

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования  
«Ростовский государственный строительный университет»

Утверждено на заседании  
кафедры «Водоснабжение и  
водоотведение»

«29» октября 2007г.

## ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Методические указания  
к выполнению курсовых и дипломных проектов для студентов  
специальности 270112 дневной и заочной форм обучения

Ростов-на-Дону  
2008

Водозаборные сооружения из поверхностных источников: Методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов для студентов специальности 270112 дневной и заочной форм обучения. – Ростов н/Д: Рост.гос.строит.ун-т, 2008. - 42 с.

В методических указаниях даны рекомендации по выполнению курсового проекта, разъясняются его состав и объем. Приведены рекомендации по выбору места расположения водозаборных сооружений, типа и схемы водозабора. Изложены методы определения основных расчетных параметров водозаборных сооружений для их конструирования и выбора основного технологического оборудования в соответствии с действующими строительными нормами и технической литературой. Предложены мероприятия по рыбозащите, борьбе с шугой, наносами и другими помехами.

Приведено задание на выполнение курсового проекта.

Составители: канд.техн.наук В.В. Остриков  
канд.техн.наук Л.И. Нечаева  
канд.техн.наук А.Ю. Скрыбин  
Т.Ф. Компанийцева  
Г.В. Поповьян

Редактор Н.Е. Гладких  
Темплан 2008 г., поз. 211  
Подписано в печать 14.02.08.  
Формат 60х84/16. Ризограф. Бумага писчая.  
Уч.-изд. л. 2,6. Тираж 100 экз. Заказ 533.  
Редакционно-издательский центр РГСУ  
344022, Ростов н/Д, ул. Социалистическая, 162

## ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящих методических указаний является оказание помощи студентам очного и заочного обучения специальности «Водоснабжение и водоотведение» при разработке курсового проекта по водозаборным сооружениям из поверхностных водоемов.

Даются рекомендации по выбору типа и конструкции водозаборных сооружений, их расчету и конструктивному оформлению.

Приводится перечень нормативных данных, справочников и пособий, необходимых для выполнения проекта.

## 1. ОБЪЕМ И СОСТАВ ПРОЕКТА

Курсовой проект должен состоять из расчетно-пояснительной записки и 1–2 чертежей.

*В расчетно-пояснительной записке должны быть представлены:*

- а) исходные данные для проектирования;
- б) обоснование выбранного типа водозабора с описанием конструкции его основных элементов;
- в) данные гидравлических и технологических расчетов;
- г) описание грузоподъемного и транспортного оборудования;
- д) мероприятия по рыбозащите, борьбе с шугой, донным льдом, наносами и другими помехами;
- е) мероприятия по берегоукрепительным работам вблизи водозабора;
- ж) обоснование способов производства работ;
- з) литература.

*Состав графической части проекта:*

- а) схема комплекса водозаборных сооружений (профиль по оси сооружений и их план) в масштабе 1:200 или 1:500. На схеме указываются расстояния между сооружениями и уровни воды в них, отметки осей трубопроводов, их диаметры, отметки земли и т.п.;
- б) план и разрезы сооружений, дающие полное представление о принятых конструкциях водозабора и его оборудования в масштабе 1:50 – 1:100;
- в) план и разрезы водоприемного оголовка в масштабе 1:25 – 1:50;
- г) рабочие чертежи одного из элементов оборудования (решетки, сетки, рыбозащитные устройства) в масштабе 1:5, 1:10;
- д) спецификация материалов (труб, фасонных частей) и оборудования водозабора.

## 2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

Курсовой проект можно выполнять в следующей последовательности:

- 1) по исходным данным для проектирования начертить профиль реки по оси водозаборных сооружений и изобразить на нем характерные уровни воды, льда, грунта, слагающие дно и берег реки (масштаб вертикальный следует принять

равным масштабу горизонтальному);

2) выбрать тип и конструкцию водозаборных сооружений, схематично изобразив их на профиле и плане участка реки;

3) произвести гидравлический расчет элементов водозабора (входных отверстий, труб, сеток и др. элементов при пропуске расчетного, аварийного и промывочного расходов);

4) произвести выбор насосов и электродвигателей к ним (при совмещении водоприемника с насосной станцией I-го подъема при компоновке сооружения необходимо учесть габаритные размеры выбранного оборудования);

5) подобрать насосы для удаления осадка из берегового колодца или водоприемника;

6) подобрать необходимое грузоподъемное и транспортное оборудование берегового колодца или водоприемника;

7) указать мероприятия по рыбозащите, борьбе с шугой и биообрастанием, в случае применения электрообогрева решеток определить расход электроэнергии;

8) указать мероприятия по укреплению берега и дна реки вблизи водозабора;

9) наметить возможные способы производства работ по строительству водозаборных сооружений.

### **3. ВЫБОР МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Место расположения водозабора следует выбирать, исходя из условий, обеспечивающих их бесперебойную работу, с учетом величины забираемого расхода, особенностей режима водоисточника и требований в отношении качества воды.

Водозаборные сооружения для хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения обычно располагают выше (по течению) населенных мест, объектов и других источников загрязнения с учетом перспективного их расширения и необходимости организации зон санитарной охраны [1,2,3].

Водозабор должен располагаться на достаточно устойчивом участке реки, характеризующемся благоприятными гидравлическими и шуголедовыми режимами речного потока. Наиболее благоприятный режим речного потока обычно наблюдается у вогнутого берега плесовых участков. Водозабор следует располагать в пределах третьей четверти излучины реки. Нежелательно располагать водозабор в плесе ниже не замерзающего зимой переката. Не допускается размещать водоприемники в пределах зон движения судов, плотов, в зоне отложения и жильного движения донных наносов, в местах зимовки и нереста рыб, на участке возможного разрушения берега, скопления плавника и водорослей, а также возникновения шугозажоров и заторов. Не рекомендуется размещать водоприемники водозаборов на участках нижнего бьефа ГЭС, прилегающих к гидроузлу, в верховьях водохранилищ, а также на участках, расположенных ниже устьев притоков водотоков и в устьях подпертых водотоков [2,3,10].

Характеристика условий забора воды из поверхностных источников приведена в табл. 12 [1]. Общая характеристика устанавливается по наиболее тяжелому виду затруднений.

Расчетная обеспеченность максимальных и минимальных уровней воды в поверхностном источнике находится в зависимости от категории надежности подачи воды (табл. 11 [1]). Необходимо учитывать, что количество отбираемой воды должно назначаться с учетом минимальных расчетных расходов воды в источнике.

#### **4. ВЫБОР ТИПА И СХЕМЫ ВОДОЗАБОРА**

При разработке курсового проекта следует проектировать наиболее совершенные и экономичные, с точки зрения строительства и эксплуатации, типы и схемы водозаборных сооружений.

Из применяемых в настоящее время типов сооружений наибольшее распространение получили береговые, русловые и ковшовые водозаборы. Комбинированные водозаборы, состоящие из берегового и руслового водоприемников применяются при соответствующем рельефе берега, недостаточной глубине или загрязненности воды в межень в месте берегового водозабора [8, 9].

Береговые водозаборы совмещенного типа (рис. 1б, е, ж) применяют при наличии достаточных глубин у высокого крутого берега и значительных колебаний уровней воды в источнике.

Водозаборы берегового типа выполняются в основном из железобетона. Они имеют в плане форму прямоугольную, круглую, овальную или из двух полуокружностей с прямоугольными вставками [11].

Водоприемные окна береговых водозаборов обычно располагают в два яруса для забора воды, при разных уровнях – из верхних слоев речного потока, содержащих меньшее количество наносов. Низ окон нижнего яруса определяется высотой порога (1,0–1,5 м). Верх окон верхнего яруса обычно располагается на 1,0–1,25 м ниже горизонта высоких вод.

В тех же условиях, что и береговые водозаборы совмещенного типа, но при заборе малых расходов воды, могут применяться и отдельные компоновки сооружений, состоящих из берегового водоприемника, всасывающих труб и насосной станции (рис. 1г).

При отсутствии непосредственно у берега достаточных глубин и при водопотреблении II и III категории для водозаборов малой и средней производительности следует применять русловые водозаборные сооружения раздельного типа (рис. 1а) в составе: руслового водоприемного оголовка, самотечных линий, берегового сеточного колодца и насосной станции первого подъема.

При наличии в створе водозабора прочных грунтов, при большой амплитуде колебаний уровней воды в водоеме, при наличии вертикальных насосов и т.п. береговой сеточный колодец можно совмещать с насосной станцией.

В русловых водозаборах верх водоприемных отверстий в оголовках, во

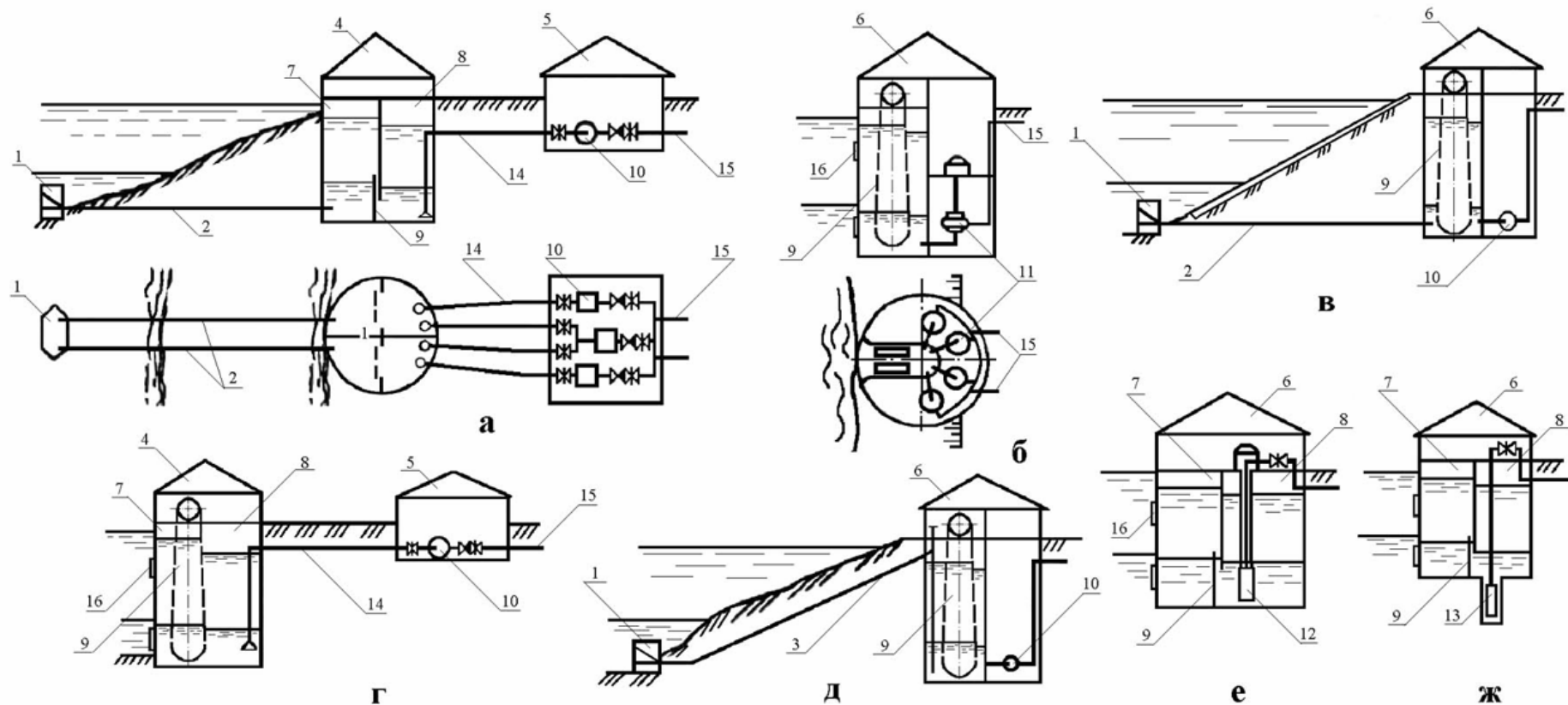


Рис. 1. Схемы устройства водозаборных сооружений берегового и руслового типа:

а – русловая раздельная; б – береговая совмещенная (центробежные насосы с вертикальным валом); в – русловая совмещенная, с самотечными линиями (центробежные насосы с горизонтальным валом); г – береговая раздельная;

д – русловая совмещенная, с сифонными линиями; е – береговая совмещенная (артезианские насосы); ж – береговая совмещенная (погружные насосы); 1 – русловый оголовок; 2 – самотечные линии; 3 – сифонные линии; 4 – береговой колодец;

5 – насосная станция; 6 – береговой колодец, совмещенный с насосной станцией; 7,8 – соответственно приемное и всасывающее отделения; 9 – сороудерживающие сетки; 10,11,12,13 – центробежные насосы соответственно с горизонтальным и вертикальным валами, артезианские и погружные; 14,15 – соответственно всасывающие и напорные трубопроводы; 16 – водоприемные окна

избежание их обмерзания, обычно помещают не менее чем на 0,2 м ниже кромки льда при наименьшем горизонте ледостава и не менее чем на 0,3 м ниже самого низкого горизонта воды.

В условиях устойчивого дна превышение низа водоприемных отверстий не должно быть меньше 0,5 м. При больших глубинах водоема высота порога может быть увеличена. На реках с деформируемым руслом порог водоприемных отверстий можно делать переменным в соответствии с возможным изменением отметок дна.

При необходимости прокладки труб на большой глубине целесообразна замена самотечных линий сифонными трубопроводами и прокладки последних на значительно меньшей глубине (рис. 1д). При неслишком твердых грунтах берега (при возможности разработки грунтов земснарядом или методом прокалывания) предпочтение следует отдать самотечным трубам, т.к. последнее значительно упростит эксплуатацию водозабора.

Формы и расположение сооружений водозабора должны быть возможно более плавными.

Береговые колодцы должны располагаться на незатопляемых участках или иметь обсыпку до отметки, превышающей гребень волны при весеннем горизонте не менее чем 0,5 м, но не более 1,5 м.

В технологической схеме водозаборных сооружений должно быть предусмотрено секционирование водоприемных устройств, самотечных или сифонных труб и сеточного колодца. Количество независимо работающих секций для водозаборов всех типов следует определять расчетом и, как правило, оно должно быть не менее двух.

В сложных условиях можно применять комбинированные водозаборы, состоящие из водоприемников разных типов, проектировать водоприем в двух разных створах или производить их дублирование [6].

При наличии тяжелой шуго-ледовой обстановки на водозаборах средней и большой ( $>20 \text{ м}^3/\text{сек}$ ) производительности можно применять ковшовые водозаборы (рис. 2), которые могут быть использованы также для частичного отстоя взвеси, создания достаточных глубин у места водозабора при повышении процента отбора воды из реки.

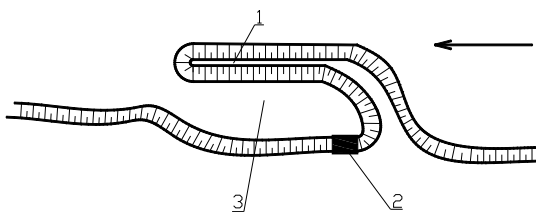


Рис. 2. Схема устройства ковшового водозабора:  
1 – дамба; 2 – водоприемное сооружение; 3 – ковш

Рекомендации по применению водозаборных сооружений различных типов приведены в приложении 1 [1,8].

Наличие шуги, льда, сора, водорослей, дрейсены, загрязнений, лесосплава, судоходства, рыбохозяйственного значения рек и других особых условий в водоеме должно быть учтено при выборе водоприемника.

Технические мероприятия по защите от обмерзания решеток могут включать в себя: забор воды с малыми скоростями втекания, покрытие решеток гидрофобными обмазками, резиной, обогрев решеток, устройство козырьков и плавучих запаней у водоприемника, применение фильтрующих водоприемников и сброс теплой воды в реку у водоприемника.

На реках рыбохозяйственного значения для защиты молоди рыб от попадания в водозаборные сооружения водоприемные отверстия водоприемников оборудуют фильтрующими и сетчатыми рыбозащитными устройствами (РЗУ). При этом скорость течения воды на подходе к РЗУ не должна превышать крейсерской скорости плавания рыб, которая в 1 с ориентировочно может быть принята равной  $V = 4l$ , где  $l$  – длина тела рыбы. При отсутствии данных о длине тела рыб скорость течения на подходе к РЗУ принимается равной 0,1 м/с для водотоков и 0,05 м/с для водоемов.

Для целей рыбозащиты можно использовать фильтры с различной зернистой загрузкой (щебень, гравий, керамзит, зерна из пластмасс). Фильтры могут быть стационарными (у ряжевых фильтрующих водоприемников с загрузкой камнем крупностью 15 см) или съемными [7]. Рыбозащитные съемные фильтры, устанавливаемые на период ската рыбной молоди в пазовых устройствах водоприемника, могут быть выполнены в виде контейнеров кассет.

## 5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Гидравлический расчет водозаборных сооружений следует выполнять применительно к нормальным и аварийным условиям эксплуатации. При нормальных условиях одновременно действуют все секции водозабора (кроме резервных). В аварийном режиме одна из секций отключена, и весь расход воды или значительная его часть перетекает через остальные секции. Гидравлические расчеты по определению размеров водоприемных отверстий, диаметров трубопроводов и других элементов водозабора следует выполнять для нормальных условий, а расчеты потерь напора, уровней воды в сеточном колодце и допускаемой наивысшей отметки оси насосов – применительно к аварийным условиям.

Расчетный расход воды в одной секции водозабора для нормальных условий эксплуатации:

$$Q_p = \frac{Q_s}{n}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где  $Q_s$  – полный расход водозаборных сооружений,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$n$  – число секций водозабора.

Расчетный расход воды в одной секции водозабора для аварийных условий эксплуатации:

$$Q_p = \frac{(1 \div 0,01p) \cdot Q_s}{n}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

где  $Q_s$  – полный расход водозаборных сооружений,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$p$  – допускаемое уменьшение подачи воды в аварийном режиме (допускаемое снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды – не

более 30% расчетного расхода);  
 $n$  – число секций водозабора.

### 5.1. Определение размеров водоприемных отверстий

Площадь водоприемных отверстий (брутто) одной секции водозабора (оборудованного решетками):

$$\Omega_{бр} = \frac{1,25 \cdot Q_p \cdot K_{ст}}{V_{ст}}, \text{ м}^2, \quad (3)$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий засорение отверстий решетки;

$Q_p$  – расчетный расход одной секции, м<sup>3</sup>/с;

$K_{ст}$  – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решеток;

$$K_{ст} = \frac{a + d}{a}, \quad (4)$$

где  $a$  – расстояние между стержнями решетки в свету, мм (40-100 мм);

$d$  – толщина стержней, мм (6-10 мм).

$V_{вт}$  – средняя скорость втекания воды в водоприемные отверстия, м/с; для средних и тяжелых условий забора воды без учета требований рыбозащиты допустимая скорость втекания принимается 0,2-0,6 м/с – в береговых незатопляемых водоприемниках, и в затопленных водоприемниках – 0,1-0,3 м/с; с учетом требований рыбозащиты: в водотоках со скоростями течения свыше 0,4 м/с допустимая скорость втекания – 0,25 м/с; в водотоках со скоростями менее 0,4 м/с и в водоемах – 0,1 м/с. Для очень тяжелых шуголедовых условий скорость втекания воды в водоприемные отверстия следует снижать до 0,06 м/с.

В водоприемниках фильтрующего типа площадь водоприемного фильтра можно определять по формуле (3) при значении коэффициента:

$$K_{ст} = \frac{1}{P_{\phi}}, \quad (5)$$

где  $P_{\phi}$  – пористость фильтра, принимаемая для гравийнощебеночных фильтров 0,3-0,5 м и порозластовых – 0,25-0,35 м.

Назначая число и определяя размеры решеток, следует учитывать глубину воды в месте расположения водоприемника и его конструкцию.

Определяют максимальную высоту решетки-  $h$ , м, исходя из условий:

$$h \leq H_{л-p-k-a}, \text{ м}; \quad (6)$$

$$h \leq H_3-p-k-v-\delta_H, \text{ м}, \quad (6')$$

где  $H_{л}$  – наименьшая глубина воды летом, м;

$p$  – порог водоприемных отверстий (расстояние от дна реки до низа водоприемных отверстий), м, ( $p \geq 0,5$  м согл. [1]);

$k$  – расстояние от верха водоприемника до водоприемного отверстия, м, ( $k \geq 0,3$  м);

$a$  – расстояние от верха водоприемника до уровня воды, м, ( $a \geq 0,3$  м согл. [1]);

$H_3$  – наименьшая глубина воды зимой, м;

$v$  – расстояние от верха водоприемника до нижней кромки льда при

наинизшем уровне ледостава, м, ( $v \geq 0,2$  м согл. [1]);

$\delta_H$  – глубина погружения льда под уровень воды, м;

$$\delta_H = \delta \frac{\rho_L}{\rho_B}, \quad (7)$$

где  $\delta$  – толщина льда, м;

$\rho_L = 0,9 \text{ т/м}^3$ ,  $\rho_B = 1,0 \text{ т/м}^3$  – плотность льда и воды соответственно.

После подбора решеток определяется фактическая площадь водоприемного отверстия и фактическая скорость втекания воды, которая должна быть в установленных ранее пределах.

В береговых водоприемниках при наличии двух ярусов входных окон расчет каждого яруса производится на полную производительность водоприемника. В комбинированных водозаборах рассчитываются на полный расход как окна в оголовке, так и входные отверстия в береговом водоприемнике.

При перекрытии водоприемных отверстий рыбозаградительными фильтрами (фильтрующими кассетами, блоками) расчет входных отверстий водоприемников можно производить с учетом биологических особенностей молоди рыб по методу А.С. Образовского в следующей последовательности [6]:

а) находят критическую скорость плавания молоди рыб по приближенной формуле

$$V_{кр} = K_1 \cdot l, \text{ м/с}, \quad (8)$$

где  $K_1 = 5-15$  – ихтиологический коэффициент, зависящий от видового и возрастного состава молоди;

$l$  – длина тела рыбы, м;

б) находят скорость течения воды, поступающей в водоприемник по формуле:

$$V_n = V_b \cdot n, \text{ м/с}, \quad (9)$$

где  $V_n$  – скорость поступления воды в водоприемник, отнесенная ко всей площади отверстия, м/с;

$V_b$  – скорость поступления воды, отнесенная к сжатому сечению, м/с;

$n$  – пористость фильтрующего элемента, равная для порозластовых и керамзитобетонных фильтров 0,3; для каменных фильтров 0,45; для пакетнореечных устройств 0,5; для жалюзийных решеток 0,83;

в) определяют площадь водоприемных отверстий  $\Omega_{бр}$ , при одновременной работе всех секций водозабора (кроме резервных) по формуле

$$\Omega_{бр} = \frac{1,25 \cdot Q_p}{V_n}, \text{ м}^2; \quad (10)$$

г) определяют надежность работы водоприемника, исходя из условий исключения захвата рыб течением в водоприемник

$$V_b \leq V_{кр}$$

и обеспечение уноса рыбы течением от водоприемного отверстия

$$V_b < \frac{V_p}{K_2},$$

где  $V_p$  – скорость течения в водоеме, из которого забирается вода, м/с;

$K_2 \approx 2-4$  – ихтиологический коэффициент.

## 5.2. Расчет самотечных и сифонных трубопроводов

Расчет самотечных и сифонных трубопроводов водозабора производится по величинам допускаемых скоростей при нормальном режиме его работы. Эти скорости, в зависимости от категории водозабора, можно принимать по табл. 14 [1] или по прил. 2. При наличии возможности обрастания труб дрейсеной, мидиями и т.п. расчет потерь напора в трубопроводе следует производить при значении коэффициента шероховатости 0,02.

Число самотечных или сифонных линий должно быть не менее двух.

Потери напора подсчитываются как для нормального режима, так и для аварийного (выключение одной самотечной линии на ремонт или ревизию).

Сифонные трубопроводы согласно [1] допускается применять в водозаборах II и III категории (в водозаборах I категории применение их должно быть обосновано).

Диаметр сифонных водоводов определяется по расходу при нормальном режиме работы водозабора и по скорости движения в них 0,7-1,2 м/с.

Подъем воды в сифонный трубопровод выше уровня воды в источнике происходит под действием атмосферного давления и разряжения в трубопроводе. Высотное положение сифонных трубопроводов (рис. 3) устанавливается исходя из обеспечения их работы при низком расчетном уровне воды в источнике и максимальном заборе воды. Участок сифона от водоприемника до верхней точки сифона (AB) называется восходящим (или всасывающим), а участок BC нисходящим (или напорным).

Наибольшая величина вакуума должна создаваться в верхней точке сифона, в которой устанавливается воздухоотборник, соединенный с вакуум-насосом.

Работа сифонных труб проверяется на возможность пропуска полного расчетного расхода при выключении одной секции на ремонт или ревизию [2].

Допускаемая высота сифона (точка В) над расчетным уровнем в источнике при форсированном режиме:

$$h_{\text{сиф}}^{\text{дон}} = \left( \frac{P_a}{\rho g} - h_t \right) \eta - \left( \frac{\lambda \cdot l_{AB}}{d_{\text{сиф}}} + 1 + \sum_B^A \zeta_m \right) \frac{V_{\text{сиф}}^2}{2g}, \text{ м}, \quad (11)$$

где  $P_a$  – атмосферное давление в данной местности, м (см. приложение 4);

$h_t$  – давление насыщенных водяных паров, м (см. приложение 5);

$\eta$  – коэффициент учета возможности попадания воздуха внутрь сифонного трубопровода через неплотности в соединениях труб и сальниках арматуры, 1,1-1,2;

$\frac{\lambda \cdot l_{AB} \cdot V_{\text{сиф}}^2}{d_{\text{сиф}} \cdot 2g}$  – потери напора по длине сифона от водоприемника до воздухоотборника при форсированном режиме, м;

$\sum_B^A \zeta_m$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений в сифоне, расположенных от т. А до т. В;

$V_{\text{сиф}}$  – скорость воды в сифонном водоводе при форсированном режиме, м/с.

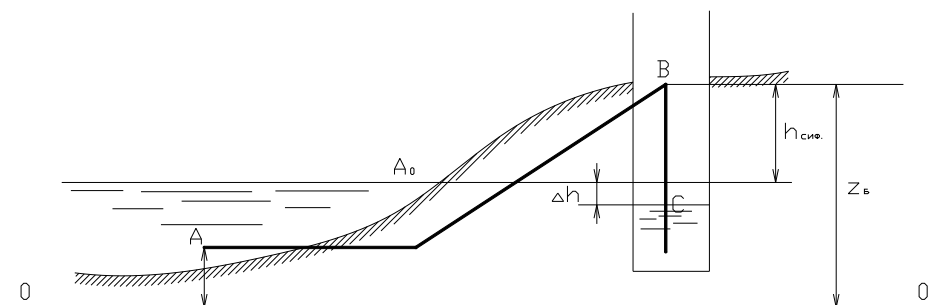


Рис. 3. Высотное положение сифонных трубопроводов

$\Delta h$  – разность уровней воды в источнике и береговом колодце равна общим потерям напора в водоводах и водоприемнике.

Производительность вакуум-насоса для зарядки сифона:

$$Q_{\text{вак-н}} = 2,3 \cdot \eta \cdot \frac{W_c}{t} \cdot \frac{H_a}{H_a - h_{\text{сиф}}}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (12)$$

где  $\eta$  – коэффициент, учитывающий возможность попадания воздуха внутрь сифонного трубопровода через неплотности в соединениях труб и сальниках арматуры, 1,1-1,2;

$W_c$  – объем воздуха в сифоне до зарядки,  $\text{м}^3$ ;

$t$  – продолжительность зарядки сифона, 0,3-0,5 мин;

$H_a$  – высота столба воды, соответствующая барометрическому давлению, м.

Сифоны укладываются с подъемом к береговому колодцу. При небольшой длине сифона удастся давать уклоны 1:200–1:500. При сифонах большей длины в несколько километров возможны уклоны 1:1000 и 1:4000.

### **5.3. Входные камеры затопленных водоприемников**

Для обеспечения равномерности втекания воды и отвода ее к водоприемному отверстию при его промывке обратным током воды, применяются водоприемники с вихревыми камерами. Площадь входной щели в трубчатом вихревом патрубке:

$$\omega_{\text{щ}} = \frac{Q_{\text{в}}}{V_c}, \text{ м}^2, \quad (13)$$

где  $Q_{\text{в}}$  – расход, приходящийся на один патрубок,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$V_c$  – скорость в самотечном водоводе, м/с.

Размеры щели назначаются при конструировании.

Наибольший диаметр в конце трубчатой вихревой камеры:

$$D_{\text{max}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{в}}}{0,785 \cdot V_{\text{max}}}}, \quad (14)$$

где  $Q_{\text{в}}$  – расход, приходящийся на один патрубок,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$V_{\text{max}}$  – наибольшая скорость течения в конце камеры, принимается равной 0,75-1 м/с (она должна быть меньше скорости в самотечной линии).

Длина камеры принимается :

$$L = (6-10)d_c, \text{ м}, \quad (15)$$

где  $d_c$  – диаметр самотечного трубопровода, м.

#### 5.4. Расчет площади плоских или вращающихся сеток берегового колодца

Площадь плоских или вращающихся сеток берегового колодца:

$$\Omega_{\text{бр}} = \frac{1,25 \cdot Q_p \cdot K_{\text{ст}}}{V_{\text{вт}}}, \text{ м}^2, \quad (16)$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий засорение отверстий сетки;

$Q_p$  – расчетный расход одной секции,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$K_{\text{ст}}$  – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий сеткой;

$$K_{\text{ст}} = \left( \frac{a + d}{a} \right)^2, \quad (17)$$

где  $a$  – расстояние между прутиками сетки, мм (для плоских сеток – 20, 35, 45 мм; для вращающихся – 20, 30 мм);

$d$  – толщина прутиков сетки, мм (10, 12 мм);

$V_{\text{вт}}$  – скорость прохождения воды через сетки, м/с (для плоских сеток 0,2-0,4 м/с, для вращающихся – 0,8-1,2 м/с).

После подбора сеток уточняют численное значение скорости течения воды в ячейках сетки по принятой площади сеток.

Вращающиеся сетки применяют в средних, тяжелых и очень тяжелых условиях загрязненности источника, а также при производительности водозабора более  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ .

При наличии рыбозащитных устройств в месте водозабора рабочую площадь плоских или вращающихся сеток следует определять при минимальном уровне воды в сеточном колодце и скорости прохождения воды через отверстия сетки не более 1 м/с.

При применении в качестве рыбозащитных мероприятий фильтрующих элементов или при устройстве водоприемника фильтрующего типа в отдельных случаях следует рассматривать возможность отказа от установки водоочистных сеток.

Усилие, необходимое для подъема плоских сеток при очистке и промывке их вручную:

$$N = (M + h \cdot f \cdot \Omega) \cdot K, \text{ т}, \quad (18)$$

где  $M$  – масса сетки, т;

$h$  – давление воды на  $1 \text{ м}^2$  сетки ( $\approx 0,15-0,3 \text{ т/м}^2$ );

$f$  – коэффициент трения сетки по направляющим ( $\approx 0,44$ );

$\Omega$  – площадь сетки,  $\text{м}^2$ ;

$K=1,5$  – коэффициент запаса.

Для подъема сеток принимают таль или лебедку.

#### 5.5. Определение уровней воды и отметки дна в береговом сооружении

Отметки уровней воды в береговом сооружении водозабора определяются при нормальном и аварийном режимах в приемном и всасывающем отделениях.

При нормальном режиме максимальные и минимальные отметки в приемном отделении берегового сооружения можно определять исходя из максимальных и минимальных уровней воды в реке при заданной обеспеченности и потерях напора на входе:

$$Z_{\text{МАКС}} = Z_{\text{ВУВ}} - \sum h, \text{ м}, \quad (19)$$

$$Z_{\text{МИН}} = Z_{\text{НУВ}} - \sum h, \text{ м}, \quad (20)$$

где  $Z_{\text{ВУВ}}$ ,  $Z_{\text{НУВ}}$  – максимальный и минимальный уровни воды в реке, м;

$\sum h$  – потери напора в водоприемных устройствах, м.

Для русловых водозаборов

$$\sum h = h_p + \sum h_b + \sum h_{\text{дл}} + \sum h_m, \text{ м}, \quad (21)$$

где  $h_p$  – потери напора в решетке, м, 0,1-0,05;

$\sum h_b$  – потери напора в камере водоприемного оголовка, м;

Потери напора в вихревой камере:

$$\sum h_b = \zeta \frac{V_c^2}{2g}, \text{ м}, \quad (22)$$

где  $\zeta$  – коэффициент сопротивления (принимается по приложению 3);

$V_c$  – скорость в самотечной линии при нормальном режиме, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

$\sum h_{\text{дл}}$  – потери напора по длине в самотечной линии, м,

$$\sum h_{\text{дл}} = \frac{l \times 1000 i}{1000}, \quad (23)$$

где  $l$  – длина самотечной линии, м,

1000*i* – гидравлический уклон, определяемый по [13];

$\sum h_m$  – потери напора в местных сопротивлениях самотечных трубопроводов, м,

$$\sum h_m = \sum \xi \frac{V_c^2}{2g}, \quad (24)$$

где  $\xi$  – коэффициент местных сопротивлений, принимается по прил. 3.

Для береговых водозаборов сумма потерь напора равна потерям напора в решетках

$$\sum h = h_p = 0,05-0,1 \text{ м}.$$

При аварийном режиме в русловых водозаборах, рассмотренные выше параметры  $Z_{\text{МАКС}}^{\text{AB}}$ ,  $Z_{\text{МИН}}^{\text{AB}}$ ,  $\sum h_b^{\text{AB}}$ ,  $\sum h_{\text{дл}}^{\text{AB}}$ ,  $\sum h_m^{\text{AB}}$  определяются с учетом расчетных скоростей движения воды при аварийном режиме, когда при аварии на одной из самотечных линий (или при выключении на промывку) вторая линия пропускает полный расход.

В береговых водозаборах при аварийном режиме  $Z_{\text{МАКС}}^{\text{AB}}$ ,  $Z_{\text{МИН}}^{\text{AB}}$  будут такими же, как при нормальном

$$\sum h^{\text{AB}} = h_p^{\text{AB}} = 0,05-0,1 \text{ м}.$$

Отметки уровней воды во всасывающем отделении берегового сооружения будут меньше, чем в приемном, на величину потерь напора в сетке.

При нормальном режиме:

$$Z'_{\text{МАКС}} = Z_{\text{МАКС}} - h_c, \text{ м}, \quad (25)$$

$$Z'_{\text{МИН}} = Z_{\text{МИН}} - h_c, \text{ м}, \quad (26)$$

где  $h_c$  – потери напора в сетке, м, (в плоских – 0,1-0,15 м, во вращающихся сетках – 0,15-0,3 м).

При аварийном режиме:

$$Z'_{\text{МАКС}}^{\text{AB}} = Z_{\text{МАКС}}^{\text{AB}} - h_{\text{C}}^{\text{AB}}, \text{ м}; \quad (27)$$

$$Z'_{\text{МИН}}^{\text{AB}} = Z_{\text{МИН}}^{\text{AB}} - h_{\text{C}}^{\text{AB}}, \text{ м} \quad (28)$$

где  $h_{\text{C}}^{\text{AB}}$  – потери напора в сетке при аварийном режиме, м (в плоских сетках – 0,15-0,25 м, во вращающихся – 0,2-0,4 м).

Отметку дна берегового сооружения водозабора определяют по формуле:

$$Z_{\text{ДНА}}^{\text{C}} = Z'_{\text{МИН}}^{\text{AB}} - h_3 - D_{\text{P}} - h_{\text{Д}}, \text{ м}, \quad (29)$$

где  $Z'_{\text{МИН}}^{\text{AB}}$  – минимальный уровень воды во всасывающем отделении при аварийном режиме, м;

$h_3$  – заглубление раструба всасывающей линии под наименьший уровень воды в сеточной камере, м, (принимается равным  $2D_{\text{P}}$ )

$D_{\text{P}}$  – диаметр раструба всасывающей линии, м (принимается равным  $D_{\text{P}} = (1,3-1,5)d_{\text{вс}}$ ,  $d_{\text{вс}}$  – диаметр всасывающей линии, м);

$h_{\text{Д}}$  – расстояние от низа раструба до дна колодца, м, (принимается  $0,8D_{\text{P}}$ ).

Отметка пола наземной части берегового колодца:

$$Z_{\text{ПОЛА}} = Z_{\text{ПАВОДК.}} + h_{\text{ВОЛНЫ}} + (0,5-1), \text{ м}, \quad (30)$$

где  $Z_{\text{ПАВОДК.}}$  – верхний уровень воды (паводковый), м;

$h_{\text{ВОЛНЫ}}$  – высота волны, м.

### 5.6. Определение отметки оси насосов I подъема

Отметка оси насоса определяется в зависимости от принятой схемы расположения: под заливом или с положительной высотой всасывания. В станциях первой категории, как правило, насосы устанавливаются под залив, при этом отметка оси насоса определяется конструктивно [12].

При выборе отметки оси насосов следует учитывать возможность временного понижения пьезометрического давления в самотечной трубе на величину порядка 1,0-1,5 (вследствие закупорки отверстий водорослями, мусором или внутриводным льдом).

При установке насоса с использованием вакуумметрической высоты всасывания отметка оси насоса:

$$\nabla_{\text{О.Н}} \leq \nabla_{\text{МИН}}^{\text{B}} + H_{\text{ГВ}}, \text{ м}, \quad (31)$$

где  $H_{\text{ГВ}}$  – геометрическая высота всасывания, м, (рис. 4),

$$H_{\text{ГВ}} = H_{\text{ВАК}}^{\text{ДОП}} - \left( h_{\text{ПВ}} + \frac{V^2}{2g} \right), \text{ м}, \quad (32)$$

где  $H_{\text{ВАК}}^{\text{ДОП}}$  – допустимая вакуумметрическая высота всасывания, принимаемая по характеристике насоса, м;

$h_{\text{ПВ}}$  – максимальные потери напора во всасывающей линии (включая коммуникации внутри насосной станции) от приемной воронки до всасывающего патрубка насоса при аварийном режиме;

$V$  – скорость во всасывающем патрубке насоса, м/с.

Кавитационный запас:

$$\Delta h = H_{\text{a}} - H_{\text{вак}}^{\text{дон}}, \text{ м}, \quad (33)$$

где  $H_{\text{a}}$  – атмосферное давление при температуре 20 °С, м. вод. ст. (прил. 4).

При температуре выше 20 °С из величины  $H_{\text{вак}}^{\text{дон}}$  вычитают давление насыщенного водяного пара (прил. 5).

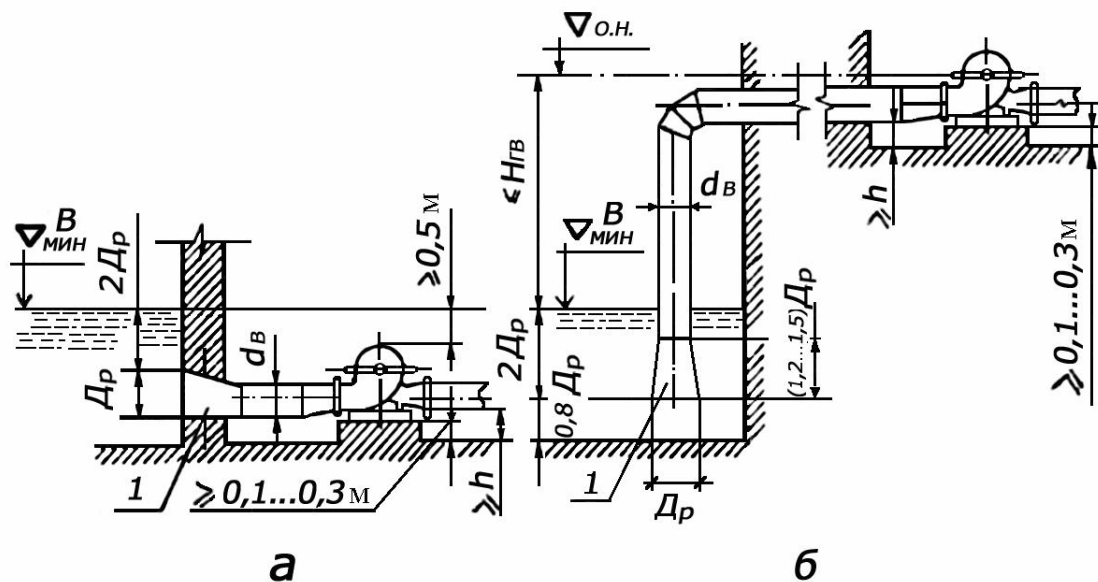


Рис. 4. Расположение насосов: а – под залив; б – с положительной высотой всасывания;

$h$  – расстояние до пола (принимается по табл. 1);

1 – приемная воронка

Учитывая вышеизложенное, в настоящее время для кавитационной характеристики насосов широко используют именно величину  $\Delta h$ , а не  $N_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ . Тогда геометрическая высота всасывания:

$$H_{\text{ГВ}} = 10 - \Delta h^{\text{доп}} - \left( h_{\text{пв}} + \frac{V^2}{2g} \right), \text{ м}, \quad (34)$$

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

## 6. ПРОМЫВКА САМОТЕЧНЫХ ЛИНИЙ И ВОДОПРИЕМНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Скорость движения воды в самотечных линиях составляет 0,7-1,5 м/с и превосходит незаиляющую, однако в них имеет место образование осадков, причинами которого служат временные превышения расчетного количества взвеси в воде, изменение ее крупности, снижение скоростей движения воды в трубопроводах и т. п.

Промывка может быть прямая и обратная.

Прямая промывка обеспечивает транспорт наносов по самотечным линиям в береговые сооружения водозабора, откуда их удаляют специальными насосами или гидроэлеваторами.

Промывка осуществляется за счёт повышения скорости в трубопроводе при выключении из работы одной из самотечных линий или увеличении забираемого расхода.

Промывную скорость течения воды можно определить по формуле (12), приняв  $A=10$ .

При обратной промывке промывная вода подаётся по трубе от напорных

водоводов насосной станции и внутри берегового колодца подводится к каждой самотечной линии.

При определении диаметра труб коммуникаций для промыва самотечных труб и решёток водоприёмника обратным током воды следует иметь в виду, что подача на промывку увеличенных расходов воды за счёт снижения подачи потребителю может быть допущена только в исключительных случаях и лишь кратковременно (например, на промывку сороудерживающих решёток).

Для интенсификации помывки решёток (рыбозаградительных фильтров) используют импульсную промывку. Для импульсного промыва в береговом сооружении водозабора располагают вакуум-стояки диаметром  $D$ , присоединённые к самотечным трубам перед задвижками. В верхней части стояков к заглушке присоединяют задвижку диаметром  $d$  и клапан для впуска воздуха. Воздух из стояка при закрытой задвижке на самотечной линии откачивается вакуум-насосом и уровень воды поднимается на высоту  $Z_1$  (выше расчётного уровня воды в реке).

При срыве вакуума открытием клапана для впуска воздуха по самотечной линии следует волновой импульс, который воздействует на всю решётку независимо от степени её засорения, а оторванный сор уносится течением в реке. Диаметр стояка  $D$  целесообразно назначать равным диаметром самотечной линии или несколько большим, а диаметр клапана для впуска воздуха равным  $0,2-0,17D$ . Для впуска воздуха в вакуум-стояк можно применять быстродействующий клапан или пробковые клапаны большого диаметра.

## 7. УДАЛЕНИЕ ОСАДКА ИЗ БЕРЕГОВОГО КОЛОДЦА

В приемном отделении берегового сооружения водозабора устраиваются приямки для сбора осадка. Глубина приямка принимается  $0,5-0,8$  м для малых колодцев и до  $1,5$  м – для больших. Дно секции берегового сооружения выполняется с уклоном к приямку  $0,07-0,1$ . Осадок удаляется при помощи гидроэлеватора или центробежного насоса.

Насос подбирается по необходимой часовой производительности:

$$Q_{oc} = \frac{W \times K_p}{t}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (35)$$

где  $W$  – объем осадка, подлежащий удалению из приямка,  $\text{м}^3$

$K_p$  – коэффициент разбавления ( $K_p=1,5-2,0$ );

$t$  – время работы насоса, ч, (время работы центробежного насоса принимается  $0,5-1$  ч, гидроэлеватора –  $2-36$  ч).

Необходимый расход рабочей воды, подаваемой к гидроэлеватору:

$$Q_{p.v.} = \frac{q \cdot h}{\eta \cdot (H - h)}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (36)$$

где  $q$  – производительность гидроэлеватора,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$h$  – высота сбросной линии гидроэлеватора, м;

$\eta=0,1-0,2$  – коэффициент полезного действия гидроэлеватора

$H$  – напор воды, подаваемой к гидроэлеватору, м.

По количеству  $Q_{p.v.}$  и скорости движения  $V_{p.v.}$  рабочей жидкости в

гидроэлеваторе ( $V_{p.v.}=1,5$  м/с) можно определить его диаметр.

Гидроэлеваторы применяются в водозаборных сооружениях малой и средней производительности (при значительных колебаниях горизонта воды в источнике).

Насосы для удаления наносов применяют в водозаборных сооружениях большой производительности. Наиболее подходящими насосами являются канализационные фекальные, имеющие значительные зазоры между лопастями рабочих колес.

## 8. ДРЕНАЖНЫЕ НАСОСЫ

Дренажные насосные установки предназначены для откачки из подземной части насосной станции грунтовых вод, фильтрующихся через стены здания, утечек через сальники насосов и воды, изливающейся при ремонте оборудования. Для сбора дренажных вод в машинном зале (как правило, под монтажной площадкой) устраивается дренажный колодец. Объем колодца принимают равным подаче дренажного насоса в течение 10-15 мин. Вода к колодцу подводится лотками, расположенными у стен. Пол делается с уклоном в сторону лотков (0,002-0,005). В насосных станциях первого подъема с забором из открытого водоисточника дренажная вода откачивается обратно в нижний бьеф водоема. Глубина заложения насосной станции определяет статический напор дренажных насосов, а гидравлические потери принимаются равными 2-4 м.

Подача дренажных насосов:

$$Q_{др} = (1,5 - 2,0) \cdot (\sum q_1 + q_2), \text{ л/с}, \quad (37)$$

где  $\sum q_1$  – суммарные утечки через сальники, по 0,005-0,010 л/с на каждое сальниковое уплотнение;

$q_2$  – фильтрационный расход через стены и пол здания который ориентировочно определяют по формуле

$$q_2 = 1,5 + 0,001 \cdot W, \text{ л/с} \quad (38)$$

где  $W$  – объем части машинного зала, расположенный ниже максимального уровня грунтовых вод,  $\text{м}^3$ .

В качестве дренажных удобно использовать насосы ВКС или погружной центробежный насос ЦМК. Дренажных насосов устанавливают не менее двух (один резервный). Запуск и выключение насосов производится автоматически от поплавковых реле уровней в дренажном колодце. Насосы ВКС устанавливают на фундаментах, а ЦМК и ГНОМ опускаются в приямок.

## 9. СИСТЕМА АВАРИЙНОГО ОСУШЕНИЯ МАШИННОГО ЗАЛА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Для осушения машинного зала в случае его затопления при выходе из строя насоса, запорной арматуры или трубопровода, для опорожнения всасывающих водоводов и приемных камер при ремонте предусматривается система осушения. Возможны следующие схемы осушения:

- откачка воды из приемка основными насосами производственного назначения;
- осушение моноблочными погружными насосами типа ГНОМ или ЦМК – 16/27, которые опускаются в затопленный машинный зал или опорожняемую камеру водоприемно-сеточного колодца;
- использование в качестве осушительного погружного скважинного насоса типа ЭЦВ (насос размещается в колодце необходимой глубины, в который из машинного зала и водоприемных камер выводятся самотечные трубопроводы, оборудованные запорной арматурой).

В малых не автоматизированных насосных станциях дренажные воды можно откачивать основными насосами. Для этого к всасывающему патрубку одного из насосов подсоединяют трубу диаметром 15-20 мм с вентилем, которая свободным концом опускается в дренажный колодец (приямок). Основные насосы устанавливаются под залив от максимального уровня в приемном резервуаре, поэтому необходимый вакуум во всасывающей трубе может возникать только при малых уровнях в приемном резервуаре или после прикрытия задвижки на всасывающей трубе насоса. После откачки дренажных вод из колодца во избежание попадания воздуха в насос перекрывают вентиль на малой трубе. Эту же схему можно предусматривать для откачки воды из машинного зала при аварии на трубопроводах внутри насосной станции.

Для облегчения эксплуатации осушительные насосы устанавливаются рядом с дренажными.

Производительность аварийных осушительных насосов следует определять при условии откачки воды из машинного зала слоем 0,5 м в течение не более двух часов и предусматривать один резервный агрегат.

$$Q_{aon} = \frac{0,5 \cdot F}{3,6 \cdot t}, \text{ л/с}, \quad (39)$$

где  $F$  – площадь машинного зала,  $\text{м}^2$ ;

$t$  – время откачки в часах (не более 2 ч).

Напор осушительных насосов принимается на 2-4 м больше заглубления насосной станции.

Применение в качестве осушительных насосов типа ГНОМ или ЦМК одновременно решает задачу грязеудаления.

## **10. РЫБОЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Главные требования, предъявляемые к рыбозащитным устройствам: гарантированный (бесперебойный) пропуск воды; эффективная рыбозащита; надежность функционирования при доступных средствах эксплуатации (простота конструкции, автоматическое действие и т. д.).

Рыбы, находясь в потоке воды, как правило, двигаются против течения. Течение воды – основная причина попадания рыб в водозаборные сооружения.

Рыбозащитными называются сооружения, предназначенные для защиты рыб от источника опасности путем предотвращения их попадания на опасные участки, отвода от этих участков в рыбообитаемый водоем с последующим

обеспечением их выживаемости.

В зависимости от функциональных признаков рыбозащитные сооружения делятся на заградительные, отгораживающие и отводящие [5].

В заградительных сооружениях используются различные рыбозаградительные непроницаемые экраны (сетчатые и перфорированные заграждения, фильтрующие отсыпки и кассеты и др.) и проницаемые (воздушно-пузырьковые, электрические и акустические, а также заградители, основанные на зрительно-световых эффектах).

Применение заградительных экранов возможно только в тех случаях, когда скорость подхода воды к водоприемникам меньше скорости, при которой молодь рыб способна покинуть область питания водозабора.

Сохранность молоди рыб обеспечивается при скорости подход воды менее 0,1 м/с.

Эффективными рыбозащитными экранами являются фильтрующие водоприемники.

Фильтрующие кассеты и плиты выполняются в виде пространственной рамы с решетчатыми стенками. между которыми уложен фильтрующий материал; кассеты устанавливаются в пазы отгораживающего сооружения. Их периодически необходимо поднимать над уровнем воды для очистки и промывки. Для загрузки кассет используют керамзит с крупностью зерен  $d=20-30$  мм (пористостью  $p=0,45$ ) и  $d=40-60$  мм ( $p=0,50$ ), пластмассовые, резиновые и деревянные шарики. Рекомендуемая толщина кассет с зернистой загрузкой  $b_k=(3-5)d$ .

У фильтрующих кассет с увеличением скорости фильтрации воды быстро возрастает колюматация. Поэтому скорость фильтрации через кассеты не должна превышать 0,1 м/с. .

На некоторых водозаборах нашли применение пакетно-реечные деревянные рыбозащитные кассеты [4]. Они представляют собой панель, собранную из 2-4 пакетов деревянных (перекрывающихся) реек прямоугольной или квадратной формы поперечного сечения. Внешний, омываемый речным потоком пакет состоит из 2-3 слоев реек сечением  $13 \times 13$  мм, расположенных с шагом 25 мм. Этот пакет имеет наименьший размер ячеек. Средний пакет состоит из реек  $25 \times 25$  мм с шагом 50 мм, а внутренний из реек  $50 \times 50$  мм с шагом 100 мм.

Пакеты плотно прижаты один к другому и стянуты металлической рамой, вставляемой в направляющие пазы водоприемных окоп. Кассеты такой конструкции надежно обеспечивают защиту рыбы, задерживают сор, не закупориваются и легко промываются обратным током воды. Пористость их  $p=0,5$ , вес в набухшем состоянии –  $160-170$  кг/м<sup>2</sup>. Скорость фильтрования через них воды - 0,1-0,12 м/с.

Серьезный недостаток рыбозаградительных устройств с непроницаемым экраном – постоянное загрязнение отверстий в экранах сором, взвесями, водорослями из водоемов.

Все заградительные проницаемые экраны способны при определенной интенсивности вызывать у особей болевые или неприятные ощущения и, как следствие этого, стойкую реакцию избегания. Однако при небольшой интенсивности раздражителей реакция избегания у рыбы нестабильна, а при

увеличении интенсивности вероятны ситуации, чреватые массовой гибелью молоди и даже возникновением опасности для людей. Существенный недостаток проницаемых экранов в виде различных физических полей - невозможность решения при их использовании вопроса отвода задержанной молоди рыбы от источника опасности. В то же время такие заградители успешно применяются в комплексе, обеспечивая дополнительный отпугивающий эффект.

Отгораживающие сооружения – это рыбозащитные устройства, позволяющие отделить зону обитания рыб от места водозабора с помощью запаней, стационарных и перемещающихся зонных ограждений, зонтичных оголовков, глубинных и поверхностных оголовков водозаборов и т. д. Для ограничения заплыва молоди рыб из мест их обитания в водозаборные сооружения применяются как простые устройства - запани, забральные стенки (опущенные под уровень воды на 1-1,5 м водонепроницаемые щиты), экраны (бетонные перегородки, полотна и мембраны из прорезиненных тканей, пленок и др.), различные зонные ограждения, зонтичные оголовки, так и более сложные - водозаборы с перемещающимися по высоте оголовками, вертикально перемещающиеся водонепроницаемые ограждения и т. д. Следует отметить, что простые отгораживающие рыбозащитные устройства могут использоваться только в таких экологических ситуациях, когда распределение рыб в водоеме (главным образом вертикальное) известно и незначительно изменяется во времени. При вертикальном распределении личинок и мальков рыб нужно учитывать не только пассивное их поведение, связанное с определенной плотностью и плавучестью рыб, но и активные поведенческие реакции, обусловленные дыханием, питанием и защитой от хищников.

Перемещающиеся экраны отличаются от стационарных тем, что при изменении их вертикального положения становится иным и местоположение водозаборного окна. Экраны-ограждения должны быть снабжены козырьками и устройствами для создания течения вдоль экранов с целью отвода рыбы.

Зонтичные рыбозащитные устройства выполняются в виде цилиндра – короба или конуса с верхними крышками, закрепленными на вертикально установленный оголовок водозабора. Стенки ограждения ограничивают водозабор с верхних и боковых слоев, где главным образом обитает молодь.

Отводящий (экологический) способ защиты рыб базируется на применении естественно образующегося или искусственно создаваемого в определенной зоне подвода воды к водозабору с повышенной концентрацией покатных рыб с целью их отбора из этих зон в рыбоотводящий тракт и доставления по нему в рыбообитаемый водоем. Данный способ основан на использовании воздействия продольных, поперечных, горизонтальных и вертикальных течений на сносимую молодь. Правильные компоновка водозаборной части и рыбоотводящего узла и подбор их геометрических и скоростных параметров обеспечивают организацию пропуска скатывающейся молоди по специально устраиваемому обходному рыбоотводящему тракту, минуя место забора воды.

## 11. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С НАНОСАМИ

В процессе забора воды из источника водоприемные отверстия могут закупориваться наносами, шугой, внутриводным льдом, сором и обрастаниями. Для предотвращения этих явлений перед водозаборами на равнинных реках строят струенаправляющие дамбы или устанавливают щиты Потапова для регулирования русла и режима движения наносов. На водозаборах из рек с большим содержанием наносов перед водоприемными окнами предусмотрено устройство специальных промывных карманов и отверстий, каналов для удаления осевших наносов и др.

Отрицательный эффект руслоформирующих процессов проявляется в отложении наносов у водоприемников, повышении отметки дна реки у водоприемных окон до уровня порога и даже выше и вовлечении наносов внутрь водозаборных сооружений. Другим проявлением руслоформирующих процессов может стать размыв русла с подмывом водоприемников и самоотечных линий, что случается гораздо реже.

Для малых водозаборов с раструбными оголовками заметный эффект (особенно на горных реках) уменьшения мутности забираемой воды дает устройство водоприемных отверстий против течения воды в реке (угол отвода речного потока  $\alpha=0^\circ$ ). Обязательным условием при этом является превышение скорости речного потока  $V_p$  над входной скоростью водоприемника  $V_v$  ( $V_v < V_p$ ).

Уменьшению количества забираемой из источника взвеси способствуют:

- применение специальных водоприемников, выделяющих часть взвешенных веществ непосредственно при отборе воды;
- фильтрация воды на водоприемниках;
- осаждение взвеси в пойменных отстойниках-водохранилищах.

Сифонные водоприемники с горизонтальными окнами, обеспечивающие восходящий прием воды, улучшают ее качество и по взвешенным, и по плавающим веществам. Достигается это благодаря большему, чем на водозаборах с вертикальными окнами, заглублению водоприемных окон, что чрезвычайно важно при малой глубине воды в источнике, и выделению из воды взвешенных веществ на восходящем участке сифона. Скорость потока на данном участке должна быть меньше гидравлической крупности отделяемых наносов. Сифонные водоприемники устанавливают как на береговых, так и на русловых водозаборах.

Приплотинные водозаборы не только обеспечивают более высокую надежность отбора воды, но и снижают ее мутность за счет предварительного отстаивания в водохранилище. В малых водохранилищах и прудах летом, особенно в период паводков, в воде нередко содержится повышенное количество взвешенных и плавающих веществ (водоросли, трава, листья, кора деревьев и т. д.), и, следовательно, возникает необходимость дополнительной ее очистки. Поэтому в комплекс водозаборов включают специальные сооружения, позволяющие совмещать технологию отбора и очистки воды. Водоочистное сооружение в этом случае представляет собой шлюз-отстойник из двух-трех секций с водосборной камерой в каждой секции с попутным (поверхностным) отбором осветленной воды. Вода из водосборных камер

отводится самотечными трубопроводами или отбирается насосами (встроенными в тело плотины).

Водоприемные окна водозабора являются входными отверстиями отстойника и перекрываются сороудерживающими решетками и сетками, а также шиберами. Каждая камера отстойника имеет систему попутного отбора воды в виде лотков или дырчатых труб, закрытых сверху перевернутым желобом с заглубленными в воду бортами. Такая система водоотбора предотвращает попадание в водопровод плавающих веществ. Удаление наносов из отстойников осуществляется без остановки водозабора. Для этого днище отстойника выполняют с уклоном по ходу движения воды, а в его задней стенке делают придонные отверстия (щели) с шиберами или сбросные трубопроводы с задвижками. Каждая секция промывается отдельно. При опускании шибера на входе в секцию при открытых сбросных отверстиях уровень воды в ней снижается, и создается придонный поток с большой размывающей и транспортирующей способностью, который обеспечивает сброс осадка. После чего секция снова продолжает работать.

Другая разновидность водоочистного устройства на водозаборах - шлюз с фильтрующей загрузкой. Из-за вероятности чрезмерно большой грязевой нагрузки на фильтр в периоды паводков должна быть предусмотрена возможность его кратковременного отключения. Регенерация такого фильтра проводится смывом отложений поверхностным потоком воды (как в предыдущем случае), а также путем декольматации фильтрующих грунтов. Гидравлической декольматации благоприятствует самотечная подача воды на поверхность регенерируемой загрузки.

При заборе воды из источников с высокой мутностью используется предложенный И. С. Бабаевым [4] водоприемник-осветлитель - понтонное наплавное устройство с донными или бортовыми водоприемными окнами, на котором смонтирован осветлительный блок с тонкослойными полочными элементами из полимерных материалов, и системой сбора воды. Вода, пройдя через решетку и сетку и водоприемных окнах (ячейках), попадает на осветлительные тонкослойные элементы, где при скорости потока 0,01-0,1 м/с значительная часть взвеси отделяется, и далее через буферную зону - в водосборную систему в виде желобов с треугольными водосливами. Масса отделяемых твердых частиц из тонкослойных элементов непрерывно сползает в речной поток и транспортируется им вниз по течению. Производительность водоприемника регулируется изменением величины его осадки путем частичного затопления водой верхних понтонов или применения иного балласта.

Подача воды от водоприемника в береговой колодец осуществляется самотеком или с помощью насосов. Водоприемник работает устойчиво при волнении не более 1 балла. Такие водоприемники годятся для использования на реках и каналах при глубине потока более 3 м.

Высокий технологический эффект (30-60%) обеспечивается при мутности исходной воды более 500-1000 мг/л и достигается в основном за счет выделения частиц с гидравлической крупностью более 15 мм/с. Одновременно предотвращается попадание в водозабор листьев, щепы и других плавающих веществ. Такие водоприемники рекомендуется эксплуатировать при

положительной температуре воды в источнике.

## **12. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ВОДОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ОТ ШУГИ И ОБМЕРЗАНИЯ**

Главное условие, гарантирующее при наличии шуги в источнике надежный прием из него воды, - правильный выбор места расположения водозаборных сооружений, типа водозабора и его конструктивных элементов.

Хорошим средством защиты водозаборных сооружений от шуги служит обеспечение очень малых скоростей поступления воды в водоприемные устройства. При этом чем интенсивнее происходит шугообразование в речной воде, тем меньшей должна быть скорость ее поступления (0,005-0,01 м/с).

При малом количестве шуги в реке и небольшой производительности водозабора надежным средством может стать применение сороудерживающих решеток из гидрофобных материалов (каучука, эбонита, дерева, резины) или из металлических стержней с гидрофобными покрытиями (каучуком, резиной, битумом, асфальтом и т. д.), специальных водоприемных устройств (оголовков) типа фильтрующих, деревянных ряжевых и использование плавучих ограждающих устройств (шугоотбойников) в виде запаней в сочетании с невысокими скоростями поступления воды в водоприемные устройства.

При среднем количестве шуги в реке и небольшой и средней производительности водозаборов помимо применения вышеперечисленных средств следует предусматривать дублирование водоприемных устройств (оголовков), располагать их друг от друга на расстоянии, исключающем возникновение одновременного перерыва забора воды [4].

Для водозаборов средней и большой производительности в этих условиях целесообразно использовать электрообогрев стержней сороулавливающих решеток либо подогрев воды избыточным паром или теплой водой непосредственно перед входными отверстиями водозабора. Обычно обогревают решетки на водозаборах берегового типа и практически не прибегают к этому способу в русловых водозаборах по причине недоступности их входных отверстий в зимний период. Русловые водозаборы должны быть оборудованы промывными устройствами, позволяющими в любое время освободить самотечные или сифонные водоводы и решетки оголовков от шуги и сора.

При большом количестве шуги в реке и небольшой или средней производительности водозаборов вполне пригодны те же способы защиты, что и при среднем количестве шуги, но с условиями забора воды в двух створах, расположенных на расстоянии, исключающем одновременный перерыв в подаче воды.

При большой и средней производительности водозаборов следует устраивать водоприемные ковши, гарантирующие надежную защиту водозабора от шуги и донного льда.

При электрообогреве решеток в качестве нагревательного элемента используются сами решетки. Для этого к их стержням подводится напряжение (обычно 50-150 В), и проходящий по стержням ток нагревает решетку; закупорка шугой исключается.

Продувка воды перед решетками подогретым воздухом или паром предотвращает также обмерзание сеток, особенно вращающихся. Ориентировочно расход пара на обогрев решеток составляет для подогреваемой воды 0,15-0,20 кг/м<sup>3</sup>.

Для освобождения решеток от шуги используется также их обратная промывка. При интенсивном шугоходе периодичность обратной промывки достигает иногда 2-3 ч, что значительно увеличивает расход воды на собственные нужды системы. В таких случаях наиболее эффективна импульсная обратная промывка.

Бесперебойное функционирование водоприемных устройств обеспечивают водовоздушные завесы для борьбы с шугой на оголовках. Сущность способа пневмозащиты заключается в создании водовоздушной завесы, ограждающей акваторию водоприемника. По дну реки на некотором удалении от водоприемника укладывают перфорированные воздухопроводы диаметром 50-100 мм с отверстиями 2-4 мм и шагом  $\approx 25$  см. Сжатый воздух, вытекая из перфорированных труб, образует зону восходящих потоков, которые выносят шуголедовые массы на поверхность воды, предотвращая их вовлечение в водоприемные окна. При средней скорости реки  $V_p = 0,5$  м/с и глубине потока  $H = 3,5$  м хороший эффект шугозащиты достигается при расходе воздуха  $q_v = 1$  м<sup>3</sup>/мин·м. На границе зоны распространения водовоздушных потоков смерзшиеся массы шуги легко разрушаются и отклоняются при движении в стороны от водоприемников.

Защитить водозаборы от шуги можно за счет раннего ледостава в акватории расположения водоприемника и предупреждения проникновения шуги в эту акваторию. Ускорение ледостава в ковшах и в руслах рек на водоприемных оголовках достигается установкой шугоотбойных запаней или шугоотбойных шпор.

На береговых водоприемниках в качестве шугоотбойных устройств нередко применяются шпоры из каменной наброски, возвышающиеся на 0,5-1 м над минимальным горизонтом шугохода.

Для защиты водозаборов от шуги, взвешенных наносов, а также для рыбозащиты устраивают водозаборы с фильтрующими водоприемниками.

Существует несколько типов фильтрующих водоприемников, отличающихся составом фильтрующего материала, компоновкой и расположением фильтрующих элементов и т. д.

Такие водоприемники реализуются в виде фильтрующих, инфильтрационных, инфильтрационно-фильтрующих и комбинированных модификаций в различном конструктивном исполнении (оголовки, дамбы, откосы, ковши, галереи и др.), выполненных из природных (щебень, гравий, каменно-песчаные смеси и др.) и искусственных (керамзит, пенопласты и др.) материалов.

Обычные фильтрующие водоприемники представляют собой простейшие типы оголовков (раструбные, ряжевые или свайные), водоприемные отверстия которых обсыпают рваным камнем или галечником, выполняющим роль фильтра.

Применение связующих материалов (например, эпоксидных смол)

позволяет делать фильтры в виде жестких водопроницаемых плит, а использование искусственных фильтрующих материалов (например, полистирола) способствует усовершенствованию фильтрующих водоприемников и повышению их водоочистных свойств.

### 13. БИООБРАСТАНИЕ НА ВОДОЗАБОРАХ И БОРЬБА С НИМ

Водоприемные окна с сороудерживающими решетками, самотечные, всасывающие и напорные трубопроводы на водозаборах (особенно на зарегулированных источниках) подвержены внутреннему обрастанию гидробионтами, среди которых наиболее часто присутствует моллюск дрейссена. Обрастание это бывает нередко значительным и приводит к заметным потерям напора.

Эффективное и доступное средство предупреждения обрастания - предварительное хлорирование воды перед водоприемными отверстиями. Дозы хлора устанавливают в зависимости от видов гидробионтов, преобладающих в той или иной географической зоне. Обрастание водозаборных сооружений предотвращается уже при остаточном содержании хлора в воде до 0,3 мг/л. Предварительное хлорирование на водозаборах имеет многоцелевое назначение: борьбу с гидробионтами, улучшение качества воды, рыбозащиту.

Если избежать попадания и развития дрейссены в водозаборах не удастся, принимаются меры по ее удалению. В этом случае в водозаборах хозяйственно-питьевого водоснабжения наиболее надежным средством является хлорирование [4].

Хлорирование с оптимальной периодичностью обеспечивает гибель моллюсков на определенной стадии их развития и последующее удаление из системы смывом. Осуществляют это мероприятие в теплое время года в периоды максимального развития дрейссены (практически 2-3 раза в год), не допуская, чтобы их размер превысил 2-3 мм. Личинки дрейссены погибают при воздействии на них в течение 8 ч дозы хлора 0,5-1,5 мг/л. Максимального эффекта добиваются при дозе хлора до 5 мг/л и продолжительности его воздействия не менее 7 сут.

Хлор вводят в 30-40 см перед сороудерживающими решетками. Содержание хлора после насосов I подъема должно составлять около 2 мг/л. При этом необходимо принятие мер предосторожности, направленных на предупреждение отравления рыбы.

При периодическом хлорировании отмирающая масса дрейссены в большом количестве попадает в водоприемные камеры насосных станции I-го подъема и на очистные сооружения, забивая в первую очередь распределительные системы камер хлопьеобразования и вызывая осложнения в водоснабжении.

Для ликвидации обрастания применяется также теплая вода. Установлено, что при подаче теплой ( $>45^{\circ}\text{C}$ ) воды в течение 10 мин. все водные организмы погибают.

К другим способам борьбы с биообрастаниями водозаборов относятся купоросование воды, нанесение на поверхность конструкции специальных

красок и иных покрытий и др. Однако не все они годятся для систем хозяйственно-питьевого водоснабжения.

## **14. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

На конструирование отдельных элементов водозабора существенно влияние оказывают способы производства их строительных работ.

Строительство берегового колодца в большинстве случаев осуществляется методом опускного колодца (при насыщенных водой песчаных и сыпучих грунтах). При скальных грунтах и прочих водонепроницаемых породах применяют взрывной метод с последующей разработкой грунта.

Береговые колодцы следует располагать на незатопляемых отметках берега. При расположении берегового колодца на пологом берегу, заливаемом в половодье на 1-3 м, предусматривают обсыпку его грунтом (на 0,5 м выше максимального уровня с учётом высоты наката волны), а площадки у насосной станции - выше на 0,7 м.

Береговые колодцы наиболее часто оборудуются плоскими съёмными водоочистными сетками. Недопустима замена съёмных сеток приёмными сетками на конце всасывающих трубопроводов (из-за сложности их очистки). Объём воды в каждой секции колодца при минимальном расчётном её уровне должен быть определён из условий запуска насосов и совместной работы самотечных и всасывающих трубопроводов и берегового колодца и не должен быть менее 30-35- кратного секундного расхода воды, забираемой насосами из секции.

Высота слоя воды в береговом колодце должна быть достаточной для расположения под минимальным уровнем воды приёмных воронок всасывающих труб.

Водозаборные сооружения совмещённого типа устраивают чаще с вращающимися водоочистными сетками.

Конструкции затопленного водоприёмника также в значительной мере зависит от принятого способа его строительства.

Деревянные ряжевые водоприёмники применяют в богатых лесом районах. Собранный на берегу ряж со встроенными в него уширениями самотечных труб транспортируют в плавучем состоянии к месту установки и опускают на подготовленное основание путём загрузки клеток ряжа камнем.

На судоходных и лесосплавных реках предпочтение должно быть отдано бетонным водоприёмникам в железобетонном или стальном корпусе, используемым как стальная опалубка для подводного бетонирования. Изготовлённый на берегу корпус водоприёмника со встроенными уширениями самотечных труб в плавучем состоянии (с понтонами или без них) транспортируются к месту установки, опускается на подготовленное основание путём затопления и заполняется бетоном методом подводного бетонирования. Патрубки водоприёмника присоединяют муфтами к самотечным трубопроводам.

Заглубление водоприёмника под дном реки должно быть не менее

глубины возможного размыва дна. Самотечные линии обычно выполняются из стальных труб, которые покрываются антикоррозийным покрытием и укладываются ниже уровня дна водоема не менее чем на 1,0 м (сплавные реки). Обсыпка труб и ее защита от размыва у места сопряжения с водоприемными оголовками должна быть ниже верха последних не менее чем на 0,7 м.

Засыпку траншей самотечных трубопроводов и пазух котлована у водоприёмника, а также крепление дна выполняют подводными способами.

Затопленный водоприёмник может быть двухсекционным и трёхсекционным, а для водозаборов с большим числом трубопроводов водоприёмник делают из двух или более частей.

Для водозаборов производительностью 1-1,5 м<sup>3</sup>/с и более применяют водоприёмники с вихревыми камерами. Введение вихревой камеры в конструктивную схему обеспечивает равномерность втекания воды и подвода её к отверстию при его промывке обратным током воды по всем водоприёмным отверстиям.

Расстояние между самотечными и сифонными линиями должно быть от 0,7 до 1,5 м. Самотечные и сифонные трубопроводы не должны иметь резких поворотов. Обычно самотечные линии укладывают горизонтально с прямым или обратным уклоном, сифонные с подъемом 0,001-0,005 к высшей точке сбора и удаления воздуха.

## **15. МЕРОПРИЯТИЯ ПО УКРЕПЛЕНИЮ БЕРЕГА И ДНА РЕКИ**

Дно и берег реки непосредственно у водозабора обычно крепятся каменной наброской, бетонными или железобетонными плитами и т.п., в зависимости от прочности грунтов и размывающих скоростей в русле реки. При этом очень важно учесть наличие на месте материалов – камня, гравия и др.

Для долговечности берегового крепления в его основании закладывается подготовка, которую делают в виде обратного фильтра (из песка и гравия).

Крепление берега производится обычно на расстоянии 100-150 м выше водозабора и на 50-100 м ниже его.

Схема укладки железобетонной плиты для крепления откосов:

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Железобетонная плита      | 6 |
| Крупный гравий (10–15 см) | 5 |
| Мелкий гравий (10 см)     | 4 |
| Крупный песок (1 см)      | 3 |
| Мелкий песок (0,5– 1 см)  | 2 |
| Сплошной шпунтовый риф    | 1 |

Плиты укладываются снизу вверх с устройством соединений между ними и заполнением швов. Выступ отдельных плит над соседними не должен превышать 1 см.

## 16. КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ В НАСОСНОЙ СТАНЦИИ I ПОДЪЕМА

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

- надежность действия;
- удобство, простота и безопасность обслуживания;
- минимальная протяженность трубопроводов и простота их узлов;
- возможность расширения станции.

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

1. Выбирают схему расположения насосных агрегатов в машинном зале (рис. 5).
2. Компонуют всасывающие и напорные трубопроводы в машинном зале.
3. Выполняют гидравлический расчет трубопроводов, подбирают арматуру и фасонные части. Тип и размеры арматуры принимаются по справочной литературе [14,15].
4. Подбирают вспомогательное насосное и другое технологическое оборудование.
5. Определяют габариты машинного зала.

### *16.1. Выбор схемы расположения фундаментов агрегатов*

В водопроводных насосных станциях насосные агрегаты в основном располагаются параллельно и перпендикулярно продольной оси здания, либо по дуге, что позволяет уменьшить ширину машинного зала, последнее характерно для заглубленных и глубоких насосных станций первого подъема (глубиной более 7-8 м), имеющих круглую форму в плане, которые сооружаются методом опускного колодца.

Если понижение уровня грунтовых вод (уровня воды в водоисточнике в межень) допускает строительство насосной станции в открытом котловане. В этом случае её удобней проектировать прямоугольной в плане. Тогда при большом количестве агрегатов (более 4-5) целесообразно двухрядное размещение агрегатов.

На рис. 6 показаны некоторые варианты размещения агрегатов в машинном зале [12]. Расстояние между фундаментами насосных агрегатов, а также между агрегатами и стенами зданий должно назначаться с учетом требований п. 12.2 [1]. Ширину проходов между выступающими частями насосов, трубопроводов и двигателей (рис. 7) следует принимать не менее: а – между агрегатами, 1 м; в – между агрегатами и стеной, 0,7 м; с – между неподвижными частями оборудования и трубопроводами, 0,7 м; n, m – соответственно длина насоса и электродвигателя.

У насосов с торцевым разъемом и у большинства электродвигателей вал с рабочим колесом или вал с якорем электродвигателя при разборке выдвигается наружу по направлению оси агрегата. Длина вала приблизительно равна длине насоса или электродвигателя, соответственно. Для больших насосов, ремонт

которых производится без демонтажа насоса или электродвигателя, расстояние между агрегатами и стенкой должно приниматься на 0,25 м больше длины вала насоса или электродвигателя.

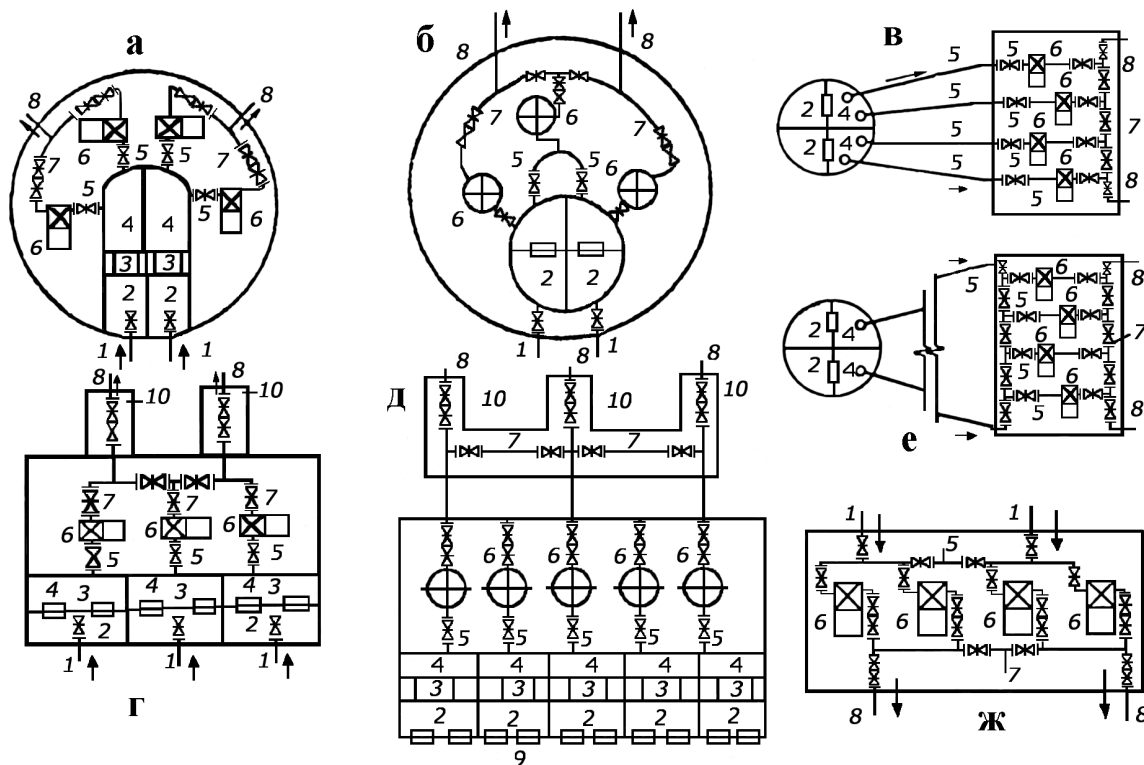


Рис. 5. Варианты компоновки основного оборудования в насосной станции: а,б,г – станции, совмещенные с береговым колодцем в водозаборах руслового типа (а,г – с горизонтальными насосами; б – с вертикальными насосами); д – станции совмещенные в водозаборах берегового типа с вертикальными насосами; в,е,ж – станции раздельные с береговым колодцем в водозаборах руслового типа (в – с индивидуальными всасывающими линиями; е,ж – с групповыми всасывающими линиями и расположением насосов соответственно в,е – в шахматном порядке; ж – в ряд);

1 – самотечные или сифонные линии от руслового оголовка; 2 – водоприемное отделение; 3 – сетки; 4 – всасывающее отделение; 5 – всасывающие трубопроводы; 6 – насосные агрегаты; 7 – напорные трубопроводы; 8 – водоводы; 9 – водозаборные окна; 10 – камера управления

### 16.2. Всасывающие и напорные трубопроводы

Трубопроводы внутри насосной станции применяются стальные на сварке; фланцы на трубах привариваются только для присоединения арматуры и насосов. Как правило, диаметр подобранных трубопроводов больше диаметров патрубков насосов. Для их соединения используются переходы эксцентрические (всасывающий трубопровод) конические (напорный трубопровод). Размеры переходов выбираются по справочной литературе [15].

Для борьбы с кавитацией необходимо избегать попадания воздуха во всасывающий трубопровод, образования воздушных мешков и обеспечивать

минимальные потери в самом трубопроводе и во всасывающей воронке. Бесперебойная работа насоса и минимум гидравлических потерь во всасывающей линии обеспечиваются также правильным расположением всасывающих труб в приемной камере насосной станции. Расстояние от входного сечения всасывающей трубы до дна и стен камеры или прямка следует принимать таким образом, чтобы скорости подхода воды к приемной воронке были не больше скорости течения во входном сечении. Получающиеся при этом размеры показаны на рис. 4 и 7.

Для уменьшения местных потерь при входе потока во всасывающую трубу диаметр входного сечения  $D_p$  увеличивают по сравнению с диаметром трубы  $d_B$ . Обычно принимают  $D_p = (1,25-1,5)d_B$ . При центральном угле конусности входной части  $8-16^\circ$  длина её составляет  $(3,5-7,0)(D_p - d_B)$ .

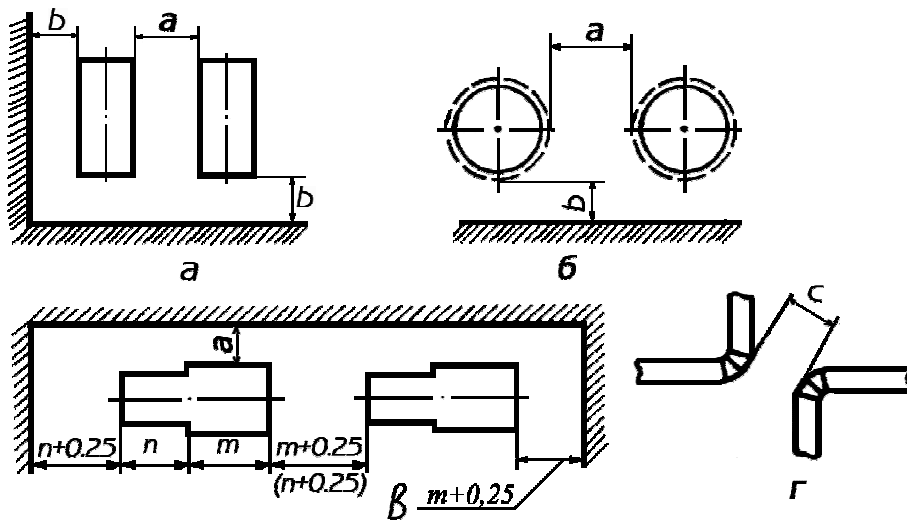


Рис. 6. Схема определения ширины проходов в машинном зале: а – с горизонтальными насосами; б – с вертикальными насосами; в – с учетом демонтажа ротора электродвигателя; г – между трубопроводами

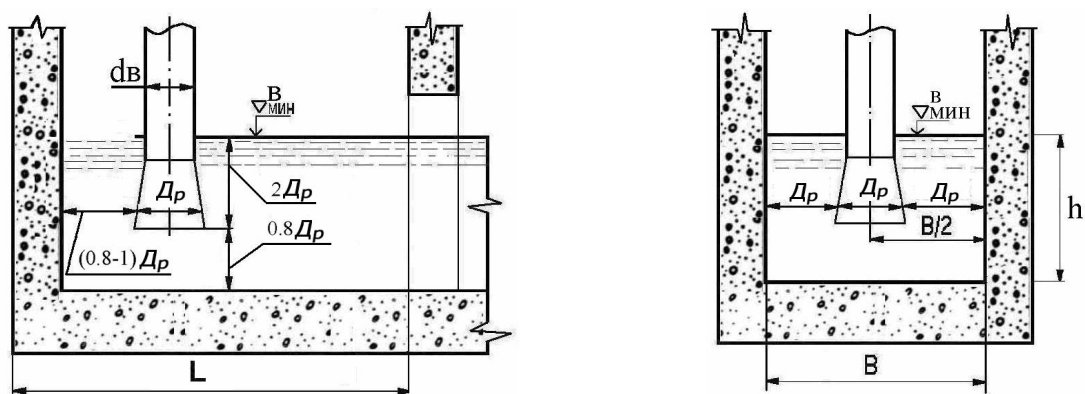


Рис. 7. Расположение всасывающей трубы в приемной камере

Ширина водоприемной камеры обычно принимается  $B = 3D_p$  (рис. 7). При необходимости уменьшения фронта водозабора можно принимать  $B = (1,5-2,5)D_p$ .

Минимальная длина камеры  $L$  определяется из условия, что отношение объема воды в приемной камере  $W$  к средней подаче насоса  $Q_H$  должно быть не менее  $k=15-20$ , т.е.

$$\frac{W}{Q_H} = k, \quad (40)$$

$$L = \frac{W}{Bh} = \frac{kQ_H}{Bh}. \quad (41)$$

При наличии в водоприемной камере двух и более всасывающих труб расстояние между ними должно быть не менее  $(1,5-2,0)D_p$ . Взаимное расположение труб при этом должно исключать возможность влияния работающих насосов друг на друга.

Всасывающие трубы должны быть, возможно, меньшей длины и иметь наименьшее число фасонных частей (колен, отводов, тройников и др.), а также непрерывный подъем к насосам с уклоном не менее 0,005 для предотвращения образования воздушных мешков (рис. 8).

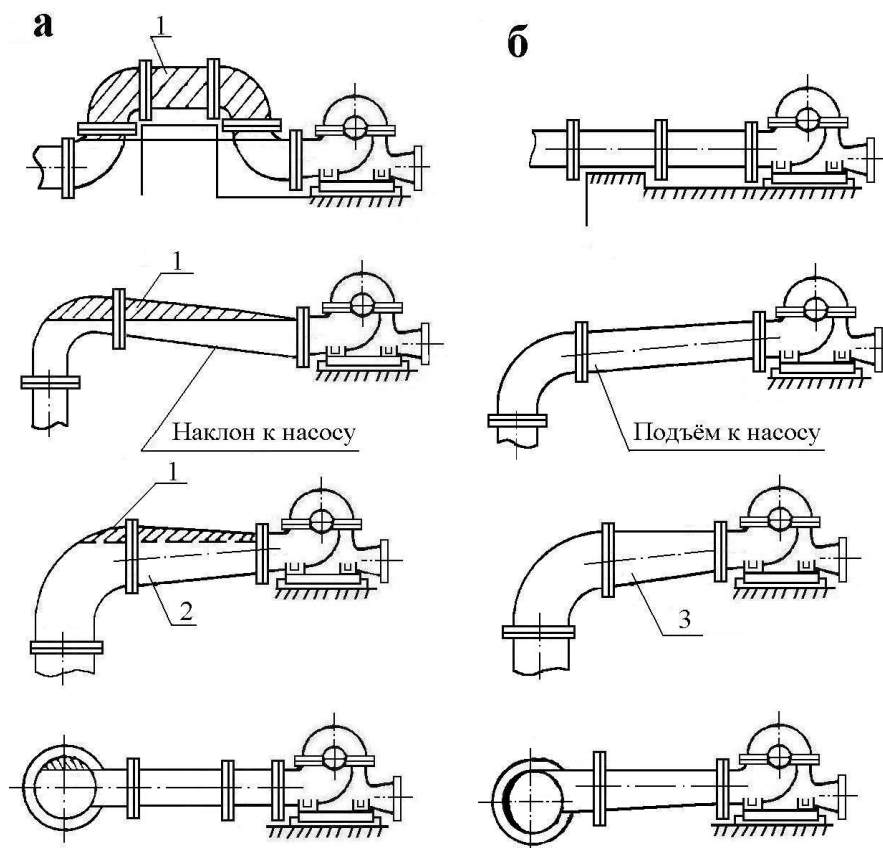


Рис. 8. Прокладка всасывающих трубопроводов:

а – не правильная; б – правильная;

1 – воздушный мешок; 2,3 – прямой и эксцентричный переходы соответственно

Трубопроводы внутри насосной станции могут располагаться (рис. 9) над поверхностью пола с устройством мостиков над трубопроводами; в мелких каналах, когда маховик задвижки возвышается над полом; в глубоких каналах; на кронштейнах у стен машинного зала; в подвалах.

Трубопроводы могут размещаться комбинированно: часть – над полом; часть – в каналах и т.п. В заглубленных станциях трубопроводы, как правило, располагаются над полом с мостиками обслуживания над ними.

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

Фасонные части на трубопроводах внутри насосной станции стальные, вес и размер их определяют по [14,15].

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

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

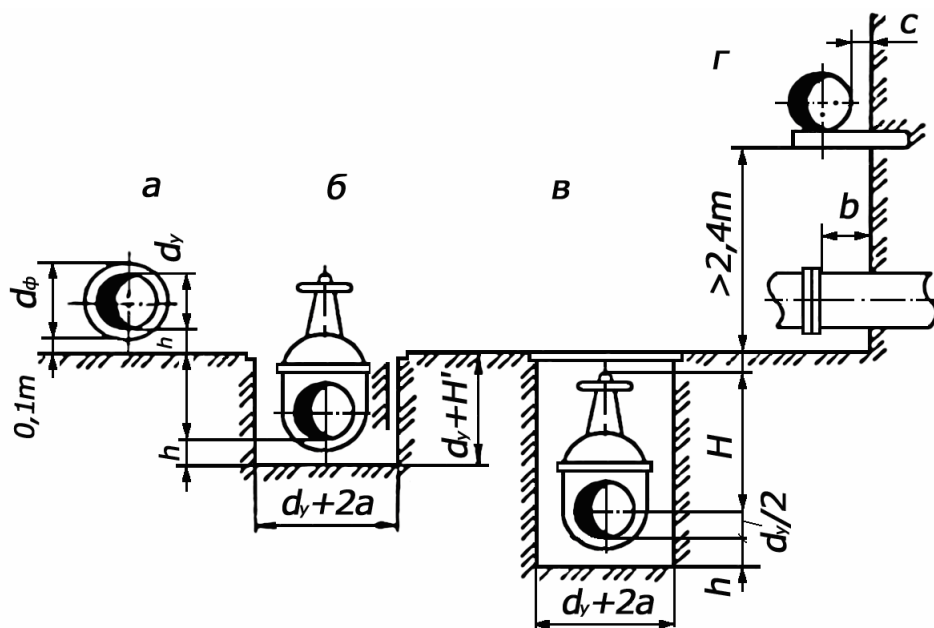


Рис. 9. Способы размещения трубопроводов в машинном зале:  
а – над полом; б – в мелких каналах; в – в глубоких каналах; г – на стенах;  
 $d_\phi$  – диаметр фланца

Таблица 1

Рекомендуемые размеры к размещению трубопроводов в машинном зале  
(см. рис. 4, 9).

| Размер, мм | $d_y \leq 400$ | При наличие арматуры |             | При отсутствие арматуры |             |
|------------|----------------|----------------------|-------------|-------------------------|-------------|
|            |                | $d_y=450-600$        | $d_y > 600$ | $d_y=450-600$           | $d_y > 600$ |
| a          | 300            | 500                  | 700         | 400                     | 400         |
| b          | 300            | 500                  | 500         | 500                     | 500         |
| h          | 250            | 300                  | 350         | 250                     | 250         |
| c          | 250            | 350                  | 500         | 350                     | 350         |
| H          | 400            | 600                  | 600         | 600                     | 600         |

На насосных станциях первой и второй категорий при ремонте любой

задвижки или затвора, обратного клапана или трубопровода должно обеспечиваться 70% расчетной подачи воды на хоз-питьевые нужды и по аварийному графику на производственные.

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

Выбор количества и мест установки запорной арматуры рассмотрим на примере насосной станции первой категории надежности с двумя рабочими и двумя резервными насосами, всасывающим и отводящим коллектором (рис. 10).

На рис. 10а показана установка только обязательной для каждого агрегата запорной арматуры. Задвижки 2 используются как запорно-регулирующая арматура, так как с их помощью регулируют подачу насосов. Очевидно, что ремонт любой из задвижек или любого водовода возможен только при остановке всей насосной станции.

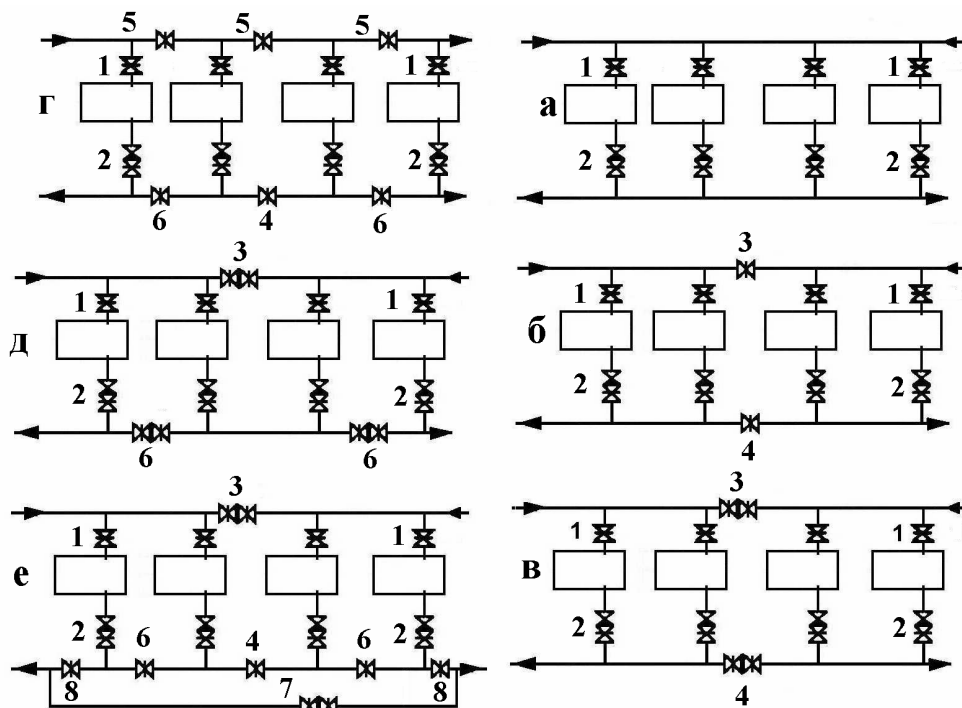


Рис. 10. Схемы к определению числа и мест установки запорной арматуры в насосной станции

Установка задвижек 3 и 4 (рис. 10б) позволяет ремонтировать любую из задвижек 1 или 2, выводя в резерв два соответствующих насоса и по одной всасывающей и напорной линий.

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

Сдвоенные задвижки на коллекторах (рис. 10в) позволяют ремонтировать любую из линий и любую задвижку при выведении в резерв двух соответствующих насосов.

Каждый из двух всасывающих водоводов рассчитывается на пропуск 100% расчетного расхода. Если работа двух насосов на один водовод не обеспечивает подачу 70% расчетного расхода, то расставив задвижки по схеме рис. 10г можно увеличить подачу, подключив третий (резервный насос).

Недостатком схемы рис. 10г является необходимость отключения двух насосов при ремонте задвижки 6. Этот недостаток устраняется установкой спаренной задвижки 6 (при этом можно убрать задвижку 4) или установкой задвижек на выходе 8 и устройством обводной линии со спаренными задвижками 7. Приведенные схемы не исчерпывают все возможные варианты расстановки запорной арматуры в машинном зале. Как правило, повышение степени обеспеченности подачи воды насосной станцией достигается установкой дополнительного числа запорной арматуры.

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

Существенного уменьшения размеров здания в заглубленных насосных станциях шахтного типа добиваются размещением арматуры насоса на вертикальном участке напорного трубопровода (рис. 11а).

Для частично заглубленных насосных станций более приемлемым является: расположение всасывающих и напорных коллекторов один над другим (рис. 11б) или их размещение в отдельном помещении (рис. 5д), примыкающем к насосной станции; вынос запорной арматуры в отдельные камеры переключений, устраиваемые так же, как колодцы на водопроводной сети (рис. 5г). Высота рабочей части камер определяется высотой установленных в них задвижек и в любом случае должна быть не менее 1,5 м. Высоту засыпки от верха покрытия камеры до поверхности земли следует принимать не менее 0,5 м.

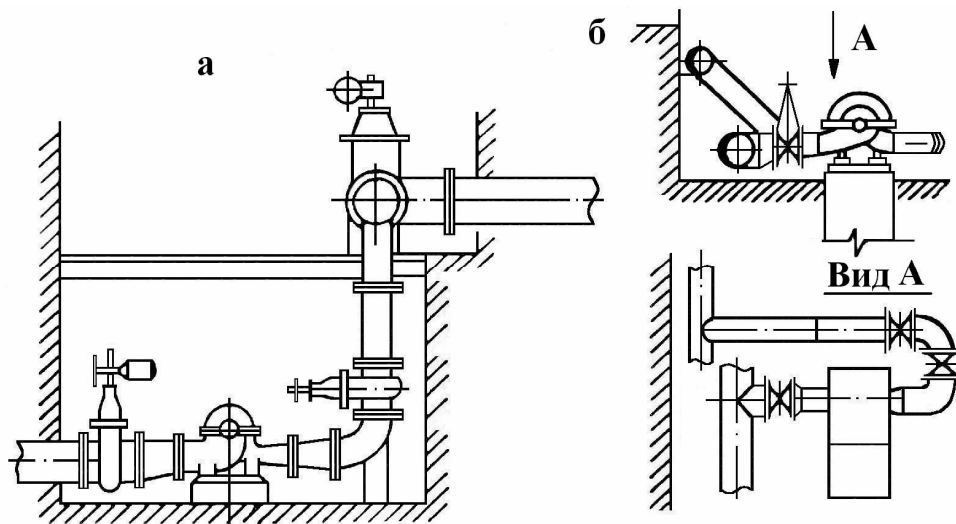


Рис. 11. Схемы размещения внутриванционных трубопроводов:  
а – с вертикальными стояками; б – с расположением всасывающего и напорного коллекторов один над другим

В качестве запорной арматуры, в основном применяют задвижки и поворотные затворы. Задвижки и затворы подбираются по диаметру условного прохода и давлению. Необходимо отметить, что при различных комбинациях включения насосов на отдельных участках трубопроводов может меняться

направление течения. Дисковые затворы в таких условиях работают плохо, хотя они более компактны, чем задвижки.

Задвижки диаметром более 400 мм, а также задвижки всех диаметров при дистанционном или автоматическом управлении устанавливаются с электрическим или гидравлическим приводом. Тип, размеры и вес задвижек, дисковых затворов, обратных клапанов и другой арматуры выбираются по [14,15].

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

## **17. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ЗОН САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ**

Проектирование зон санитарной охраны в курсовом проекте производится в соответствии с [1].

Зоны санитарной охраны создаются на всех водозаборных сооружениях коммунальных водопроводов для обеспечения целей санитарно-эпидемиологической надежности.

Зона источника водоснабжения в месте забора воды состоит из трех поясов: первого- строгого режима, второго и третьего – режимов ограничения.

Границы первого пояса зоны поверхностного источника водоснабжения (реки) устанавливаются на расстоянии от водозабора:

- вверх по течению – не менее 200 м;
- вниз по течению – не менее 100 м;
- по прилегающему к водозабору берегу – не менее 100 м от уреза воды при летне-осенней межени;
- в направлении к противоположному берегу- полоса акватории шириной не менее 100 м.

Территория первого пояса зоны поверхностного источника водоснабжения должна быть планируется, ограждается стеной высотой 2,5 м (2 м - глухая стена, 0,5 м – колючая проволока) и озеленяется. Границы акватории первого пояса зоны обозначаются предупредительными наземными знаками и буями. Над затопленными водоприемниками водозабора, расположенными в несудоходной части реки, устанавливаются буи с освещением; при расположении их в судоходной части буи устанавливаются вне судового хода. Для территории первого пояса зоны предусматривается сторожевая (тревожная) сигнализация.

Границы второго пояса зоны водотока устанавливаются:

- вверх по течению реки – не менее 3 км;
- вниз по течению – не менее 250 м;
- боковые границы – на расстоянии от уреза воды при летне-осенней

межени - при равнинном рельефе - 500 м, при гористом рельефе местности - до вершины первого склона, обращенного в сторону водотока, но не более 750 м при пологом склоне и 1000 м при крутом склоне.

В границы второго пояса зоны санитарной охраны включается акватория, прилегающая к водозабору в пределах фарватера.

На территории второго пояса зоны поверхностного источника водоснабжения надлежит осуществлять регулирование отведения территории для населенных пунктов, лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений, промышленных и сельскохозяйственных объектов, организацию отвода загрязненных поверхностных сточных вод, устанавливать места переправ, мостов и пристаней. Допускается купание, туризм, водный спорт, рыбная ловля в установленных местах при обеспечении специального режима, согласованного с органами СЭС.

Границы третьего пояса зоны поверхностного источника водоснабжения вверх и вниз такие же как для второго пояса; боковые границы - по водоразделу, но не более 3-5 км от водотока. В лесах, расположенных на территории третьего пояса, разрешается проведение рубок леса.

Инженерные мероприятия по ликвидации загрязнений территорий, водоемов во втором и третьем поясах зон должны выполняться за счет средств предприятий, являющихся источниками этих загрязнений.

## Область и условия применения водозаборных сооружений

| Водозаборные сооружения                                                               | Область применения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| С русловым водоприемником раздельного типа с самотечными водоводами                   | Пологий берег: наличие пойменной террасы, отсутствие достаточных глубин у берега, нескальный грунт. Амплитуда колебаний уровней воды в реке до 6-8 м; допускаемая высота всасывания насосов более 3-4 м; мощность водозабора до 1 м <sup>3</sup> /с. Насосная станция не может совмещаться с береговым колодцем по топографическим или геологическим условиям. |
| С русловым водоприемником раздельного типа с сифонными водоводами                     | Большое заглубление самотечных водоводов на большой длине; неблагоприятные геологические и гидрологические условия для укладки самотечных водоводов.                                                                                                                                                                                                           |
| С русловым водоприемником совмещенного типа                                           | Амплитуда колебаний уровней воды более 6 м при мощности водозабора до 1 м <sup>3</sup> /с, при мощности 1-6 м <sup>3</sup> /с амплитуда любая. По сравнению с водозаборами раздельного типа имеют меньший объем, меньшую строительную стоимость, более надежны в работе (длина всасывающих труб минимальна).                                                   |
| С береговым водоприемником раздельного типа                                           | Наличие достаточных глубин в русле у берега; крутой берег; незагрязненность воды у берега. Амплитуда колебаний уровней воды 6-8 м; допускаемая высота всасывания насосов свыше 3-4 м; мощность водозабора до 1,5 м <sup>3</sup> /с. Насосная станция не может совмещаться с береговым колодцем по топографическим или геологическим условиям.                  |
| С береговым водоприемником совмещенного типа                                          | Амплитуда колебаний уровней воды любая; мощность водозабора любая; необходимость установки насосов под залив. По сравнению с водозаборами раздельного типа имеют меньший объем, меньшую строительную стоимость, более надежны в работе (длина всасывающих труб минимальна).                                                                                    |
| С береговым водоприемником совмещенного типа с дополнительным русловым водоприемником | Загрязненность воды (в том числе бактериальная) у берега в межень и относительно небольшая загрязненность в половодье; пологий берег; амплитуда колебаний уровней воды любая; мощность водозабора более 1 м <sup>3</sup> /с.                                                                                                                                   |

## Приложение 2

## Скорость течения воды в трубопроводах

| Диаметр водовода, м | Скорость течения воды в водоводах, м/с    |                                                  |             |
|---------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------|
|                     | самотечный водовод водозабора I категории | самотечный водовод водозабора II и III категории | всасывающий |
| 300-500             | 0,7-1                                     | 1-1,5                                            | 0,75-1,1    |
| 500-800             | 1-1,1                                     | 1,5-1,9                                          | 1,1-1,5     |
| Более 800           | 1,5                                       | 2                                                | 1,2-2       |

## Приложение 3

## Коэффициенты местных сопротивлений

| Местное сопротивление                        | Значение коэффициента |
|----------------------------------------------|-----------------------|
| Вход в трубу без расширения                  | 0,5                   |
| Плавно очерченный вход в трубу               | 0,1                   |
| Колено по сортаменту                         | 1                     |
| Сварное колено                               | 1,5                   |
| Отвод по сортаменту с углом 45°              | 0,25-0,3              |
| Сварной отвод с углом 45°                    | 0,45                  |
| Переход суживающийся                         | 0,25                  |
| Переход расширяющийся                        | 0,46-0,9              |
| Тройник в прямом направлении                 | 0,1                   |
| Тройник в направлении ответвления            | 2                     |
| Выход из трубы в резервуар                   | 1                     |
| Задвижка (в зависимости от степени открытия) | 0-97,8                |
| Вихревая камера                              | 4,2                   |

## Приложение 4

## Зависимость атмосферного давления от высоты расположения над уровнем моря

| Высота над уровнем моря, м        | -600 | 0    | 100  | 200  | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1500 | 2000 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Атмосферное давление, м. вод. ст. | 11,3 | 10,3 | 10,2 | 10,1 | 10  | 9,8 | 9,7 | 9,6 | 9,5 | 9,4 | 9,3 | 9,2  | 8,6  | 8,4  |

## Приложение 5

## Зависимость давления насыщенных водяных паров от температуры

| Температура, °C                                 | 5    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100   |
|-------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Давление насыщенного водяного пара, м. вод. ст. | 0,09 | 0,12 | 0,24 | 0,43 | 0,75 | 1,25 | 2,02 | 3,17 | 4,82 | 7,14 | 10,33 |

Исходные данные к курсовому проекту «Водозаборные сооружения» (речные водоприемники)

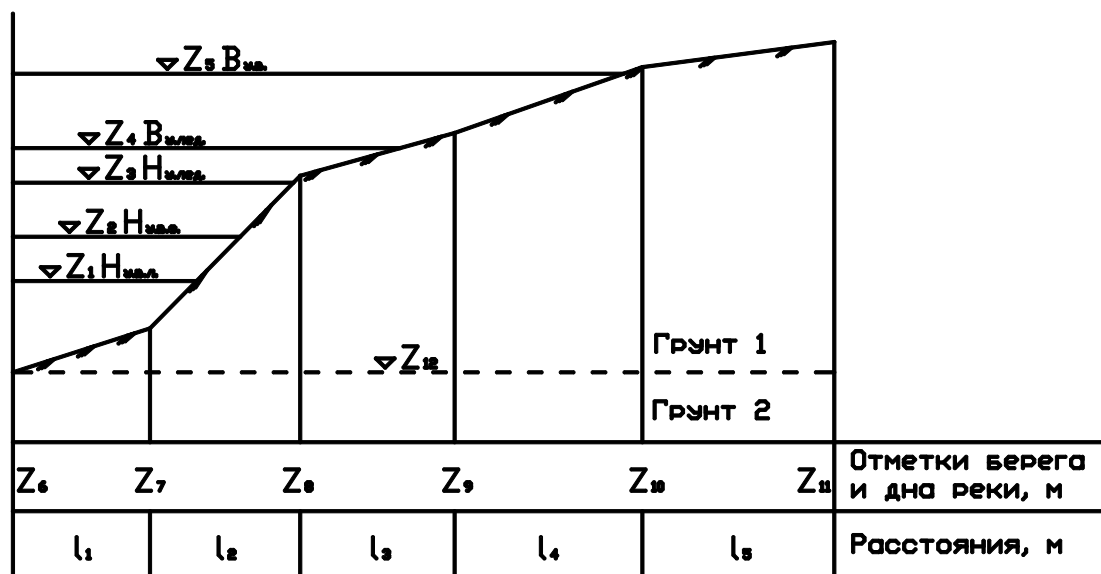


Схема профиля дна и берега реки

| Величины         | Предпоследняя цифра номера зачетки |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
|------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|                  | 0                                  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6     | 7     | 8     | 9     |
| $H_{y.b.l.} Z_1$ | 50                                 | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110   | 120   | 130   | 140   |
| $H_{y.b.3.} Z_2$ | 50,5                               | 60,7 | 70,8 | 80,8 | 90,9 | 101  | 111   | 121   | 131   | 141   |
| $H_{y.лед.} Z_3$ | 53                                 | 64   | 74   | 83   | 94   | 105  | 114   | 124   | 133   | 144   |
| $B_{y.лед.} Z_4$ | 54                                 | 65   | 75   | 84   | 95   | 106  | 115   | 125   | 134   | 145   |
| $B_{y.b.} Z_5$   | 57                                 | 67,5 | 79   | 87,5 | 98   | 109  | 117   | 131   | 136   | 147   |
| $Z_6$            | 47                                 | 57   | 67   | 77   | 87   | 97   | 107   | 117   | 126,8 | 136   |
| $Z_7$            | 47,5                               | 57,4 | 67,3 | 77,2 | 87,3 | 97,4 | 107,2 | 117,1 | 127   | 136,8 |
| $Z_8$            | 55                                 | 66,1 | 76   | 89,3 | 96   | 111  | 119   | 133   | 137,5 | 149   |
| $Z_9$            | 56                                 | 67   | 76,5 | 90,0 | 95,5 | 111  | 120   | 134   | 138   | 149   |
| $Z_{10}$         | 58                                 | 69   | 81   | -    | 100  | -    | -     | -     | -     | -     |
| $Z_{11}$         | 59                                 | 70   | 82   | -    | 103  | -    | -     | -     | -     | -     |
| $Z_{12}$         | 46                                 | 56   | 65   | 75   | 85   | 95   | 105   | 115   | 125   | 135   |
| t                | 0,7                                | 0,75 | 0,8  | 0,85 | 0,9  | 0,95 | 1,0   | 1,05  | 1,1   | 1,2   |
| 2h               | 0,6                                | 0,7  | 0,8  | 0,7  | 0,8  | 1,0  | 1,1   | 1,2   | 0,8   | 0,9   |
| $l_1$            | 15                                 | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21    | 22    | 23    | 25    |
| $l_2$            | 15                                 | 20   | 23   | 50   | 20   | 30   | 80    | 30    | 20    | 18    |
| $l_3$            | 50                                 | 80   | 100  | 30   | 120  | 30   | 20    | 30    | 25    | 20    |
| $l_4$            | 5                                  | 5    | 10   | -    | 12   | -    | -     | -     | -     | -     |
| $l_5$            | 25                                 | 25   | 30   | -    | 28   | -    | -     | -     | -     | -     |

| Величины                         | Последняя цифра номера зачетки |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                  | 0                              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| $Q_p, \text{ м}^3/\text{с}$      | 0,4                            | 0,6  | 0,8  | 1,0  | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 2,1  | 2,7  | 3,0  |
| $H, \text{ м}$                   | 28                             | 40   | 35   | 35   | 31   | 34   | 52   | 50   | 33   | 47   |
| $Q_{\max}, \text{ м}^3/\text{с}$ | 300                            | 350  | 500  | 620  | 840  | 1100 | 1250 | 1500 | 1900 | 2500 |
| $V_1, \text{ м/с}$               | 0,25                           | 0,3  | 0,32 | 0,35 | 0,38 | 0,4  | 0,42 | 0,45 | 0,48 | 0,5  |
| $V_2, \text{ м/с}$               | 1,1                            | 1,15 | 1,2  | 1,35 | 1,3  | 1,35 | 1,28 | 1,4  | 1,45 | 1,5  |

| Параметры                 | Третья цифра номера зачетки справа |                 |                 |          |          |                   |          |       |       |       |
|---------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|----------|----------|-------------------|----------|-------|-------|-------|
|                           | 0                                  | 1               | 2               | 3        | 4        | 5                 | 6        | 7     | 8     | 9     |
| Река судоходная или нет   | нет                                | нет             | нет             | да       | нет      | нет               | нет      | нет   | нет   | нет   |
| Количество травы, листьев | мало                               | мало            | мало            | мало     | мало     | много             | много    | много | много | много |
| Количество шуги           | много                              | много           | много           | много    | много    | много             | много    | мало  | мало  | мало  |
| Грунт 1                   | песок                              | суглинок        | суглинок        | суглинок | суглинок | песок             | суглинок | песок | глина | глина |
| Грунт 2                   | глина                              | песок с гравием | песок с гравием | суглинок | суглинок | галечник с песком | глина    | скала | скала | скала |

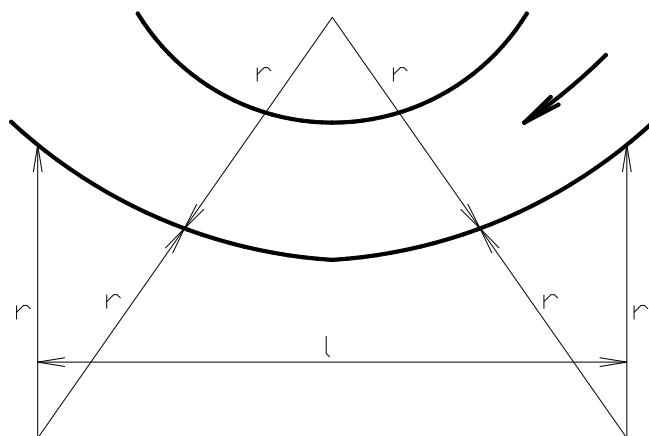


Схема плана реки при высоком уровне воды

| Величины       | Предпоследняя цифра номера зачетки |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                | 0                                  | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| $r, \text{ м}$ | 300                                | 450 | 600  | 750  | 900  | 1050 | 1200 | 1350 | 1500 | 1650 |
| $l, \text{ м}$ | 600                                | 900 | 1200 | 1800 | 1800 | 2100 | 2400 | 2700 | 3000 | 3300 |

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.04-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ Государственный комитет СССР по делам строительства – М., 1985. – 131 с.
2. Курганов А.М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения: Учебное пособие. – М.; СПб.: Изд-во «АСВ»; СПбГАСУ, 1998. – 246 с.
3. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное: Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 256 с.
4. Водоснабжение Санкт-Петербурга/ Коллектив авторов. – С.-Петербург: Изд-во «Новый журнал», 2003. – 688 с.
5. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1995. – 668 с.
6. Образовский А.С., Ереснов Н.В., Ереснов В.Н. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. – М.: Стройиздат, 1976. – 268 с.
7. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов. – М.: Стройиздат, 1984. – 183 с.
8. Тугай А.М. Водоснабжение. Водозаборные сооружения. – Киев: Виша школа, 1984. – 200 с.
9. Белан А.Е., Хоружий П.Д. Проектирование и расчет устройств водоснабжения. – Киев: Будивельник, 1981. – 210 с.
10. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
11. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий/ Под ред. И.А. Назарова. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1977. – 288 с.
12. Турк В.И., Минаев А.В., Карелин В.Я. Насосы и насосные станции: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1976. – 304 с.
13. Шевелев Ф.Л., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: – Справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1984. – 118 с.
14. Справочник монтажника. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений/ А.С. Москвитин, Б.А. Москвитин и др. Под ред. А.С. Москвитина/ – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.
15. Справочник строителя. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации/ Под ред. А.К. Перешивкина. 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 653 с.