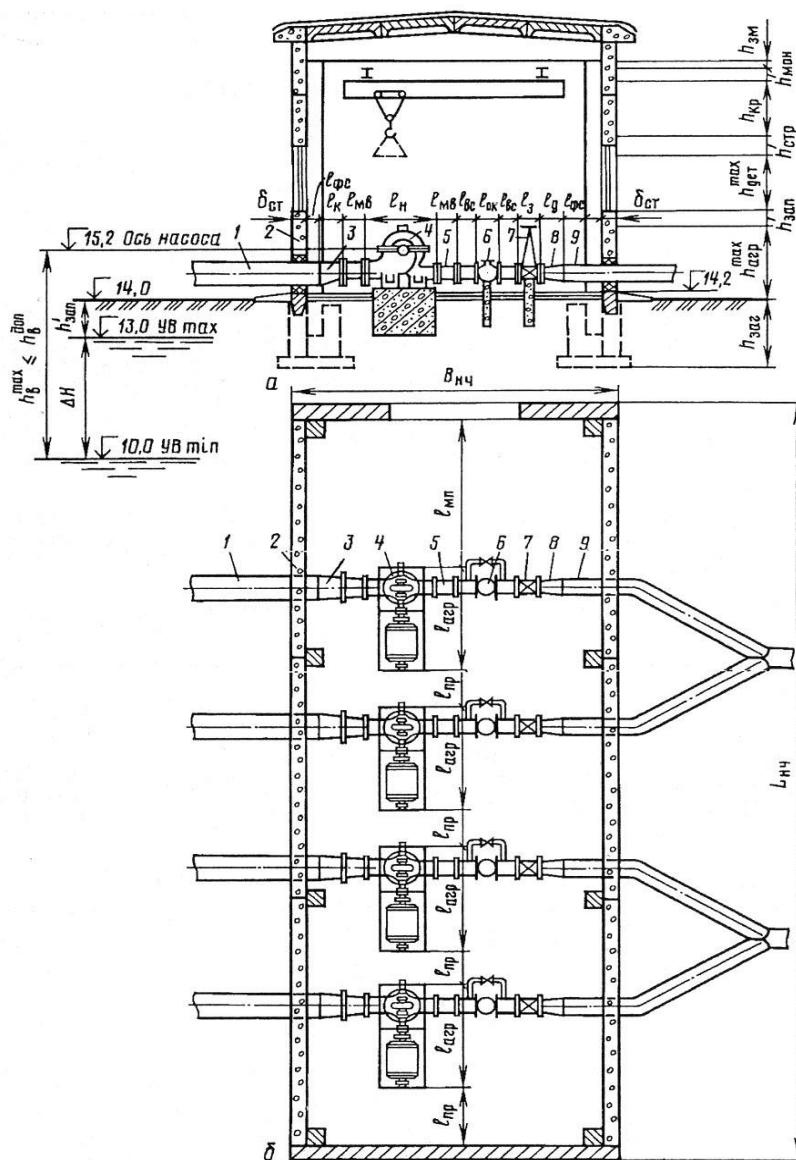


Рис.7.1. Здание насосной станции наземного типа: а – поперечный разрез; б – план; 1-всасывающий трубопровод; 2-стена здания станции; 3-конфузор; 4-горизонтальный центробежный насос; 5-монтажная вставка; 6-обратный клапан; 7-задвижка; 8-диффузор; 9-напорная линия насоса.

**Камерный тип здания с сухой камерой** (рис. 7.2) применяют в том случае, когда колебания уровней воды в водоисточнике превышают допустимую высоту всасывания основных насосов или она отрицательна. Насосное помещение здания располагают ниже уровня земли пристанционной площадки. Гори-

зонтальные насосные агрегаты устанавливаются как ниже, так и выше минимального уровня воды в источнике (предусматривают устройства для заполнения водой перед пуском). Подземную часть здания перекрывают не полностью; по периметру здания предусматривают лишь проходы.

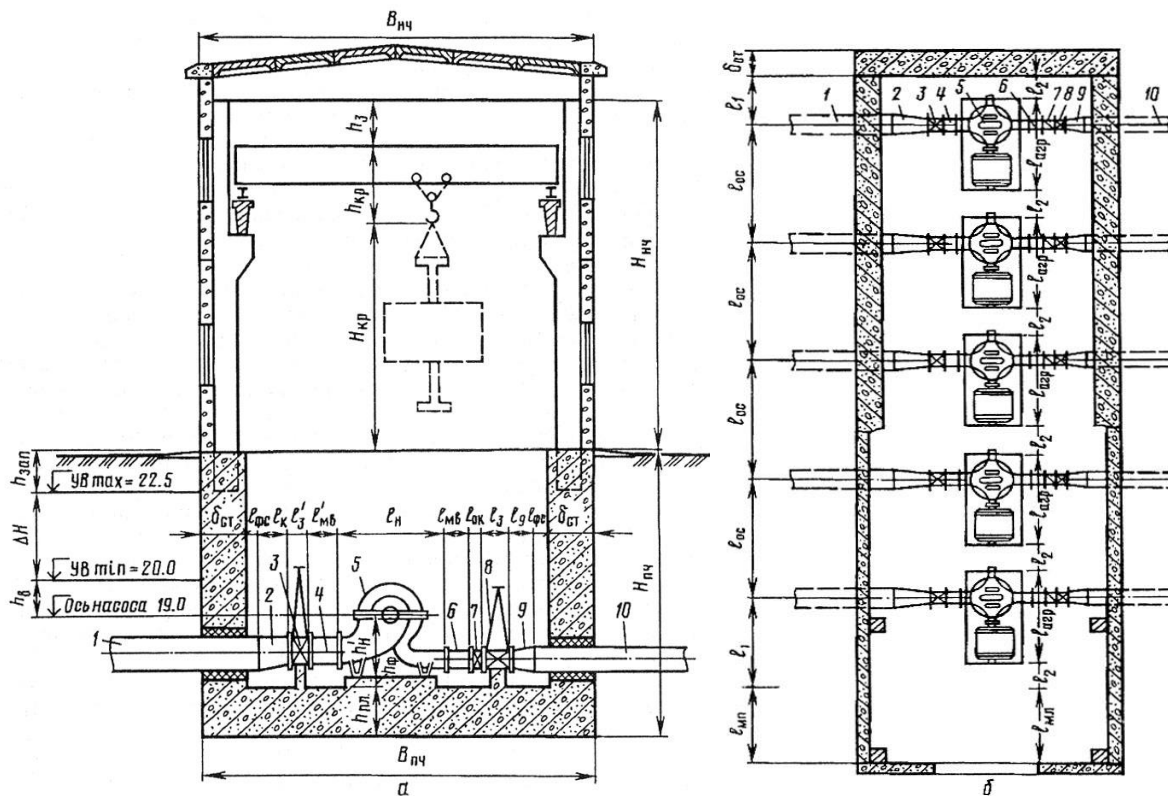


Рис.7.2. Здание насосной станции камерного типа с сухой камерой: а-поперечный разрез; б-план; 1-всасывающий трубопровод; 2-конфузор; 3,8-задвижки; 4,6-монтажные вставки; 5-горизонтальный центробежный насос; 7-обратный клапан; 9-диффузор; 10-напорный трубопровод.

Компонуяют здания насосных станций и определяют их размеры из условий, обеспечивающих нормальную эксплуатацию оборудования и надежность его работы при минимальных капитальных вложениях и сроках строительства.

Компоновать здание насосной станции начинают с определения отметки установки насосов (см.гл.2.4) ширину здания определяют из условия размещения насосных агрегатов и внутростанционных коммуникаций с учетом необходимости наличия монтажных проходов между агрегатами, между стенами и агрегатами, а также возможности удобного монтажа и демонтажа оборудования с соблюдением правил техники безопасности.



Для наземного типа здания насосной станции (рис. 7.1) ширина здания рассчитывается следующим образом:

$$B_p = 2\delta_{ст} + \ell_{ф.с} + \ell_k + \ell_{м.в} + \ell_n + \ell_{м.в} + \ell_{вс} + \ell_{о.к} + \ell_{вс} + \ell_з + \ell_d + \ell_{ф.с} \quad (7.1)$$

где  $\delta_{ст}$  – толщина стен здания, м;  $\ell_{ф.с}$  – расстояние от стены здания до фланцевого соединения, м;  $\ell_k$  – длина конфузора от всасывающего трубопровода к всасывающему патрубку насоса, м;  $\ell_n$  – расстояние между фланцами всасывающего и напорного патрубков насоса, м;  $\ell_{м.в}$  – длина монтажной вставки, м;  $\ell_{вс}$  – длина вставки для присоединения обводной линии к обратному клапану, м;  $\ell_{о.к}$  – длина обратного клапана, м;  $\ell_з$  – длина задвижки, м;  $\ell_d$  – длина диффузора, м.

Расчетную ширину здания  $B_p$  увязывают со стандартной длиной балки перекрытия, т.е. пролеты зданий  $B$  назначают равной 6, 9, 12, 15, 18, 21 и 24 м. В бескаркасных зданиях при пролете 6м длина здания может быть кратна 1,5м, в зданиях с пролетом 12м – 3м. Тогда окончательная ширина здания:

$$B_{н.ч} = B_{ст} + 2\delta_{ст} \quad (7.2)$$

Расстояния от стен до насоса и до двигателя должны быть не менее 1м для низковольтного двигателя и 1,2м для высоковольтного.

Расчетная длина внутренней части здания насосной станции, м

$$L_p = \ell'_{пр} + n_{осн} \cdot \ell_{агр} + n_{б} \cdot \ell'_{агр} + (n_{осн} \ell_{пр} + ((n_{б} - 1) \cdot \ell_{пр})) + \ell_{м.п} \quad (7.3)$$

где  $\ell'_{пр}$  – расстояние между торцевой стеной здания и насосным агрегатом,  $\ell'_{пр} = 0,8 \dots 1$  м;  $n_{осн}$ ,  $n_{б}$  – число установленных основных и бустерных насосных агрегатов;  $\ell_{агр}$  – осевые размеры насосных агрегата, м;  $\ell_{пр}$  – расстояние между агрегатами, для основных насосов 0,8...1 м, для бустерных 0,6...0,8 м;  $\ell_{м.п}$  – длина монтажной площадки,  $\ell_{м.п} = b_{агр} + \ell'_{пр} + \ell_{пр}$ , м;  $b_{агр}$  – ширина агрегата, м.

Длину внутренней части здания увязывают с шагом колонн, равный 6 и 12 м. С учетом толщины торцевых кирпичных стен окончательная общая длина здания насосной станции

$$L_{нч} = L_{ст} + 2\delta_{ст} \quad (7.4)$$

где  $L_{ст}$  – стандартное значение длины здания насосной станции, м.

Учитывая дополнительный запас по длине помещения станции, увеличивают, если это необходимо, размеры монтажного прохода между агрегатами  $\ell_{пр}$  (или  $\ell'_{пр}$ ) с таким расчетом, чтобы внутростанционные трубопроводные коммуникации не пересекали колонны.

Расчетную высоту здания насосной станции определяют из условия возможностей монтажа и демонтажа оборудования с соблюдением техники безопасности. При этом определяющими габаритами являются: переносимое с помощью грузоподъемных устройств оборудование, размеры самих грузоподъемных устройств и высоты уже смонтированного оборудования.

$$H_{н.ч} = h_{агр}^{max} + h_3 + h_{дет}^{max} + h_{стр} + h_{кр} + h_{мон} + h_{з.м} \quad (7.5)$$

где  $h_{агр}^{max}$  - расстояние от чистого пола до верха насосного агрегата, м;  $h_3$  - запас на пронос детали над установленным оборудованием,  $h_3=0,5...0,7$ м;  $h_{дет}^{max}$  - максимальная высота проносимого оборудования, м;  $h_{стр}$ -размер строп для захвата поднимаемой детали или узла,  $h_{стр}=0,3$ м;  $h_{кр}$ - высота подвешного крана при стянутой тали от крюка до низа монорельса, м;  $h_{мон}$ - высота монорельса, м;  $h_{з.м}$  - запас монорельса (расстояние от его верха до низа балки перекрытия),  $h_{з.м}=0,1..0,15$ м.

Для здания насосной станции *камерного типа* (7.2), имеющее подземную и наземную часть – высота подземной части здания определяется по формуле:

$$H_{п.ч} = h_{пл} + h_{пф} + h_н + h_в + \Delta H + h_{зап}, \quad (7.6)$$

где  $h_{пл}$  – толщина плиты основания здания,  $h_{пл} = 1...1,2$  м;  $h_{пф}$  – высота верха фундамента насоса над полом подземной части,  $h_{пф} \geq 0,3$ м;  $h_н$  – расстояние от оси насоса до его фундамента, м;  $h_в$  – превышение минимального уровня воды в источнике над осью насоса, м;  $\Delta H$  – разность отметок максимального и минимального уровней воды, м;  $h_{зап}$  – превышение пола надземной части здания над максимальным уровнем воды в источнике, м.

Для здания насосной станции *полузаглубленного типа*

$$H_{п.ч} = h_{пл} + h_{пф} + h_н + (\nabla_{max} УВ + \nabla ОН) + h_{зап} \quad (7.7)$$

Высоту верхнего строения определяют из условия возможностей разгрузки оборудования с транспортной платформы и погрузки на нее. Монтажную площадку располагают на полу верхнего строения. Установленное оборудование не мешает проносу деталей и узлов, так как в остальной части здания насосной станции нет перекрытия между верхним и нижним строениями. Высоту верхнего строения рассчитывают аналогично, как и для здания наземного типа, но с учетом сказанного выше.

Высота верхнего строения принимается кратной стандартному значению: 3; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6; 7,2; 8,4 м. При высоте машинного зала более 4,8 м служебные помещения и электрическая часть выносятся в отдельную пристройку, имеющую меньшую высоту.

Подземную часть зданий насосных станций выполняют из сборного или монолитного железобетона.

Для зданий с кран балками используют нулевую привязку (рис.7.3)

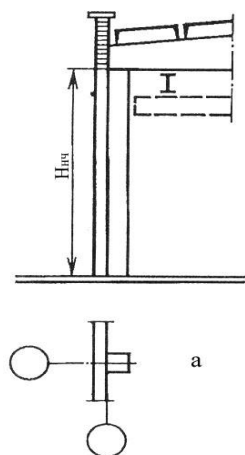
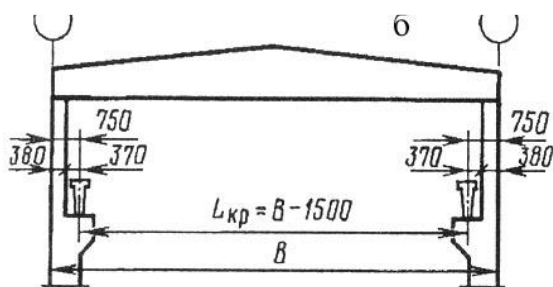


Рис.7.3. а - схема привязки колонн и стен к продольным разбивочным осям; б – схема привязки подкрановых балок к продольным разбивочным осям.



Расстояние от продольных разбивочных осей здания до оси подкранового рельса принимают 750мм.

Верхнее строение стационарной насосной станции для закрытой оросительной сети проектируют как бескаркасными, так и каркасными.

Бескаркасные здания насосных станций состоят из ленточных фундаментов, несущих стен и покрытий. Фундаменты должны быть уложены ниже глубины промерзания из бутобетона, монолитного бетона или бетонных блоков. Несущие стены высотой до 6м могут быть выложены из кирпича, камня, из

кирпичных или бетонных блоков. Для покрытий зданий применяют сборные железобетонные ребристые плиты размером 3х6; 3х12м с использованием доборных плит 1,5х6 и 1,5х12м, которые устанавливают на несущие стены верхнего покрытия.

Здания каркасного типа строят из сборных железобетонных элементов промышленного изготовления. Каркас верхнего строения выполняют в виде рам, колонны которого заземлены в отдельно стоящих фундаментах или в массивных конструкциях подземной части здания. Стены верхнего строения выполняют из сборных ребристых железобетонных панелей.

Основные лестницы, проектируют из стандартных сборных ж/б маршей или отдельных ступеней, укладываемых по стальным косоурам. Уклон марша принимают 1:2, 1:1,75 и 1:1,15 и соответствующие им высота ступеней 15, 16 и 17,3 см шириной 30, 29 и 26 см. Ширина марша может быть 90...220 см, площадки - не менее ширины марша.

Для подачи оборудования на монтажные площадки устанавливают раздвижные или распашные ворота размером 3х3,3; 6х3,6; 4х3; 4х4,2; 4,8х5,4 и 4,7х5,6 определяемыми габаритами оборудования и транспортной платформы.

Ширину оконных проемов в Машинном зале принимают 3м при высоте окна 1,2 или 1,8м.

Помимо вышеуказанных зданий насосных станций применяют блочно-комплектные насосные станции (БКНС) – более легкие и экономичные. БКНС состоят из отдельных блок-боксов, с установленными в них оборудованием.

## **8. Мероприятия по предотвращению недопустимого повышения давления в напорных трубопроводах**

При рассмотрении надежности работы закрытых оросительных систем необходимо рассматривать как их отдельные элементы (насосные станции, закрытые оросительные сети), так и системы в целом.

Противоударные мероприятия предусматривают установку арматуры на сети определяемыми топографическими условиями местности, взаимным расположением магистральных, распределительных и полевых трубопроводов, а также эксплуатационными режимами сети.

Средства защиты от гидроудара можно разделить на две большие группы:  
 1 – средства защиты, предназначенные для сброса воды из напорных трубопроводов;  
 2 – средства защиты, препятствующие развитию значительных скоростей движения воды в обратном направлении.

1. Воду из напорных трубопроводов сбрасывают через насосы во всасывающую линию и далее в водоисточник при отсутствии на напорных линиях обратных клапанов, а также через насосы по обводным линиям.

При внезапной остановке насосных агрегатов в трубопроводе, давление на насосной станции начинает снижаться, а также снижается и скорость движения воды в трубопроводе. В какой-то момент вода остановится и далее начнет двигаться с ускорением в обратном направлении с уже повышенным давлением. Вода встречает на пути обратный клапан – происходит гидравлический удар. Для предотвращения этого явления перед обратным клапаном устраивают обводную линию (рис. 8.1)

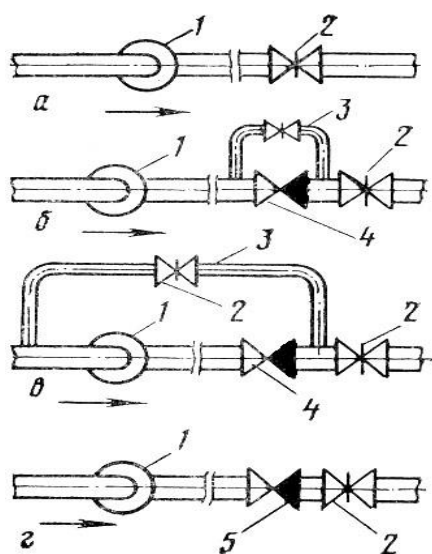


Рис.8.1. Схема установки арматуры при гашении гидроудара обратным течением воды: а-при отсутствии обратного клапана у насоса; б-при наличии у обратного клапана обводной линии; в-при устройстве обводной линии вокруг насоса и обратного клапана; г-при установке на напорной линии кольцевой задвижки или медленно закрывающегося обратного клапана; 1-насос; 2-задвижка; 3-обводная линия; 4-обратный клапан; 5-кольцевая задвижка или медленно закрывающийся обратный клапан.

Диаметр обводных линий принимают равным  $\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5}$  диаметра обратного клапана. Обводная линия должна быть оборудована автоматически закрывающейся запорной арматурой.

Воду помимо насосов сбрасывают и через обычные предохранительные клапаны или специальные клапаны гасители, открывающиеся еще до повышения давления сверх рабочего, через кольцевые задвижки и разрывные мембраны.

2. К средствам защиты от гидравлического удара, препятствующим развитию значительных скоростей, относятся:

- впуск воздуха в места образования разрывов сплошности потока в трубопроводе с последующим сжатием воздуха, для этого на трубопроводе устанавливают аэрационные клапаны (клапаны для впуска и заземления воздуха-КВЗВ) или универсальные вантузы. Его применяют при небольших статических напорах (15...20м).

- при больших напорах используют комбинированную защиту от гидроудара: установка водовоздушной емкости (осуществляется впуск воды) 1 с устройством для впуска воздуха через обратный клапан 3 при образовании в трубопроводе вакуума (рис.8.2). соединенного с напорным трубопроводом 5. При нормальном режиме тарель обратного клапана закрыта давлением воды в трубопроводе, при уменьшении давления в трубопроводе ниже уровня воды в резервуаре обратный клапан открывается и вода поступает в трубопровод.

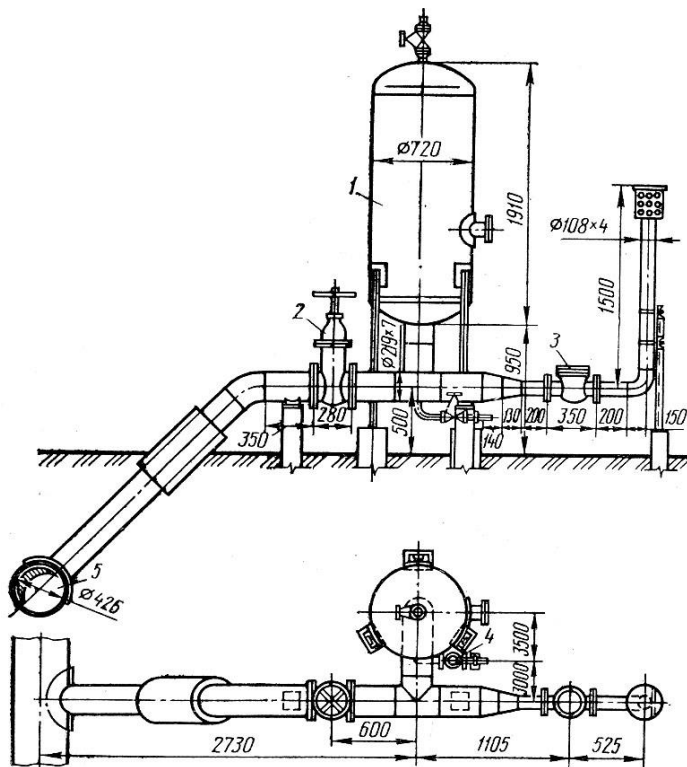


Рис.8.2. Водовоздушный резервуар с устройством для впуска воздуха: 2-задвижка; 4-запорный вентиль.

- разделение трубопровода на несколько частей и установка на нем дополнительных обратных клапанов. В результате гидроудара вода начинает двигаться в обратном направлении, клапаны закрываются и разделяют трубопровод на несколько частей, в пределах каждой из которых статический напор невелик. Это средство защиты может быть эффективно использовано при значительном геометрическом подъеме воды.

## 9. Вводно-энергетический расчет.

### Технико-экономические расчеты насосной станции

#### 9.1. Вводно-энергетический расчет

По заданию устанавливаются периоды работы насосной станции и параметры водопотребления  $Q_i$  и  $t_i$ . Устанавливаются фактически подаваемый расход  $Q_\phi$  воды в закрытую сеть по периодам работы насосной станции:

$$Q_\phi = Q_i k = q z_i k, \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.1)$$

где  $Q_i$  – величина водопотребления по периодам работы насосной станции,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $q$  – производительность дождевальной машины,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $z_i$  – количество дождевальных машин;  $k$  – коэффициент, учитывающий утечки в закрытой сети,  $k=1,02$ .

По графику совместной работы насосной станции и закрытой сети (рис. 2.3), устанавливаются фактические параметры насосной станции. Напор  $H_\phi$  определяется на графике при расходе  $Q_\phi$  лежащей на напорных характеристиках насосов.

Для определения стоимости электроэнергии  $C_э$  необходимо знать количество электроэнергии  $\mathcal{E}$ , потребляемой насосной станцией за год:

$$C_э = a \sum \mathcal{E}, \quad (9.2)$$

где  $a$  – тариф на электроэнергию, руб/кВтч;  $\mathcal{E} = Nt$  – годовой расход электроэнергии на преодоление гидравлических потерь в трубопроводе, кВтч;  $N = 9,81 H_\phi Q_\phi / \eta_{уст}$  – мощность насосной станции, кВт;  $n$  – количество работающих насосов;  $\eta_{уст}$  – КПД насосной установки,  $\eta_{уст} = \eta_n \eta_{дв} \eta_c$   $\eta_c$  – коэффициент, учитывающий потери энергии в трансформаторах, электроаппаратуре и коммуникациях,  $\eta_c = 0,97$ ;  $t$  – продолжительность работы насосной станции в течение года, ч;

Расчеты сводим в таблицу 9.2

Таблица 9.1

Вводно-энергетический расчет

Период работы НС	Параметры водопотребления		Параметры водоподдачи						
	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	$t_i, \text{ч}$	Фактический расход НС $Q_\phi, \text{м}^3/\text{с}$	Кол-во работающих насосов	Фактический напор насоса $H_\phi, \text{м}$	КПД насосной установки	Мощность насосной установки, кВт	Количество потребляемой электроэнергии $\mathcal{E} = Nt_i, \text{тыс. кВтч}$	Количество воды, поданной НС по периодам $W = 3,6 Q_\phi t_i, \text{тыс. м}^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
апрель		720							
май		744							
июнь		720							
июль		744							



август		744							
сентябрь		720							
		$\sum t_i$						$\sum \Xi$	$\sum W$

## 9.2. Техничко-экономические расчеты насосной станции

Техничко-экономические расчеты обосновывают целесообразность проектирования насосной станции. Для этого определяют: капитальные затраты на возведение станции, эксплуатационные ежегодные расходы, удельные показатели.

9.2.1. Капиталовложения по насосной станции складываются из:

1. строительных работ;
2. гидромеханического оборудования (основные и вспомогательные насосы, трубопроводная арматура, грузоподъемные механизмы);
3. напорные и всасывающие трубопроводы;
4. энергетическое оборудование.

Определение капиталовложений следует проводить в табличной форме (табл. 9.2)

Таблица 9.2

Сводная смета по определению капиталовложений по насосной станции

Наименование работ, оборудования	Единица измерения	Колич. единиц	Стоимость единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	2	3	4	5
1. Строительные работы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• земляные</li> <li>• бетонные</li> <li>• железобетонные</li> </ul> 2. Гидромеханическое оборудование: <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные насосы</li> <li>• бустерные насосы</li> <li>• вакуум - система</li> <li>• дренажная система</li> <li>• задвижка с электроприводом</li> <li>• обратный клапан</li> </ul> 3. Напорные и всасывающие трубопроводы				
4. Энергетическое оборудование				

<ul style="list-style-type: none"> <li>• электродвигатели</li> <li>• прочее электрооборудование</li> </ul>				
				$\sum K \cdot f = \dots$

f – коэффициент, учитывающий стоимость монтажных работ, f=1,12

### 9.2.2. Ежегодные эксплуатационные расходы по насосной станции.

Ежегодные эксплуатационные расходы включают: отчисления на амортизацию и ремонты сооружений и оборудования, затраты на энергию и топливо, затраты на заработную плату, смазочные материалы и др.расходы. Определение ежегодных эксплуатационных расходов рекомендуется производить в табличной форме (табл.9.3)

Таблица 9.3

#### Ежегодные эксплуатационные расходы по насосной станции

Статья расхода	Единица измерения	Кол-во единиц	Норма амортизационных отчислений и на текущий ремонт, $\mu$	Сумма эксплуатационных расходов, $\mu\text{K}$
1	2	3	4	5
1. Отчисления в фонд амортизационного и текущего ремонта:				
•строительная часть	руб.		0,055...0,064	
•гидромеханическое оборудование	руб.		0,14...0,20	
•напорные и всасывающие трубопроводы	руб.		0,047...0,063	
•энергетическое оборудование	руб.		0,14...0,17	
2. Стоимость электроэнергии, теряемой за год	руб/кВтч			
3. Содержание эксплуатационного персонала	руб.			
4. Смазочные материалы	руб.			

$\Sigma$ И

### 9.3. Удельные технико-экономические показатели насосной станции

1. Удельные капиталовложения  $K_N$  и ежегодные издержки производства  $I_N$  на 1 кВт установленной мощности, руб/кВт:

$$K_N = \sum K / \sum N_y, \quad (9.3)$$

$$I_N = \sum I / \sum N_y, \quad (9.4)$$

где  $\sum N_y$  – сумма номинальных (по паспорту) мощностей всех установленных двигателей насосов (основных и вспомогательных), кВт.

2. Стоимость 1 м<sup>3</sup> поднятой воды:

$$C = \sum I / \sum W, \text{ руб/м}^3 \quad (9.5)$$

3. Стоимость 1 тонно-метра поднятой воды:

$$C' = \sum I / \sum HW, \text{ руб/тм} \quad (9.6)$$

4. Коэффициент использования установленного оборудования:

$$\alpha = N_{cp} / N_y, \quad (9.7)$$

где  $N_{cp}$  – средняя мощность станции за рабочий период в году:

$$N_{cp} = \sum \mathcal{E} / 24 \sum t, \text{ кВт} \quad (9.8)$$

Таблица 9.4

Паспорт насосной станции

Наименование показателей	Обозначение	Ед.изм ерения	Количество
Назначение станции			
Тип насосной станции			
Максимальная подача станции	$Q_{max}$	м <sup>3</sup> /с	
Манометрический напор станции			
а) максимальный	$H_{max}$	м	
б) минимальный	$H_{min}$	м	
Установленная мощность	$N_y$	кВт	
Тип насосов			
а) основных (марка)		шт	
б) вспомогательных (марка)		шт	
Тип двигателей			
а) основных насосов		шт	
б) вспомогательных насосов		шт	
Капиталовложения насосной станции	$\sum K$	руб	
Суммарные эксплуатационные расходы	$\sum I$	руб	
Количество потребляемой энергии в год	$\sum \mathcal{E}$	кВтч	
Стоимость 1 м <sup>3</sup> поднятой воды	$C$	руб	
Стоимость 1 т·м поднятой воды	$C'$	руб	
Коэффициент использования оборудования	$\alpha$		

## Список использованной литературы

1. Чебаевский, В. Ф. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок: Учеб. Пособие., М.: Колос, 2000.
2. ГОСТ 33969-2016 (ISO/ASME 14414:2015) Энергетическая эффективность. Оценка энергоэффективности насосных систем.
3. Бегляров Д.С. Защита напорных коммуникаций насосных станций от гидравлического удара. М.: Гидротехника и мелиорация, 1981, №10, с.55...57.
4. Вишневский К.П., Подласов А.В. Проектирование насосных станций закрытых оросительных систем: Справочник. М.: ВО «Агропромиздат», 1990, с.93.
5. Вишневский К.П. Переходные процессы в напорных системах водоподачи. М.: «Агропромиздат», 1986, с.136.
6. Каталог №3. Агрегаты центробежные консольные. Российский производитель насосов. 2002, с.12.
7. Лопастные насосы: Справочник/ Зимницкий В.А., Каплун А.В. и др.-Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение, 1986, с.334.
8. Рычагов В.В, Чебаевский В.Ф, Вишневский К.П. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. Учебное пособие. М.: Колос, 1982, с.320.
9. Чебаевский В.Ф. и др. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. М.: Колос, 2000, с.376.
- 10.Затинаяцкий С.В., Хохлов А.И., Кравчук А.В. Проектирование ЗОС. Уч.пособие. Саратов: Саратов.с.-х. ин-т, 1994, с.59

# **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение 1

Таблица для гидравлического расчета асбестоцементных труб марки ВТ-6 (тип 1)

Расход, л/с	Скорость воды v (м/с) и потери напора 1000i (м) на 1000 метров трубопровода													
	d=146 мм		d=196 мм		d=244 мм		d=289 мм		d=334 мм		d=381 мм		d=473 мм	
	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i
10	0,60	3,13												
12	0,72	4,45												
14	0,83	6,01												
16	0,96	7,80												
18	1,08	9,81												
20	1,19	12,06	0,66	2,65										
24	1,43	17,25	0,80	3,77										
28	1,67	23,37	0,93	5,09										
32	1,91	30,41	1,06	6,61	0,62	2,14								
36	2,15	38,37	1,19	8,33	0,77	2,69								
40	2,38	47,25	1,33	10,24	0,86	3,31	0,61	1,39						
44			1,46	12,35	0,94	3,98	0,67	1,68						
48			1,59	14,66	1,03	4,72	0,73	1,97						
52			1,72	17,16	1,11	5,51	0,79	2,31						
56			1,86	19,06	1,20	6,38	0,85	2,66	0,64	1,28				
60			1,99	22,75	1,28	7,30	0,91	3,05	0,68	1,45				
64			2,12	25,84	1,37	8,29	0,98	3,46	0,73	1,64				
70			2,32	30,86	1,50	9,89	1,07	4,12	0,80	1,95				
76					1,63	11,63	1,16	4,84	0,87	2,29				
80					1,71	12,86	1,22	5,35	0,91	2,54				
86					1,84	14,83	1,31	6,17	0,98	2,92				
90					1,92	16,22	1,37	6,74	1,03	3,19	0,80	1,62		
92					1,96	16,95	1,40	7,04	1,05	3,33	0,81	1,69		
94					2,01	17,68	1,43	7,34	1,07	3,47	0,82	1,76		
100					2,14	19,98	1,52	8,29	1,14	3,92	0,88	1,99		
102					2,18	20,77	1,55	8,62	1,16	4,08	0,89	2,07		
110					2,35	24,12	1,68	10,01	1,26	4,73	0,96	2,39		
114							1,74	10,73	1,30	5,07	1,00	2,57		
120							1,83	11,88	1,37	5,61	1,05	2,84	0,68	0,93
124							1,89	12,67	1,42	5,98	1,09	3,03	0,71	0,99
130							1,98	13,91	1,48	6,56	1,14	3,32	0,74	1,09
134							2,04	14,77	1,53	6,97	1,18	3,52	0,76	1,16
140							2,13	16,10	1,60	7,59	1,23	3,84	0,80	1,26
148							2,26	17,97	1,69	8,47	1,30	4,28	0,84	1,40
150							2,29	18,46	1,71	8,69	1,32	4,40	0,85	1,44
158									1,89	9,63	1,39	4,87	0,90	1,59
160									1,63	9,88	1,40	4,99	0,91	1,63
170									1,94	11,13	1,49	5,62	0,97	1,84
180									2,05	12,46	1,58	6,29	1,02	2,05
190									2,17	13,87	1,67	7,00	1,08	2,28
200									2,28	15,35	1,75	7,74	1,14	2,52
210											1,84	8,52	1,20	2,78
220											1,93	9,34	1,25	3,04
230											2,02	10,20	1,31	3,32
240											2,11	11,09	1,37	3,61
260													1,48	4,22
280													1,59	4,89
300													1,71	5,60
320													1,82	6,36
340													1,93	7,17
360													2,05	8,83
380													2,16	8,92
400													2,28	9,88

Продолжение приложения 1

Таблица для гидравлического расчета асбестоцементных труб марки ВТ-9 (тип 1)

Расход, л/с	Скорость воды v (м/с) и потери напора 1000i (м) на 1000 метров трубопровода													
	d=141 мм		d=189 мм		d=235 мм		d=279 мм		d=322 мм		d=368 мм		d=456 мм	
	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i
10	0,64	3,74												
12	0,77	5,32												
14	0,90	7,19												
16	1,02	9,33												
18	1,15	11,74												
20	1,28	14,45	0,71	3,19										
24	1,54	20,67	0,86	4,55										
28	1,79	28,00	1,00	6,14										
32	2,05	36,45	1,14	7,98										
36	2,31	46,00	1,28	10,05										
40			1,43	12,36	0,92	4,01								
44			1,57	14,91	1,01	4,83								
48			1,71	17,70	1,11	5,73								
52			1,85	20,73	1,20	6,70	0,85	2,76						
56			2,00	23,99	1,29	7,75	0,92	3,19						
60			2,14	27,49	1,38	8,87	0,98	3,65						
64			2,28	31,23	1,48	10,07	1,05	4,15						
70					1,61	12,02	1,14	4,94						
76					1,75	14,13	1,24	5,80						
80					1,84	15,63	1,31	6,42	0,98	3,06				
86					1,98	18,03	1,41	7,40	1,06	3,53				
90					2,08	19,73	1,47	8,09	1,11	3,85				
92					2,12	20,61	1,50	8,45	1,13	4,02				
94					2,17	21,50	1,54	8,81	1,15	4,19				
100					2,31	24,59	1,64	9,96	1,23	4,74	0,94	2,38		
102							1,67	10,35	1,25	4,93	0,96	2,47		
110							1,80	12,01	1,35	5,71	1,03	2,86		
114							1,86	12,89	1,40	6,13	1,07	3,07		
120							1,96	14,26	1,47	6,78	1,13	3,40		
124							2,03	15,22	1,57	7,23	1,17	3,62		
130							2,13	16,71	1,60	7,93	1,22	3,97		
134							2,19	17,74	1,64	8,42	1,26	4,22		
140							2,29	19,34	1,72	9,10	1,32	4,59	0,86	1,52
148									1,82	10,24	1,39	5,12	0,91	1,69
150									1,84	10,52	1,41	5,26	0,92	1,74
158									1,94	11,65	1,49	5,83	0,97	1,92
160									1,96	11,95	1,50	5,97	0,98	1,97
170									2,09	13,47	1,60	6,73	1,04	2,22
180									2,21	15,08	1,69	7,53	1,10	2,48
190									2,33	16,78	1,79	8,38	1,16	2,76
200									2,46	18,60	1,89	9,27	1,22	3,05
210											1,97	10,21	1,29	3,36
220											2,07	11,19	1,35	3,68
230											2,16	12,22	1,41	4,01
240											2,26	13,29	1,47	4,36
260													1,59	5,11
280													1,71	5,92
300													1,84	6,77
320													1,96	7,69
340													2,08	8,67
360													2,24	9,71
380													2,32	10,60

Продолжение приложения 1

Таблица для гидравлического расчета асбестоцементных труб марки ВТ-9 (тип 2)

Расход, л/с	Скорость воды v (м/с) и потери напора 1000i (м) на 1000 метров трубопровода											
	d=196 мм		d=242 мм		d=286 мм		d=329 мм		d=377 мм		d=466 мм	
	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i
20	0,66	2,65										
24	0,80	3,77										
28	0,93	5,09										
32	1,06	6,61										
36	1,19	8,33										
40	1,33	10,24	0,87	3,45								
44	1,46	12,35	0,96	4,15								
48	1,59	14,65	1,04	4,92	0,75	2,08						
52	1,72	17,10	1,13	5,76	0,81	2,43						
56	1,86	19,86	1,22	6,66	0,87	2,81						
60	1,99	22,75	1,30	7,62	0,93	3,22						
64	2,12	25,85	1,39	8,65	1,00	3,65						
70	2,32	30,86	1,52	10,32	1,09	4,35						
76			1,65	12,13	1,18	5,11	0,89	2,48				
80			1,74	13,42	1,25	5,65	0,94	2,74				
86			1,87	15,48	1,34	6,51	1,01	3,16				
90			1,96	16,93	1,40	7,12	1,06	3,44				
92			2,00	17,68	1,43	7,43	1,08	3,60				
94			2,04	18,45	1,46	7,75	1,11	3,75	0,84	1,86		
100			2,17	20,85	1,56	8,75	1,18	4,24	0,90	2,10		
102			2,22	21,60	1,59	9,10	1,20	4,41	0,91	2,18		
110					1,71	10,56	1,29	5,11	0,99	2,53		
114					1,77	11,33	1,34	5,48	1,02	2,71		
120					1,87	12,54	1,41	6,06	1,08	3,00		
124					1,93	13,38	1,46	6,47	1,11	3,20		
130					2,02	14,69	1,53	7,10	1,16	3,51		
134					2,99	15,59	1,58	7,53	1,20	3,72		
140					2,10	17,08	1,65	8,21	1,25	4,05	0,82	1,36
148							1,74	9,16	1,33	4,52	0,87	1,51
150							1,76	9,41	1,34	4,64	0,88	1,55
158							1,86	10,42	1,41	5,14	0,93	1,72
160							1,88	10,60	1,43	5,26	0,94	1,76
170							2,00	12,04	1,52	5,94	1,00	1,90
180							2,12	13,48	1,61	6,64	1,08	2,22
190							2,23	15,00	1,70	7,39	1,11	2,47
200							2,35	16,60	1,79	8,18	1,17	2,73
210									1,80	9,00	1,23	3,00
220									1,97	9,87	1,29	3,23
230									2,06	10,77	1,35	3,58
240									2,15	11,72	1,41	3,90
260									2,33	13,73	1,52	4,56
280									2,51	15,98	1,64	5,28
300											1,76	6,05
320											1,80	6,87
345											1,99	7,74
360											2,11	8,67
380											2,23	9,65
400											2,34	10,65



Продолжение приложения 1

Таблица для гидравлического расчета асбестоцементных труб марки ВТ-12 (тип 1)

Расход, л/с	Скорость воды v (м/с) и потери напора 1000i (м) на 1000 метров трубопровода													
	d=135 мм		d=181 мм		d=228 мм		d=270 мм		d=312 мм		d=356 мм		d=441 мм	
	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i
10	0,70	4,67												
12	0,84	6,66												
14	0,98	9,00												
16	1,12	11,68												
18	1,26	14,71	0,70	3,25										
20	1,40	18,09	0,78	3,98										
24	1,68	25,90	0,93	5,68										
28	1,96	35,10	1,09	7,68										
32	2,24	45,70	1,24	9,98	0,78	3,03								
36	2,52	57,69	1,40	12,57	0,88	3,82								
40			1,55	15,47	0,98	4,69								
44			1,71	18,66	1,08	5,65								
48			1,87	22,16	1,18	6,70								
52			2,02	25,95	1,27	7,83	0,91	3,26						
56			2,18	30,04	1,37	9,06	0,98	3,78						
60			2,33	34,43	1,47	10,38	1,05	4,33						
64			2,49	39,12	1,57	11,78	1,12	4,91						
70					1,71	14,06	1,22	5,85	0,92	2,78				
76					1,86	16,53	1,33	6,88	0,99	3,26				
80					1,96	18,29	1,40	7,61	1,05	3,60				
86					2,11	21,10	1,50	8,77	1,12	4,15				
90					2,20	23,09	1,57	9,59	1,18	4,54	0,90	2,30		
92					2,25	24,11	1,61	10,01	1,20	4,74	0,92	2,40		
94					2,30	25,16	1,64	10,45	1,23	4,94	0,94	2,50		
100					2,45	28,43	1,75	11,80	1,31	5,58	1,00	2,82		
102							1,78	12,27	1,33	5,60	1,02	2,93		
110							1,92	14,24	1,44	6,73	1,11	3,40		
114							1,99	15,28	1,49	7,22	1,15	3,64		
120							2,10	16,91	1,57	7,98	1,21	4,03		
124							2,17	18,05	1,62	8,51	1,25	4,30		
130							2,27	19,81	1,70	9,34	1,31	4,72	0,85	1,56
134							2,34	21,04	1,75	9,92	1,35	5,00	0,88	1,66
140							2,45	22,94	1,83	10,81	1,41	5,45	0,92	1,80
148									1,94	12,07	1,49	6,08	0,97	2,01
150									1,96	12,39	1,51	6,25	0,98	2,06
158									2,07	13,73	1,59	6,92	1,03	2,29
160									2,09	14,08	1,61	7,09	1,05	2,34
170									2,22	15,87	1,71	7,99	1,11	2,64
180									2,35	17,77	1,81	8,95	1,18	2,94
190											1,91	9,95	1,24	3,28
200											2,01	11,01	1,31	3,63
210											2,11	12,13	1,37	3,99
220											2,21	13,30	1,44	4,37
230											2,31	14,52	1,51	4,77
240											2,41	15,79	1,57	5,19
260													1,70	6,00
280													1,83	7,03
300													1,96	8,06
320													2,10	9,15
340													2,23	10,32
360													2,36	11,55
380													2,49	12,86

Продолжение приложения 1

Таблица для гидравлического расчета асбестоцементных труб марки ВТ-12 (тип 2)

Расход, л/с	Скорость воды v (м/с) и потери напора 1000i (м) на 1000 метров трубопровода											
	d=188 мм		d=234 мм		d=276 мм		d=317 мм		d=363 мм		d=450 мм	
	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i
18	0,65	2,67										
20	0,72	3,28										
24	0,86	4,67										
28	1,01	6,32	0,65	2,06								
32	1,15	8,20	0,74	2,66								
36	1,30	10,23	0,84	3,34								
40	1,44	12,71	0,93	4,10	0,67	1,76						
44	1,59	15,33	1,02	4,94	0,74	2,11						
48	1,73	18,19	1,12	5,86	0,80	2,50						
52	1,87	21,30	1,21	6,85	0,87	2,92	0,66	1,44				
56	2,02	24,66	1,30	7,92	0,94	3,38	0,71	1,66				
60	2,16	28,26	1,40	9,07	1,00	3,86	0,76	1,89				
64	2,31	32,11	1,49	10,30	1,07	4,38	0,81	2,15	0,62	1,07		
70	2,52	38,34	1,63	12,28	1,17	5,22	0,89	2,56	0,68	1,27		
76			1,77	14,45	1,27	6,14	0,96	3,00	0,73	1,50		
80			1,86	15,98	1,34	6,79	1,01	3,23	0,77	1,65		
86			2,00	18,44	1,44	7,83	1,09	3,82	0,83	1,90		
90			2,09	20,17	1,50	8,56	1,14	4,18	0,87	2,08		
92			2,14	21,06	1,54	8,94	1,17	4,36	0,89	2,17		
94			2,19	21,98	1,57	9,32	1,19	4,53	0,91	2,26		
100			2,33	24,84	1,67	10,53	1,27	5,14	0,97	2,55		
102					1,70	10,95	1,29	5,34	0,99	2,65		
110					1,84	12,71	1,39	6,19	1,06	3,07		
114					1,91	13,63	1,44	6,64	1,10	3,30		
120					2,01	15,09	1,52	7,35	1,16	3,64		
124					2,07	16,10	1,57	7,84	1,20	3,89	0,78	1,28
130					2,17	17,67	1,65	8,60	1,27	4,26	0,82	1,41
134					2,24	18,76	1,70	9,13	1,29	4,52	0,84	1,49
140					2,34	20,46	1,77	9,96	1,35	4,93	0,88	1,63
148							1,88	11,11	1,43	5,50	0,93	1,81
150							1,90	11,41	1,45	5,65	0,94	1,86
158							2,00	12,64	1,53	6,25	0,99	2,06
160							2,03	12,96	1,55	6,41	1,01	2,11
170							2,15	14,61	1,64	7,22	1,07	2,38
180							2,28	16,36	1,74	8,09	1,13	2,66
190							2,41	18,20	1,84	9,00	1,19	2,93
200							2,53	20,15	1,93	9,95	1,26	3,27
210									2,03	10,96	1,32	3,59
220									2,13	12,02	1,38	3,94
230									2,22	13,12	1,45	4,29
240									2,32	14,27	1,51	4,67
260									2,51	16,72	1,63	5,47
280									2,71	19,36	1,76	6,33
300											1,89	7,25
320											2,01	8,24
345											2,14	9,29
360											2,26	10,40
380											2,39	11,57
400											2,51	12,62

Продолжение приложения 1

Таблица для гидравлического расчета асбестоцементных труб марки ВТ-15 (тип 2)

Расход, л/с	Скорость воды v (м/с) и потери напора 1000i (м) на 1000 метров трубопровода							
	d=180 мм		d=267 мм		d=352 мм		d=436 мм	
	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i
18	0,71	3,34						
20	0,79	4,10						
24	0,94	5,85						
28	1,10	7,90	0,50	1,04				
32	1,26	10,27	0,57	1,35				
36	1,41	12,94	0,64	1,70				
40	1,57	15,92	0,71	2,08	0,41	0,51		
44	1,73	19,21	0,79	2,50	0,45	0,61		
48	1,89	22,80	0,86	2,97	0,49	0,72		
52	2,04	26,71	0,93	3,47	0,53	0,84	0,35	0,28
56	2,20	30,92	1,00	4,01	0,58	0,97	0,38	0,33
60	2,36	35,44	1,07	4,59	0,62	1,11	0,40	0,37
64	2,52	40,27	1,14	5,20	0,66	1,25	0,43	0,42
70	2,75	48,08	1,25	6,20	0,72	1,49	0,47	0,50
76			1,36	7,29	0,78	1,75	0,51	0,59
80			1,43	8,06	0,82	1,93	0,53	0,65
86			1,54	9,29	0,88	2,23	0,58	0,74
90			1,61	10,16	0,92	2,43	0,60	0,81
92			1,64	10,61	0,95	2,54	0,62	0,85
94			1,68	11,07	0,97	2,65	0,63	0,88
100			1,79	12,51	1,03	2,99	0,67	0,99
102			1,82	13,01	1,05	3,11	0,68	1,03
110			1,96	15,10	1,13	3,60	0,74	1,20
114			2,04	16,20	1,17	3,86	0,76	1,28
120			2,14	17,93	1,23	4,27	0,80	1,42
124					1,27	4,56	0,83	1,51
130					1,34	5,00	0,87	1,66
134					1,38	5,31	0,90	1,76
140					1,44	5,78	0,94	1,91
148					1,52	6,45	0,99	2,13
150					1,54	6,62	1,00	2,19
158					1,62	7,34	1,06	2,42
160					1,64	7,52	1,07	2,48
170					1,75	8,48	1,14	2,80
180					1,85	9,59	1,21	3,13
190					1,95	10,56	1,27	3,48
200					2,06	11,68	1,34	3,85
210					2,16	12,86	1,41	4,23
220					2,26	14,10	1,47	4,64
230					2,36	15,40	1,54	5,06
240							1,61	5,51
260							1,74	6,45
280							1,87	7,46
300							2,01	8,55
320							2,14	9,71
345							2,28	10,95
360							2,41	12,26
380							2,54	13,64
400							2,68	15,10

Продолжение приложения 1

Таблица для гидравлического расчета железобетонных напорных труб со стальным сердечником РТНС

Расход, л/с	Скорость воды v (м/с) и потери напора 1000i (м) на 1000 метров трубопровода									
	d=232 мм		d=294 мм		d=395 мм		d=495 мм		d=591 мм	
	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i
40	1,14	5,64								
52	1,23	6,59								
56	1,32	7,62	0,82	2,26						
60	1,42	8,71	0,88	2,58						
64	1,51	9,88	0,94	2,93						
70	1,66	11,78	1,03	3,48						
76	1,80	13,84	1,12	4,08						
80	1,89	15,30	1,18	4,51						
86	2,03	17,63	1,27	5,19						
90	2,13	19,28	1,33	5,67						
100	2,37	23,72	1,47	6,97						
110	2,60	28,62	1,62	8,39	0,90	1,84				
120	2,84	33,98	1,77	9,95	0,98	2,18				
124	2,93	36,25	1,83	10,62	1,01	2,32				
130	3,08	39,89	1,91	11,65	1,06	2,54				
140			2,06	13,47	1,14	2,94				
150			2,21	15,43	1,22	3,36				
160			2,36	17,52	1,31	3,81	0,83	1,20		
170			2,50	19,74	1,39	4,28	0,88	1,35		
180			2,65	22,09	1,47	4,79	0,94	1,50		
190			2,80	24,58	1,55	5,32	0,99	1,67		
200			2,95	27,19	1,63	5,89	1,04	1,84		
210			3,09	29,94	1,71	6,47	1,09	2,03		
220					1,80	7,09	1,14	2,22	0,80	0,89
240					1,96	8,41	1,25	2,63	0,87	1,06
260					2,12	9,85	1,35	3,07	0,95	1,24
280					2,28	11,39	1,45	3,55	1,03	1,43
300					2,45	13,05	1,56	4,06	1,09	1,63
320					2,61	14,82	1,66	4,60	1,17	1,85
340					2,77	16,70	1,77	5,19	1,24	2,08
360					2,94	18,70	1,87	5,80	1,31	2,32
380					3,10	20,80	1,97	6,45	1,39	2,58
400							2,09	7,13	1,46	2,85
420							2,18	7,85	1,53	3,14
440							2,29	8,60	1,60	3,44
460							2,39	9,39	1,68	3,75
480							2,49	10,21	1,75	4,08
500							2,60	11,07	1,82	4,42
520							2,70	11,96	1,90	4,77
540							2,81	12,88	1,97	5,14
560							2,91	13,84	2,04	5,52
580							3,01	14,83	2,11	5,91
600									2,19	6,32
620									2,26	6,74
660									2,41	7,62
700									2,55	8,56
740									2,70	9,55
780									2,84	10,59
820									2,99	11,60

Продолжение приложения 1

Таблица для гидравлического расчета железобетонных виброгидропресованных труб ТН

Расход, л/с	Скорость воды v (м/с) и потери напора 1000i (м) на 1000 метров трубопровода									
	d=500 мм		d=600 мм		d=800 мм		d=1000 мм		d=1200 мм	
	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i
180	0,92	1,43								
200	1,02	1,75								
220	1,12	2,11								
240	1,22	2,49	0,85	0,98						
260	1,32	2,91	0,92	1,14						
280	1,43	3,37	0,99	1,32						
300	1,53	3,85	1,06	1,51						
320	1,63	4,37	1,13	1,71						
340	1,73	4,92	1,20	1,92						
360	1,83	5,51	1,27	2,15						
380	1,94	6,12	1,34	2,39						
400	2,04	6,77	1,41	2,64	0,80	0,60				
420	2,14	7,45	1,49	2,90	0,84	0,66				
440	2,24	8,17	1,56	3,18	0,88	0,73				
460	2,34	8,91	1,63	3,47	0,92	0,79				
480	2,44	9,69	1,70	3,77	0,95	0,86				
500	2,55	10,50	1,77	4,08	0,99	0,93				
520	2,65	11,34	1,84	4,41	1,03	1,00				
540	2,75	12,22	1,91	4,75	1,07	1,08				
560	2,85	13,13	1,98	5,10	1,11	1,16				
600	3,06	15,05	2,12	5,84	1,19	1,32				
620			2,19	6,23	1,23	1,41				
660			2,33	7,05	1,31	1,59				
700			2,48	7,91	1,39	1,79	0,89	0,57		
740			2,62	8,83	1,47	1,99	0,94	0,63		
780			2,76	9,79	1,55	2,21	0,99	0,70		
820			2,90	10,81	1,63	2,43	1,04	0,77		
860			3,04	11,87	1,71	2,67	1,09	0,85		
900					1,79	2,92	1,15	0,92		
940					1,87	3,18	1,20	1,01		
980					1,95	3,45	1,25	1,09		
1000					1,99	3,59	1,27	1,14	0,88	0,44
1040					2,07	3,88	1,32	1,23	0,92	0,48
1080					2,15	4,18	1,38	1,32	0,95	0,52
1120					2,23	4,49	1,43	1,42	0,99	0,55
1160					2,31	4,81	1,46	1,52	1,03	0,59
1200					2,39	5,14	1,53	1,62	1,06	0,63
1240					2,47	5,48	1,58	1,73	1,10	0,68
1320					2,63	6,20	1,68	1,95	1,17	0,76
1400					2,79	6,96	1,78	2,19	1,24	0,86
1440					2,86	7,36	1,83	2,32	1,27	0,90
1520					3,02	8,19	1,94	2,57	1,34	1,00
1600							2,04	2,85	1,41	1,11
1680							2,14	3,13	1,48	1,22
1760							2,24	3,43	1,56	1,34
1840							2,34	3,75	1,63	1,46
1920							2,44	4,07	1,70	1,59
2000							2,55	4,42	1,77	1,72
2120							2,70	4,95	1,87	1,93
2240							2,85	5,52	1,98	2,14
2360							3,00	6,12	2,09	2,39

Продолжение приложения 1

Таблица для гидравлического расчета стальных электросварных труб

Расход, л/с	Скорость воды v (м/с) и потери напора 1000i (м) на 1000 метров трубопровода											
	d=261мм		d=311 мм		d=412 мм		d=516 мм		d=616 мм		d=706 мм	
	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i	v	1000i
52	0,97	3,21										
56	1,05	3,69										
60	1,12	4,21										
64	1,19	4,76	0,84	1,97								
70	1,31	5,65	0,92	2,33								
76	1,42	6,62	1,00	2,72								
80	1,50	7,31	1,05	3,00								
86	1,61	8,40	1,13	3,45								
90	1,68	9,16	1,18	3,76								
94	1,76	9,97	1,24	4,08								
100	1,87	11,23	1,32	4,60	0,75	1,11						
102	1,91	11,67	1,34	4,77	0,77	1,15						
110	2,06	13,51	1,44	5,22	0,83	1,33						
114	2,13	14,48	1,50	5,91	0,86	1,42						
120	2,24	15,99	1,58	6,52	0,90	1,57						
124	2,32	17,04	1,63	6,95	0,93	1,67						
130	2,43	18,68	1,71	7,61	0,98	1,82						
134	2,50	19,82	1,76	8,07	1,01	1,93						
140	2,62	21,58	1,84	8,78	1,05	2,10						
150	2,80	24,69	1,97	10,03	1,13	2,40						
160	2,99	28,00	2,11	11,37	1,20	2,71	0,77	0,87				
170			2,24	12,79	1,28	3,04	0,82	0,98				
180			2,37	14,29	1,35	3,39	0,86	1,09				
190			2,50	15,88	1,43	3,76	0,91	1,20				
200			2,63	17,54	1,50	4,15	0,96	1,33				
210			2,76	19,29	1,58	4,56	1,00	1,47				
220			2,90	21,13	1,65	4,99	1,05	1,59				
230			3,03	23,04	1,73	5,44	1,10	1,73				
240					1,80	5,90	1,15	1,95				
260					1,95	6,89	1,24	2,19				
280					2,10	7,96	1,34	2,52				
300					2,25	9,10	1,43	2,88	1,01	1,17		
320					2,40	10,31	1,53	3,26	1,07	1,33		
340					2,55	11,60	1,63	3,66	1,14	1,49		
360					2,70	12,97	1,72	4,09	1,21	1,66		
380					2,85	14,41	1,82	4,54	1,28	1,84		
400					3,00	15,93	1,91	5,01	1,34	2,03		
440							2,10	6,03	1,48	2,44	1,12	1,22
480							2,30	7,13	1,61	2,88	1,23	1,44
520							2,49	8,34	1,74	3,36	1,33	1,68
560							2,68	9,63	1,88	3,88	1,43	1,90
600							2,87	11,02	2,01	4,43	1,53	2,21
640							3,06	12,50	2,14	5,02	1,63	2,50
680									2,28	5,65	1,74	2,81
720									2,42	6,32	1,84	3,14
760									2,55	7,02	1,94	3,48
800									2,68	7,75	2,04	3,85
840									2,82	8,53	2,15	4,23
900									3,02	9,76	2,30	4,84