КАЗАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра Водоснабжения и водоотведения

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ. ВОДОЗАБОРЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Методические указания к курсовому и дипломному проекту для студентов специальности 2908

Казань
1993

ВВЕДЕНИЕ

Для большинства населенных пунктов источником водоснабжения являются поверхностные воды – реки и озера. Забор воды из источника и подача ее к всасывающим трубам насосов или к другим сооружениям для транспортирования на очистные сооружения или непосредственно в сеть потребителя осуществляется с помощью водозаборных сооружений.

Проектирование и строительство водозаборных сооружений является ответственным этапом. От этого зависит бесперебойность водоснабжения потребителей. Для правильного проектирования водозаборов используют многолетние гидрологические данные и материалы геологических, гидрогеологических и топографических изысканий.

В данных методических указаниях дается ряд сведений, необходимых для проектирования водозаборных сооружений в стадии технического проекта.

1. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1. Общие положения

При разработке курсового проекта следует принимать наиболее совершенные типы сооружений и конструкций. Расчетная часть проекта составляется на основе норм проектирования / 10 /.

Особое внимание должно быть уделено выбору места расположения, схемы и состава водозаборных сооружений. В проекте должны быть выполнены гидравлические расчеты водозаборов и их отдельных элементов; определено количество рабочих и резервных водоприемников и их элементов; сконструированы основные сооружения. Кроме того, необходимо выбрать и скомпоновать связывающие водозабор коммуникации, установить необходимые для надежной эксплуатации устройства и приспособле-

ния; произвести расчеты на устойчивость сооружений; установить зоны санитарной охраны. В задании на проектирование отражаются климатические условия, гидрологический режим поверхностного источника, геологическое строение участка размещения водозабора.

Объемы водопотребления, генплан населенного пункта принимаются по курсовому проекту " Водопроводные сети ".

1.2. Состав проекта

I.2.I. Расчетно-пояснительная записка

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

Введение, в которое входят анализ исходных данных, назначение и производительность водозаборных сооружений, требуемая категория надежности подачи воды.

1. Обоснование выбора места расположения, типа и схемы водозабора. Состав водозаборных сооружений и схема их работы.

2. Гидравлический расчет основных элементов водозаборов с назначением конкретных размеров соответствующих конструкций и приспособлений.

3. Выбор и описание вспомогательных зданий, сооружений и устройств по эксплуатации водозабора.

4. Необходимые расчеты на устойчивость.

5. Способы производства работ.

6. Зоны санитарной охраны.

1.2.2. Чертежи

На чертежах (в объеме 1 - 1,5 стандартного листа) должны быть представлены:

1) Схема водозаборных сооружений (план и профиль) в масштабе 1 : 200 (1 : 500) с указанием расположения основных зданий, сооружений и элементов водозабора, отметок сооружений, трубопроводов, оборудования и уровней воды.

2) Два плана (надземная и подземная) и один-два разреза берегового водозабора или колодца в масштабе 1:50 или 1:100.

На этих чертежах указываются приемные окна с решетками, сетки, оборудование мокрых камер и насосной станции при совмещенной схеме, оси сооружений и оборудования и отметки уровней воды трубопроводов и оборудования.

3) План и два разреза оголовка в случае руслового водоприемника, где указываются отметки, конструкции основания оголовка и укрепления дна реки и концов самотечных (сифонных) труб;

4) Спецификация оборудования, труб, фасонных частей и арматуры;

5) Места расположения водозаборных сооружений, очистной станции и границы зон санитарной охраны указываются на генплане города, который выдается студенту для выполнения курсового проекта " Водопроводные сети".

2. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

2.1. Классификация сооружений

Сооружения для забора вод из поверхностных источников различаются:

1) По типу водоема (речные, озерные, водохранилищные и морские);

2) По стационарности (стационарные и нестационарные, т.е. плавучие или передвижные);

3) По длительности периода эксплуатации (постоянные и временные);

4) По назначению (хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные);

5) По месту расположения водоприемника (береговые, русловые и комбинированные);

6) По взаимному расположению водозаборных устройств (совмещенные, раздельные, ковшевые и приплотинные);

7) По требуемой категории надежности подачи воды. Водозаборы имеют три категории надежности (I, II, III), которые

соответствует категориям надежности подачи воды систем водоснабжения согласно / 10 /.

2.2. Условия приема воды и категории водозаборных сооружений

Водозаборные сооружения успешно выполняют свои задачи, если их категория будет не ниже требований, предъявляемых водопотребителями.

Условия забора воды разделяются в зависимости от устойчивости берегов и ложа источника, русловых и шуголедовых режимов, засоренности на легкие, средние, тяжелые и очень тяжелые. Характеристика показателей затруднений в условиях забора воды приведена в табл. 12 / 10 /. Общая характеристика условий забора воды определяется по наиболее тяжелому виду затруднений. Например, мутность воды 450 мг/л, ложе реки устойчивое, отсутствует внутриводное ледообразование и имеется лесосплав. В этом случае характеристика условий забора воды будет средняя, что определяется по лесосплаву.

В зависимости от условий приема воды, количества и размещения водоприемников водозаборы могут обеспечивать ту или иную надежность подачи, которую можно оценивать по таблице 13 /10/.

Исходя из опыта эксплуатации водозаборов хозяйственно-питьевых водопроводов, полагают, что при отборе до 25 % минимального расхода реки успешно работают бесплотинные водоприемные сооружения.

В средних природных условиях забора воды, что имеет место в большинстве равнинных рек РФ, береговые водоприемники обеспечивают выполнение требований водопотребителей I категории надежности, русловые - соответственно II и нестационарные - III категории надежности подачи воды.

/10/, (п.п. 5.89) допускает повышение категории водозабора с затопленными водоприемниками на единицу в случаях:

- размещения водоприемников в ковше;

- подвода к решеткам теплой воды в количестве 20% забираемого расхода;
- обеспечения надежной системы обратной промывки решеток, рыбозаградительных устройств и самотечных водоводов.

По требуемой категории надежности водоподачи и особенностям местных условий назначается технологическая схема водозабора. Выбор схемы и компоновки водозаборного сооружения в тяжелых и очень тяжелых местных условиях следует принимать на основе лабораторных исследований п. 5.90 / 10 /.

2.3. Выбор места расположения водозабора

Место расположения водозаборных сооружений выбирается на основе изучения гидрологических, топографических и инженерно-геологических условий, а также с учетом требований в отношении качества воды и бесперебойности подачи воды потребителям.

При выборе места расположения водозабора необходимо руководствоваться п.п. 5.82,5.83,5.84, 5.85 / 10 /.

Водозаборные сооружения целесообразно располагать у вогнутого берега, так как такие берега меньше заносятся наносами, быстро образуется поверхностный лед,и при наличии шуги происходит ее транзит в верхних слоях речного потока.

2.4. Типы водозаборных сооружений

Для водозаборов поверхностных источников наиболее характерными и широко распространенными являются две схемы водоприемника. I. Водозаборы берегового типа, у которых водоприемник совмещается с береговым колодцем и его водоприемные отверстия всегда доступны для осмотра и очистки, что обеспечивает высокую надежность подачи воды. 2. Водозаборы руслового типа, водоприемники которых находятся в удалении от берега, а их отверстия труднодоступны.

Водозаборные сооружения [illegible] в виде отдельно стоящей [illegible] с [illegible] отверстиями [illegible].

При значительной вакуумметрической высоте всасывания насосы выгодно размещать в отдельном здании не " под залив ". Это позволяет уменьшить заглубление насосной станции, получить более экономичное решение. Раздельные варианты характерны для водозаборов с производительностью до 1 $м^3/с$ и оборудованных насосами типа К,Д. Для насосов большой производительности оказывается экономичнее совмещенный водозабор с насосной станцией. Это в определенной степени зависит от колебания уровня воды в источнике. При колебании уровня воды более 6 м оказывается более выгодным совмещенное решение.

Насосные станции 1 подъема, оборудованные вертикальными насосами типа В, выгодно совмещать с водоприемником.

2.4.1. Водозаборные сооружения берегового типа

Как уже отмечалось, в средних природных условиях забора воды береговые водозаборы относятся к 1 категории надежности. Для обеспечения надежности работы и возможности осмотра и профилактики оборудования водоприемный колодец секционируется.

Водозаборы берегового типа устраивают при наличии высокого крутого берега, достаточных глубин, обеспечивающих требуемые условия забора воды, и значительных колебаний уровней воды в реке.

Водозаборы берегового типа состоят из водоприемного берегового сетчатого колодца и насосной станции 1 подъема.

Водоприемные отверстия (окна), через которые вода поступает в водозабор, располагают в передней стенке колодца, как правило, в несколько ярусов по вертикали для обеспечения приема воды наилучшего качества. Одноярусное расположение водоприемных окон допускается только при заборе воды из относительно чистых источников.

Схема расположения водоприемных окон должна соответствовать требованиям, представленным на рис. 1.

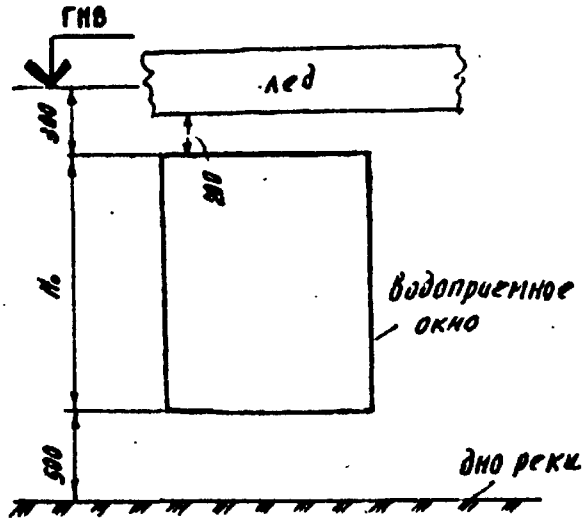


Рис. 1. Схема расположения водоприемных окон в поперечном сечении русла реки

Водозаборные сооружения берегового типа могут быть выполнены отдельно от станции 1 подъема или совмещенными с насосными станциями.

Береговой водоприемник раздельного типа (рис. 2) - это железобетонный колодец прямоугольной, круглой или овальной формы в плане. Прямоугольную форму желательно применять на скальном основании, при большой производительности водозабора при четырех и более насосах.

Береговой колодец 1 состоит из двух отделений: приемного (2) и всасывающего (3). Каждое отделение перегородками делится на секции (по количеству всасывающих труб) для возможности периодической очистки и ремонта без прекращения подачи воды.

Вода в колодец поступает через входные окна (4), которые устраиваются в передней стенке, находящиеся в русле реки. Окна оборудуют съемными сороудерживающими решетками, устанавливаемыми в пазах. Для перекрытия окна с целью отключения секции водоприемника предусматривают плоские затворы, встав-

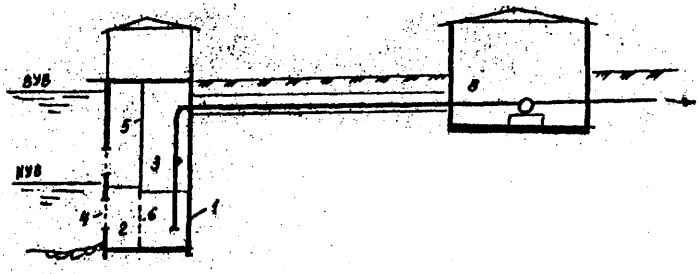


Рис.2 Береговой водоприемник раздельного типа

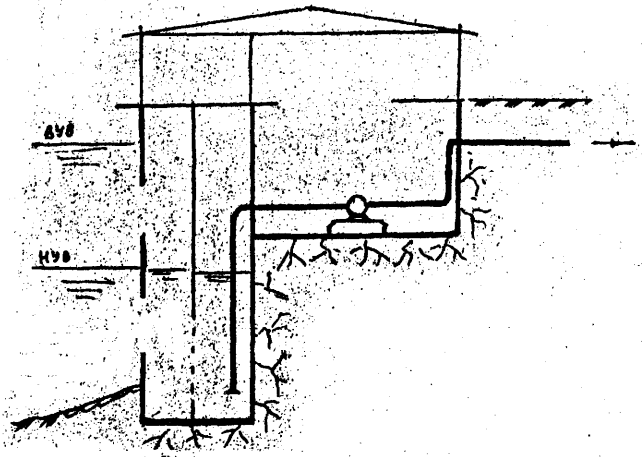


Рис.3 Совмещенный водоприемник при скальном основании

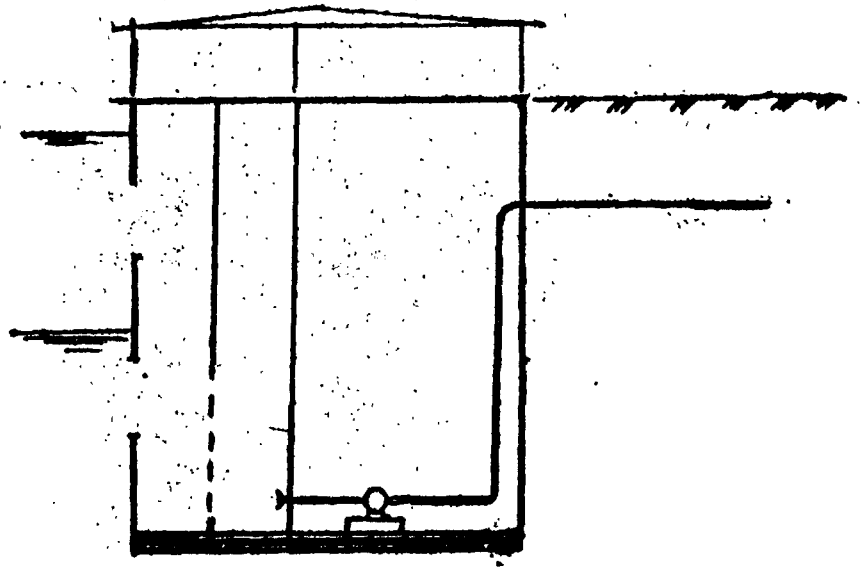


Рис.4 Совмещенный водоприемник

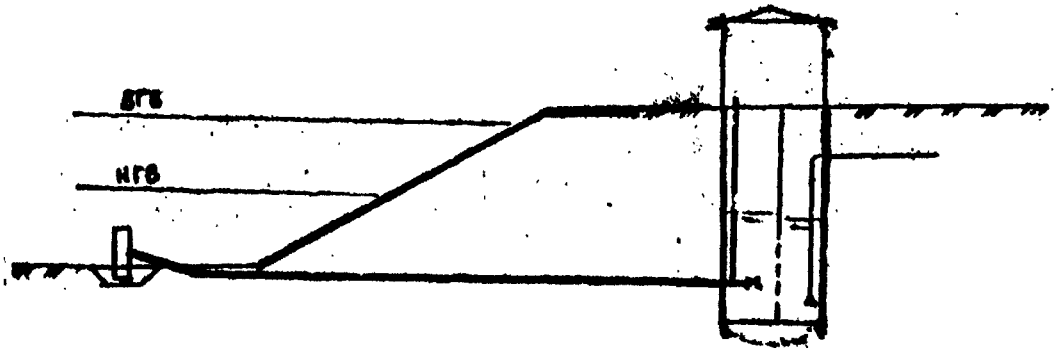


Рис.5 Русловой водозабор

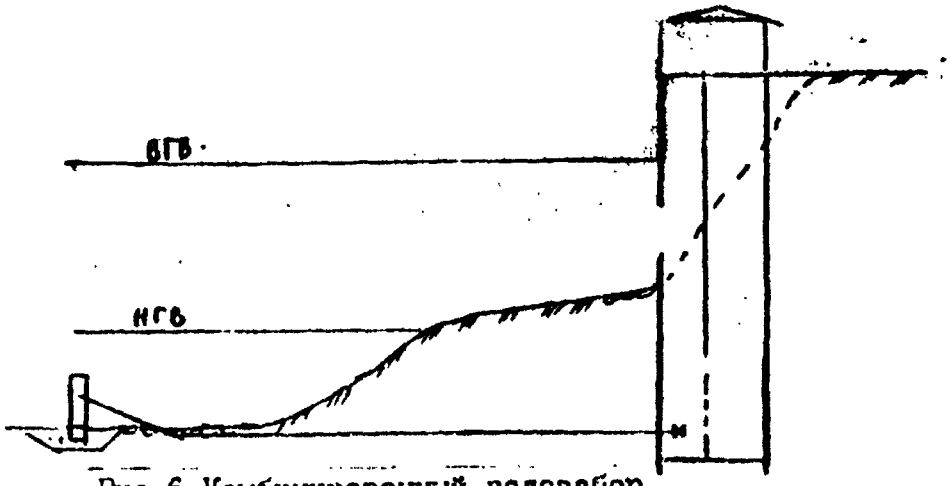


Рис.6 Комбинированный водозабор

ляемые в специальные пазы или в пазы решеток.

Между приемным и всасывающим отделениями в перегородке (5) устанавливают плоские (6) или вращающиеся сетки.

Вода из реки поступает через решетки входных окон в приемное отделение и через сетки поступает во всасывающее отделение, где размещены всасывающие трубы (7) насосов станции 1 подъема (8).

Водозаборы совмещенного типа по сравнению с водоприемниками раздельного типа имеют меньший объем, меньшую строительную стоимость, просты в эксплуатации, более надежны в работе. При наличии скального грунта, когда исключается разное оседание водоприемника и насосной станции, береговой водозабор можно совместить по схеме, показанной на рис. 3. В иных условиях водоприемник и насосную станцию совмещают по схеме, приведенной на рис. 4.

При применении вертикальных насосов площадь, объем и стоимость здания насосной станции получаются меньше, чем при устройстве горизонтальных насосов.

Объем сооружений еще более уменьшается с применением глубинных погружных насосных агрегатов.

Представляет интерес водозабор сифонно-фильтрующего типа (рис. 5). В состав водозабора входят водоприемный сифон, приемно-всасывающая камера и служебный павильон. Такие водозаборы можно отнести к 1 категории и при тяжелых условиях забора воды. При устройстве водоприемников такого типа в отдельных случаях можно отказаться от установки водоочистных сеток.

2.4.3. Русловые водозаборные сооружения

Русловые водоприемники применяются при пологом береге с широкой затопляемой поймой, а также для захвата воды вдали от берега (например, из водохранилищ, озер).

Водозаборы руслового типа (рис.5) состоят из трех основных элементов: самотечных труб, оголовка и берегового

колодца.

Оголовок строят для закрепления и защиты от повреждений концов самотечных труб, а также устройства водоприемного отверстия, где устанавливаются грубые решетки для задержания воды с крупными примесями.

Типы и конструкции оголовков весьма разнообразны и они могут быть раструбными, трубчатыми, ряжевыми, свайными, бетонными, железобетонными и фильтрующими.

Представляют интерес затопленные водоприемники с рыбозащитными устройствами из полуцилиндрических кассет 1500 х 1300 мм. Кассета представляет металлический каркас из просечно-вытяжного листа по ГОСТ 8706-78, заполненного керамзитом крупностью 25 - 30 мм.

Из оголовка вода поступает по самотечным или сифонным водоводам в приемное отделение берегового колодца и проходит через сетки во всасывающее отделение, из которого забирается насосами и подается по назначению.

Сифонные водоводы применяют в водозаборах II и III категории при тяжелых геологических (скала) условиях или при очень большой глубине берегового колодца. Проектирование сифонных линий в водозаборах 1 категории должно быть обосновано. Применение сифона позволяет уменьшить глубину заложения труб, но заглубление берегового колодца одинаково, как при самотечных, так и при сифонных линиях.

Для удаления наносов предусматривается периодическая промывка труб. Наибольшее распространение получили следующие виды промывок: прямым током воды, обратным током, водовоздушная и промывка импульсами давления, вызываемыми срывом вакуума в специально установленной на самотечной линии колонне.

Береговые колодцы русловых водозаборов устраивают аналогично водоприемникам берегового типа с той лишь разницей, что вода поступает в колодец не через окна, а по трубам.

2.4.3. Комбинированный водоприемник

Водозабор состоит из берегового и руслового водоприеми-

ков (рис. 6). Применяют при наличии широкой затопляемой поймы и достаточной глубины вблизи незатопляемого берега. При низких уровнях вода из реки поступает по самотечным линиям через оголовки, а при высоких горизонтах воды – через водоприемные окна.

Проект такого водоприемника выполняют на основе правил проектирования берегового и руслового типов водозаборных сооружений.

2.5. Технологические и гидравлические расчеты элементов водозаборных сооружений

Размеры основных элементов водозабора определяют для двух характерных случаев: 1) нормальная работа, когда работают все секции, кроме резервных; 2) форсированная работа, когда одна секция не работает (ремонт или очистка) и весь расход воды проходит через остальные. Во втором случае определяются потери напора в элементах водозабора, отметки низких уровней воды в отделениях и отметка оси насосов.

2.5.1. Расчет водоприемных отверстий

Водоприемные окна оборудуют сороудерживающими решетками. Плоские решетки представляют собой металлическую раму, сваренную из швеллера или уголковой стали с вертикально установленными стержнями из полосовой(50 х 6 мм) или круглой (ϕ 8–12мм) стали. Расстояние между стержнями в свету обычно принимают 50мм (40 – 100мм).

Определение площади водоприемного отверстия (брутто) одной секции $F_{бр}$, $м^2$ производят при одновременной работе всех секций водозабора по формуле

$$F_{бр} = 1.25\, q_р \cdot K_{ст} / v_в, \qquad (1)$$

где $v_в$ - скорость втекания воды в водоприемные отверстия, м/с; 1,25 - коэффициент, учитывающий засорение отверстий; $q_р$ - расчетный расход одной секции, $м^3/с$; $K_а$ - коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решеток.

$$K_а = \frac{a_с + C_с}{a_с}$$, где $a_с$ - толщина стержней, см; $C_с$ - расстояние между стержнями в свету, см.

Допустимые скорости втекания воды в отверстия водоприемника с учетом требований рыбозащиты или без учета их определяются по данным п.п. 5.94 / 10 /.

Выбор размеров решеток производится при конструировании водоприемника с использованием данных

Союзводоканалпроект рекомендует принимать решетки следующих размеров, мм: 400x600; 600x600; 800x1000; 1000x1250; 1250x1500; 1500x2000; 1750x2500; 2000x2500; 2500x3000.

В водоприемниках фильтрующего типа площадь водоприемного фильтра определяют по формуле (1) при значении: коэффициента $K_{ст} = 1/\rho_ф$, где $\rho_ф$ - пористость фильтра, принимаемая для гравийно-щебеночных фильтров 0,3 - 0,5, и пороэластовых 0,25-0,35. Расчетную скорость движения воды можно принимать $v_в = 0.05 \div 0.1$ м/с.

Потери напора в решетках и оголовке в общем невелики и могут быть приняты 5 см при нормальной работе и 10см-при форсированном режиме.

В фильтрующих водоприемниках потери напора определяются по рекомендациям / 3 / и могут быть приняты равными половине толщины слоя фильтра, но не более 30 см.

2.5.2. Самотечные и сифонные водоводы

Самотечные и сифонные водоводы, как правило, применяют из стальных труб (п.п. 5.101 / 10 /). Допускается применение пластмассовых и железобетонных труб.

Сифонные водоводы применяют в основном в водозаборах II и III категории. Количество водоводов должно быть не менее двух.

Диаметр этих труб определяют по скорости движения воды в них (табл. 14 / 10 /) и расходу при нормальном режиме работы водозабора.

Из уравнения неразрывности течения определяют площадь сечения, а затем и диаметр трубопровода:

$$d = \sqrt{\frac{4 q_p}{\pi v_c}}, \ м, \qquad (2)$$

где q_p - расчетный расход одного водовода, $м^3/с$;

v_c - скорость движения воды в водоводе, м/с.

Потери напора в самотечной линии складываются из потерь потерь:

$$h = h_l + h_m = 1000 i l + \Sigma \zeta \frac{v^2}{2g}, \qquad (3)$$

где l - длина самотечных линий; $1000 i$ - потери напора на 1 км при заданном диаметре и скорости, определяемые по таблицам Шевелева; ζ - коэффициент местных потерь.

Коэффициенты местных потерь можно принять по справочнику / 7 /: вход в трубу 0,1 - 0,7-в зависимости от плавности входа; плавный поворот на 90^0 - 0,5 , на 45^0 - 0,3: выход из трубы в резервуар - 0,8 - 1, тройники ⊥ 0,1,

 - 2,0,  - 1,5 ; обратный клапан - 1,7; дроссельный клапан - 0,24; задвижка - 0,1 - 97,8 (в зависимости от степени открытия n), n = 1 ; 0,75 ; 0,5 ; 0,25, соответственно, ζ =0,15 ; 0,2; 2 и 20 .

Потери напора подсчитывают для случая работы всех линий и для случая выключения одной линии на ремонт или промывку.

В сифонных линиях вакуум в высшей точке сифона не должен превышать (6 - 7) · 10^4 Па ($H_{вак}$ = 6-7 м.вод.ст.), в противном случае в этом месте будет выделяться растворенный в воде воздух и потребуется повышенная производительность вакуум-установки. Предельное превышение верхней точки сифона (у берегового колодца) h_c над минимальным уровнем воды в источнике определяют по формуле

$$h_c = 7 - \frac{v^2}{2g} - h, \qquad (4)$$

где h - потери напора от источника до верхней точки сифона (в восходящей ветви).

Расход воздуха (л/с), выделяющегося из воды в сифонах, определяют по формуле

$$Q_{воз} = 0{,}01\, q_r \cdot W_t, \qquad (5)$$

где q_r - расчетный расход в сифонных линиях, л/с;

W_t - объем воздуха, выделяющегося из 100 л воды, принимаемый в зависимости от величины вакуума в трубах /7/.

2.5.3. Расчет сеток

По конструкции сетки бывают плоские и вращающиеся.

При устройстве водоприемников фильтрующего типа в отдельных случаях можно отказаться от установки водоочистных сеток (п.п. 5.107 / 10 /).

Плоские сетки представляют собой проволочное сетчатое полотно, натянутое на раму из уголковой стали. Сетка из проволоки ∅ 1 – 2 мм с размером ячейки 5 х 5 мм и менее опирается на поддерживающую сетку из проволоки ∅ мм с ячейками 20 х 20 мм.

Вращающиеся сетки представляют собой ряд рамок с сеткой из проволоки ∅ 0,2 – 0,4 мм и просветами от 0,5 до 6 мм, объединенных в бесконечную ленту. Они бывают с внешним подводом и внутренним отводом, внутренним подводом и внешним отводом, с лобовым подводом и внутренним отводом воды.

Вращающиеся сетки следует применять в средних, тяжелых и очень тяжелых условиях загрязненности источника, а также при производительности водозабора более 1 $м^3/с$.

Рабочую площадь сеток определяют по формуле (1), при этом $K_{ст} = \left(\frac{a_c + c_c}{a_c}\right)^2$, [10]

Во вращающихся сетках с лобовым подводом воды рабочим считается одно полотно, в сетках остальных типов рабочими являются оба полотна. Рабочая высота сетки отсчитывается от минимального уровня воды в сеточном колодце до оси нижней звездочки.

Размеры плоских сеток и вращающиеся сетки принимают по / 9,11 /.

Потери напора в сетках можно принимать 0,1 м при нормальной работе и 0,2 м-для аварийного режима.

2.5.4. Расчет всасывающих труб и насосной станции первого подъема

Количество всасывающих линий должно быть не менее двух, при установке крупных насосов число труб принимают равным числу насосов.

Диаметр всасывающих линий определяют по расчетному расходу при нормальном режиме работы водозабора и скорости движения воды в трубах при диаметрах меньше 250мм 0,7-1,0м/с, при диаметрах 300-600 мм - 1 - 1,5 м/с,и при диаметрах более 600 мм - - 1,5 - 2 м/с.

Наибольшая возможная высота расположения оси насоса над уровнем воды в колодце принимают на 1 - 1,5 м меньше допустимой высоты всасывания, которая приводится в каталогах насосного оборудования.

Насосная станция 1 подъема по степени обеспеченности подачи воды относится к той же категории, что и водоприемник.

Выбор типа насосов и количества рабочих агрегатов производят с учетом совместной работы насосов и водоводов до очистной станции. Количество рабочих насосов должно быть не менее двух, а число резервных агрегатов принимают согласно табл. 32 /10/.

Производительность насоса определяется из выражения

$$Q_н = \frac{Q_в \cdot K_н}{n}, \qquad (6)$$

где $Q_в$ - производительность водозабора, $м^3/ч$; n - количество рабочих насосов; $K_н$ - коэффициент, учитывающий снижения подачи насосами при параллельной работе, который равен 1,11 при двух насосах, 1,18 - при трех и т.д.

Напор насосов определяется из выражения

$$H_н = H_г + h_в + h_{нс} + h_{вод}, м, \quad (7)$$

где $H_г$ – геометрическая высота подъема воды, которая равняется разности уровней воды в приемной камере очистной станции и во всасывающем отделении берегового колодца;

$h_в$ – потери напора в водоводах от НС 1 до очистной станции, равные $1000 i l$, где l – длина водовода;

$h_{нс}$ –потери напора в насосной станции, могут быть приняты 2 – 2,5 м.

Диаметр водоводов может быть определен путем расчета, приведенного в /7/.

Отметка уровня воды в приемной камере очистной станции равняется планировочной отметке земли плюс 5 ÷ 6 м.

По $Q_н$ и $H_н$ (по каталогам насосного оборудования) подбирают марку насосов.

2.5.5. Отметки расчетных уровней воды в береговом колодце

Отметки уровней воды определяют при максимальном и минимальном уровнях воды в источнике при нормальном и аврийном режимах по следующим формулам:

а)в приемном отделении

при нормальном режиме

$$Z_{мак} = Z_{выв} - \Sigma h, м; \quad (8)$$

$$Z_{мин} = Z_{нув} - \Sigma h, м, \quad (9)$$

где $Z_{выв}$, , $Z_{нув}$ – максимальный и минимальный уровни воды в источнике; Σh – общие потери напора в

водоприемных устройствах, м.

Для береговых водозаборов Σh равна потере напора в решетке; $h_р$ = 0,05 м.

Для русловых водозаборов Σh равна сумме потерь напора в решетке и самотечных линиях;

при аварийном режиме в береговых водозаборах

$$Z^{об}_{мак} = Z_{вв} - 0.1, \text{ м}; \quad (10)$$

$$Z^{об}_{мин} = Z_{нв} - 0.1, \text{ м}. \quad (11)$$

В русловых водоприемниках при определении отметок воды потери напора вычисляются в зависимости от расчетных скоростей движения воды при аварийном режиме;

б) во всасывающем отделении отметки уровней воды будут меньше, чем в приемном, на величину потерь напора в сетке $h_с$, а именно: при нормальной работе

$$Z'_{мак} = Z_{мак} - 0,1, \quad Z'_{мин} = Z_{мин} - 0,1, \text{ м};$$

и при аварийном режиме

$$Z'^{об}_{мак} = Z^{об}_{мак} - 0,2, \quad Z'^{об}_{мин} = Z^{об}_{мин} - 0,2, \text{ м}.$$

2.5.6. Расчет устойчивости водозаборов на всплывание

Проверка сооружений на всплывание производится при наивысшем горизонте воды в источнике по формуле

$$K = \frac{G}{W} \geqslant 1,4, \quad (12)$$

где G - вес сооружения; W - взвешивающее давление воды.

$$W = H \cdot F \rho, \qquad (13)$$

где H - высота столба воды от отметки подошвы сооружения до отметки высокого уровня воды в источнике, м; F - площадь основания берегового колодца, $м^2$; ρ - плотность воды (1 $т/м^3$).

При необходимости производят проверку сооружений на сдвиг и опрокидывание.

2.6. Промывка самотечных и сифонных линий

При снижении производительности водозабора отдельные наиболее крупные частицы могут оседать и задерживаться в самотечных линиях. Для удаления всех этих загрязнений проводят промывку проточного тракта водозабора. Как правило, расход воды, подаваемый на очистные сооружения, можно кратковременно снизить до 0,8 $Q_c^{мин}$. Такое снижение не нарушает процессов очистки и компенсируется запасом чистой воды в резервуаре.

Наибольшее распространение получили следующие виды промывок: прямым током воды с увеличенными скоростями, обратным током воды, водовоздушная, промывка импульсами давления, возбуждаемыми срывом вакуума в вакуумной колонне, и смешанная.

В водоприемниках с раструбом, направленных вверх, щелевых и с вихревой камерой самотечные линии промывают прямым током воды или обратным током с устройством специальных сбросных линий у оголовка, по которым удаляются наносы.

Для очистки кассет и фильтров рекомендуется проводить

смешанную промывку обратным током воды с расходом, равным отбираемому, и импульсами давления.

Промывку прямым током воды производят путем отключения части самотечных линий и подачи полного расхода воды в береговой колодец по линиям, оставшимся в работе. Естественно, что эффект промывки увеличивается при высоком уровне воды в реке.

При отключении одной из двух линий скорость потока возрастает в 2 раза, а потери напора – в 4 раза по сравнению с нормальной работой.

При прямой промывке обеспечивается хороший эффект очистки самотечной линии, но внедряются загрязнения в фильтры и решетки, кроме того, требуется дополнительное заглубление берегового колодца.

Промывка обратным током воды применяется для смыва загрязнений с сороудерживающих решеток и фильтров. При двух самотечных линиях одна из них отключается и вода в водоприемный колодец поступает по другой. Из колодца вода насосами подается на очистные сооружения и по обводной линии в отключенную самотечную линию. Расход, подаваемый на промывку обратным током, лимитируется расходом, пропускаемым по одной линии в береговой колодец, возможной подачей насосов и минимальным расходом, ниже которого нельзя снижать подачу воды, т.е. $0,8\ Q_c^{мин}$. Распределение воды между очистными сооружениями и самотечной линией производится задвижками.

Обводную линию для промывки укладывают в здании или за его пределами. Диаметр ее назначается равным $0,5 - 0,6\ Ø_{сл}$. Опыт эксплуатации водозаборов позволяет продолжительность промывки принимать 15 ÷ 20 мин. При обратной промывке скорость потока воды в самотечной линии в прямом направлении в 1,5-2 раза выше, чем в обратном направлении, поэтому насосы из самотечной линии в основном будут смыты в береговой колодец.

Промывка импульсами давления может производиться самостоятельно или совместно с обратным током воды при недостатке расхода обратного тока. Наиболее простым способом создания импульсов давления является срыв вакуума в вакуумной

колонне.

На концах самотечных труб устанавливают колонны, верх которых выводят на 6–8 м выше пьезометрической линии при промывке. К верхней части колонны присоединяют вакуум-насос и клапан срыва вакуума.

При создании вакуума вода в колонне поднимается на 5–6 м выше пьезометрической линии в самотечном водоводе. Под напором, отмеряемым от уровня воды в реке, возникает обратная волна давления (импульс), промывающая решетку и способствующая взмучиванию осевших в самотечной линии наносов.

Диаметр вакуумного стояка рекомендуется принимать не менее диаметра самотечного водовода, а диаметр клапана срыва вакуума 0,1 диаметра колонны.

Эти же колонны используются для обратной промывки, что позволяет при необходимости осуществлять комбинированную промывку обратным током совместно с импульсами давления.

2.7. Рыбозащитные устройства. Зонтичный водоприемник

Расчет рыбозащитных устройств (РЗУ) должен производиться из условия защиты ранней молоди ценных видов рыбы. При этом расчетную длину рыбы принимают l_p =0,5 . . .4см.

По характеру воздействия на рыб все РЗУ разделяются на механические, гидравлические, экологические, поведенческие.

К механическим РЗУ относятся неподвижные плоские сетки, вращающиеся сетки, сетчатые барабаны и преграды на пути следования рыбы (из хвороста, камня, щебня и т.д.).

Гидравлическими устройствами в зоне водоприема создаются особые гидравлические условия (с помощью западней, отбойных козырьков и др.) в виде внезапного местного изменения направления движения потока, скорости и т.д., способствующие отводу рыб от водоприемного окна.

Физиологические устройства (влияние электрическим током, светом, звуком и т.д.) изменяют поведение рыб перед водозабо-

– ром.

Экологические способы основаны на выделении в источнике нерыбных зон для рыб.

Наиболее совершенными РЗУ являются фильтрующие устройства, перекрывающие водоприемные окна. Фильтрующие элементы бывают различной конструкции и из различного материала.

Определяющей величиной является средняя скорость подхода $\bar{v}$, которая определяется из отношения пропускной способности водозабора $Q_в$ и к рабочей площади фильтрующего элемента .

$$\bar{v} = Q_в / F. \qquad (14)$$

Средняя скорость подхода не должна превышать крейсерской скорости молоди рыб , которая в каждом случае задается ихтиологами

$$\bar{v} \leq v_к. \qquad (15)$$

При отсутствии данных о крейсерской скорости молоди рыб для приближенных расчетов можно принять

$$v_к \approx 4 l_р, \qquad (16)$$

где $l_р$ – длина тела рыб.

При отсутствии данных о размерах рыб, $\bar{v}$ принимается равной 0,25м/с в водотоках со скоростями течения свыше 0,4м/с и 0,1 м/с-в водотоках со скоростями менее 0,4 м/с и в водоемах.

Очистка фильтрующих устройств от сора осуществляется обратной промывкой с применением импульсного способа.

В настоящее время ведутся поиски конструкций водоприемников, сводящих к минимуму попадание рыбы в водозабор, даже не оборудованный РЗУ. Из таких конструкций можно рекомендовать

зонтичный водоприемник. Он представляет собой цилиндр (короб) из дерева, металла, пластмасс и т.д. Цилиндр устанавливают на направленный вертикально вверх конец самотечной или всасывающей трубы (рис. 7).

Площадь рабочего сечения зонтика определяется из формулы расхода

$$\omega = \frac{Q_в}{v_1}, \qquad (17)$$

где $Q_в$ – расход воды водозабора; v_1 – скорость потоков воды между стенками цилиндра и самотечной трубой.

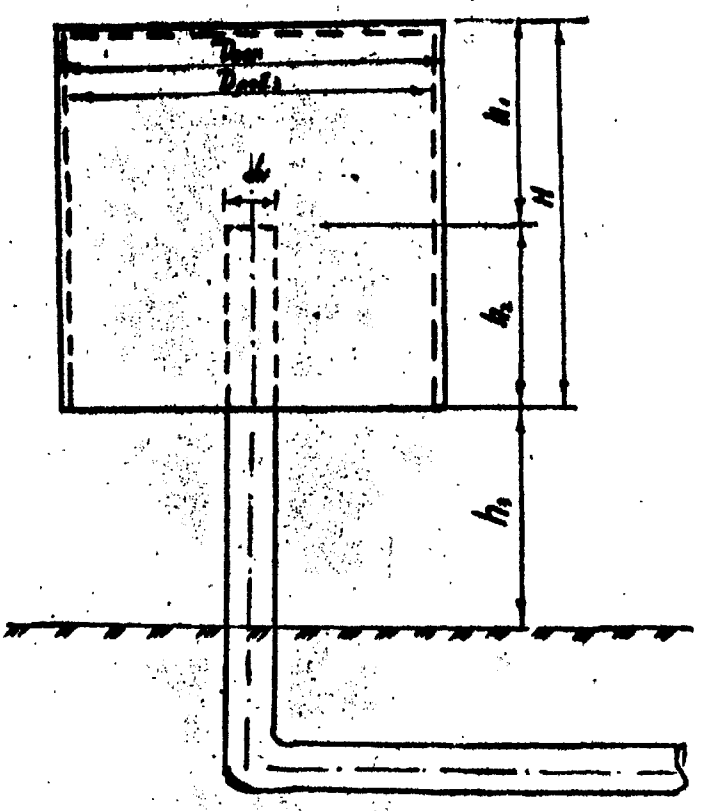


Рис.7 Зонтичный водоприемник

$$\omega = \frac{\pi D_{зон}^2}{4} - \frac{\pi d_п^2}{4} = \frac{q_в}{v_1}, \qquad (18)$$

откуда

$$D_{зон} = \sqrt{1{,}27\frac{q_в}{v_1} + d_п^2}. \qquad (19)$$

Исследованиями установлено, что рабочий диаметр зонтика

$$D_{раб.з} = D_{зон} - 0{,}1 D_{зон}, \qquad (20)$$

где $0{,}1 D_{зон}$ равна двум размерам застойной зоны по периметру зонта.

Высота цилиндра зонта

$$H = h_1 + h_2, \qquad (21)$$

где h_1 – расстояние от крышки цилиндра до кромки самотечной трубы; h_2 – расстояние от края самотечной трубы до низа цилиндра.

Скорость движения воды в самотечной трубе принимают равной $0{,}7 \div 0{,}8$ м/с. Это соответствует бросковой скорости молоди длиной 20 мм.

Можно принять следующие оптимальные размеры:

$$h_1 = 0{,}45 D_{раб.з} \quad и \quad h_2 = (1{,}3 \ldots 1{,}5) в, \qquad (22)$$

где b – расстояние от внутренней поверхности стенки цилиндра до самотечной трубы.

Расстояние от края цилиндра до дна водоема рассчитывается так, чтобы скорость подхода воды к водоприемнику не превышала скорости внутри цилиндра. Это условие обычно выполняется при

$$h_в \geq 0{,}5\, D_{рас.в.} \qquad (23)$$

2.8. Методы и средства шуголедовой защиты водозаборов

Шуголедовые явления на реках создают наиболее серьезные затруднения в работе водозаборов.

Выделяют два типа шуговаторов: глубинные, при которых шуга вовлекается на глубину до 5 . . .7 м, но шуголедовый массив охватывает сравнительно небольшой участок реки (1...2км, реке до 5 км); поверхностные, когда шуговаторы распределяются на участок реки 10... 15 км при глубине погружения до 2,5м.

Определяющее значение в обеспечении устойчивой работы водозаборов имеет выбор места расположения.

Общеизвестные способы устранения шуголедовых помех можно отнести: к первой группе, т.е. устранение помех непосредственно у водоприемных окон – подача пара и нагретой воды, обратная промывка, электрообогрев решеток, обколка льда с устройством майны над оголовками; ко второй группе относятся методы и средства, направленные на обеспечение раннего ледостава и предотвращения за счет этого проникания шуги в акваторию водоприемных устройств. Вторая группа способов более эффективна, чем первая

Для того, чтобы шуга не прилипала к стержням решетки, необходимо поддерживать температуру поверхности стержней на 0,05° С выше температуры воды. Так как возможно переохлаж-

дение воды до - 0,02... -0,08° С, то нагрев стержней решетки осуществляется на 0,07...0,13° С выше температуры воды.

Требуемая для обогрева стержней решетки мощность , квт определяется по формуле

$$N = 1.86 \cdot 10^{-3} \alpha F_{ст} \Delta t, \qquad (24)$$

где α - максимальный коэффициент теплоотдачи от стержня решетки к воде, Вт/м^2 . °С; $F_{ст}$ - площадь обогреваемой поверхности стержней, м^2 ; Δt =0,07...0,13°С - перепад температур.

С учетом влияния шуги коэффициент теплоотдачи подсчитывается по выражению

$$\alpha = 1,34 \cdot 10^3 \sqrt{b/d + 1} \cdot v^{0.5} / d^{0.5}, \qquad (25)$$

где b - ширина стержня решетки, м; d - диаметр лобовой части стержня (толщина), м; v - скорость движения воды в решетке, м/с.

Площадь обогреваемой поверхности стержней определяется по формуле

$$F_{ст} = l \cdot n \cdot P_c, \qquad (26)$$

где l - длина стержня решетки, м; P_c - периметр сечения стержня,м; n - количество стержней.

Решетки с электрообогревом получили наибольшее распространение. В настоящее время применяется индукционный метод обогрева, имеющий более высокие экономические показатели. Стержни сороудерживающих решеток должны быть изготовлены из гидрофобных материалов или покрыты ими.

На существующих водозаборах отдается предпочтение способам борьбы с шугой на дальних подступах к водоприемникам. Эта задача решается за счет раннего ледостава. Этим условиям отвечают ковшовые водозаборы. Ускорение ледостава достигается установкой шугоотбойных запаней. Запани устанавливают не только в ковшах но и в русле реки. Запани устанавливают из бревен, брусьев, плетней из хвороста.

Одним концом запань крепится на берегу ниже оголовка, а вторым - в русле реки. В начале периода ледообразования, когда шуга находится на поверхности потока, она устанавливается запанью и быстро смерзается, образуя сплошной ледяной покров.

Запань готовится на берегу и устанавливается на место в предледоставный период. С образованием устойчивого ледостава на реке лед вокруг запани обкалывают и она вытаскивается на берег.

На береговых водоприемниках в качестве шугоотбойных устройств могут применяться такие шпоры из каменной наброски, возвышающиеся на 0,5...1 м над минимальным горизонтом шугохода.

2.9. Вспомогательные устройства и оборудования водозаборов

2.9.1. Оборудование для удаления осадков

Скопившиеся в камерах водозабора осадки и наносы удаляются с помощью водоструйных или центробежных насосов.

Водоструйные насосы (гидроэлеваторы) стационарные или переносные применяются для удаления осадка на небольших водозаборах.

Объем осадка, подлежащий удалению, определяется при высоте его 0,5 ÷ 0,75 м в приемной части берегового колодца. Потребная производительность гидроэлеватора принимается из условия продолжительности откачки 2 . . .3 часа. Расход воды, подводимой к гидроэлеватору, примерно составляет 50% полезной производительности, а напор - 30...40м.

Центробежные насосы для удаления наносов применяют в водозаборах большой производительности. Наиболее подходящими насосами являются насосы для перекачивания сточных жидкостей, имеющие значительные зазоры между лопатками рабочих колес и корпусом. Для эффективной работы насосов необходимо предварительное рыхление наносов, для чего могут использоваться дырчатые трубы, укладываемые по дну водоприемных камер.

2.9.2. Дренажные насосы и вакуум-насосы

Эти насосы небольшие и специальной площадки для размещения не требуют.

Дренажные насосы откачивают из помещения воду, накапливающуюся в результате утечек через сальники насосов, просачивания через стены и пол, утечек при ремонте или авариях на трубопроводах. Производительность дренажных насосов принимают 10...30 л/с, напор - 10...20м. Обычно устанавливают насосы типа К и КМ.

Вакуум-насосы устанавливают для зарядки сифонных трубопроводов, для промывки водоприемника импульсами давления и для пуска насосов НС-1, если они устанавливаются не под заливом. Вакуум-насосы подбирают по производительности, $м^3$/мин и необходимому вакууму, м. вод. ст.

Промышленность выпускает вакуум-насосы нескольких типов, наиболее часто применяются насосы КВН (контрольно-вакуумный насос).

2.9.3. Грузоподъемное оборудование

На водозаборных сооружениях подъем решеток, плоских сеток и щитов для очистки и ремонтных работ обычно производится электрической талью. Изготовляются тали грузоподъемностью от 0,25 до 10 т с высотой подъема от 6 до 36 м. Скорость подъема 0,13 м/с, передвижения - 0,33 м/с.

Усилия Р,Н, необходимые для подъема щитов (решеток, сеток) грузоподъемными устройствами, определяются по формуле

$$P = (mg + P \cdot f \cdot F) K, \qquad (27)$$

где m – масса щита и троса или цепи, кг; g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с^2; P – сила гидростатического давления на 1 м^2 решетки, Па; f – коэффициент трения металла по смоченному металлу, равный 0,44; K – коэффициент запаса, равный 1,5; F – площадь решетки, м^2.

Сила гидростатического давления на щит P, ПА при допустимом перепаде давления 0,5 м – $P = 4{,}9 \cdot 10^3$ Па.

Подставив численные значения входящих в формулу (27) величин, получим

$$P = 14{,}7\, m + 3{,}2 \cdot 10^3 \cdot F, \qquad (28)$$

Для зданий НС – 1 круглой формы целесообразно использовать краны мостовые радиальные, вращающиеся вокруг центральной опоры. Такие краны изготовляются индивидуально по специальному заказу. Разработаны краны грузоподъемностью 5,8 и 10 т.

2.10. Зоны санитарной охраны

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

Границы зон санитарной охраны устанавливаются согласно указаниям главы 10 / 10 /.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абраков Н.Н. Водоснабжение. – 3-е изд. – М.: Стройиздат, 1982. – 440с.

2. Басс Г.М. и др. Водоснабжение. Технико-экономические расчеты. - Киев: Вища школа, 1977. - 152 с.
3. Белан А.Е., Хорухий П.Д. Проектирование и расчет устройств водоснабжения. - Киев: Будивельник, 1981. - 190с.
4. Белан А.Е. Технология водоснабжения. - Киев: Наукова думка, 1985. - 266 с.
5. Водозаборы оросительных систем и охрана природы. - Киев: Будивельник, 1982. - 116 с.
6. ГОСТ 17.1.3.03-77. Охрана природы. Гидросфера. Правила выбора и оценка качества источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. - М: 1977. - 13 с.
7. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. М.:Стройиздат, 1978. - 424 с.
8. Образовский А.С. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. - М.: Стройиздат, 1976.-368с.
9. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений / Под ред. А.С. Москвитина. - М.: Стройиздат. 1979. -430с.
10. СНиП 2.04.02 - 84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М.: 1985. - 134 с.
11. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и пром. предприятий/ Под ред. И.А.Назарова. - М.:Стройиздат, 1977. - 288с.
12. Тугай А.М. Расчет и конструирование водозаборных узлов. - Киев: Будивельник, 1984. - 169с.
13. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод. Справочное пособие к СНиП, М.: СИ, 1990.

Таблица 1

Характеристики водозаборов по производительности

Характеристика водозабора	Производительность, $м^3/с$
Малой производительности	Меньше 1
Средней производительности	От 1 до 6
Большой производительности	Больше 6

Таблица 2

Расчетная обеспеченность уровней воды для водозаборов

Категория	Расчетная обеспеченность уровней воды в поверхностных источниках для водозаборов, %	
	максимального	минимального
I	1	97
II	2	95
III	3	90

Таблица 3

Сооружающие съемные решетки

Окно			Решетка						
мм	мм	живое сечение, $м^2$	мм	мм	мм	мм	мм	мм	масса, кг
400	600	0,22	500	760	170	60	6	40	20
600	800	0,48	700	960	170	60	6	40	33
800	1000	0,72	900	1160	170	60	6	50	52
1000	1200	1,00	1100	1460	170	60	10	50	94
1250	1500	1,62	1370	1810	210	90	10	60	135
1500	2000	2,58	1820	2315	252	120	10	60	205
1750	2500	3,42	1770	2365	252	120	10	60	410
2000	2500	4,16	2120	2668	278	140	10	80	525
2500	3000	6,24	2620	3168	458	140	10	80	693

Таблица 4

Сетки водоочистные, вращающиеся

Показатели	Тип сетки					
	С внешним подводом воды				С лобовым подводом воды	
	ТН-1500	ТН-2000	ТН-2500	ТН-3000	ТЛ-3100	ЗВ-2350
Пропускная способность, $м^3/с$	1...5	1,5..7	2...8	2...10	2...6	3...5
Рабочая ширина, мм	1500	2000	2500	3000	3100	2350
Скорость движения сетки, м/мин	4	4	4	4	5,25	3,92
Приводной электродвигатель: мощность, квт,	4	4	4	4	4,5	3
частота вращения, об/мин	970	970	970	970	690	960
Расход промывной воды, л/с	15..20	15..20	15..20	15..20	30	15..20
Напор промывной воды, м	15..20	15..20	15..20	15.20	40	30..40
Установочная ширина сетки, мм	1680	2180	2680	3180	3420	2400
Высота приводного агрегата, мм	1200	1150	1280	1300	2000	890
Высота опорной конструкции (порога) мм	1150	1200	1700	1900	1000	1250
Радиус нижней петли, мм	730	730	1075	1425	-	-
Расстояние между центрами звездочек, м	5..20	5..20	5..20	5..20	9..18	5..18

Таблица 5

Сетки съемные, плоские

Окно		Рамка		Масса в кг сетки из проволоки		
мм	мм	мм	мм	=1,2мм с ячейками размером 2х2 мм	=1мм с ячейками размером 3,5х3,5	=1мм с ячейками размером 4,5х4,5
1	2	3	4	5	6	7
800	1000	930	1130	53,5	49,5	48,7
	1250		1380	61	56,3	55,3
	1500		1630	68,7	63	62
1000	1250	1130	1380	68	62,4	61,3
	1500		1630	98,8	92	90,7
	2000		2130	107,3	98,6	97
	2500		2630	119,5	108,8	106,8
1250	1500	1380	1630	90	82	80
	2000		2130	119	92	89
	2500		2630	143	110	107
1500	2000	1630	2130	127,5	98,9	113
	2500		2630	170,3	115,4	152,5
	3000		3130	204	162	181
1750	2000	1880	2130	159	107,3	142,5
	2500		2630	185	145,2	165
	3000		3130	222	174	198
2000	2500	2130	2630	216	169	192
	3000		3130	260	204	232

Примечание: Размеры ячеек сеток даны в свету.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ВОДОЗАБОРЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Методические указания к курсовому и дипломному проекту для студентов специальности 2908

Составитель ЗАББАРОВ Альберт Кургаянович
Редактор Г.А.Рябенкова
Корректор Н.Н.Авдонина

Подписано в печать Бесплатно Формат 60x84/16
Заказ 418 Тираж 150 экз. Усл.печ.л.2,4
Печать офсетная Бумага тип.№2 Уч.-изд.л.2,4

Редакционно-издательский отдел
Казанского инженерно-строительного института
Адрес института и офсетной лаборатории:
420043,Казань, Зеленая, I