

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования "Белорусский национальный технический университет"

Факультет энергетического строительства

Кафедра "водоснабжение и водоотведение"

ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

методические указания к выполнению курсового проекта по
дисциплине **«Водозаборные сооружения»**
для студентов заочной формы обучения специальности
I-70 04 03 – водоснабжение, водоотведение
и охрана водных ресурсов

Минск 2014

УДК 628.5.543

В методических указаниях по дисциплине "Водозаборные сооружения" приводятся сведения по проектированию водозаборов из поверхностных и подземных источников. Даны рекомендации по выбору места расположения водозаборных сооружений, типа и схем водозаборов. Изложена методика определения основных расчетных параметров элементов водозаборных сооружений для их конструирования и выбора основного и вспомогательного технологического оборудования в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами и технической литературой. Приведены рекомендации по эксплуатации водозаборных сооружений.

Составитель:
Шейко А.М., к.т.н.

Шейко Андрей Михайлович

Рецензенты:
Ивашечкин В. В., Лапицкий В. П.

© Учреждение образования «Белорусский национальный
технический университет»

Содержание

Введение.....	4
1. Состав и объем проекта.....	4
2. Водозаборы из поверхностных источников.....	5
2.1 Выбор места, типа и схемы расположения водозаборных сооружений.....	5
2.2 Гидравлические и технологические расчеты.....	11
2.3 Насосная станция I подъема.....	20
2.4 Эксплуатация водозаборных сооружений.....	28
2.5 Зоны санитарной охраны поверхностных источников водоснабжения.....	30
3. Водозаборы из подземных источников.....	31
3.1 Состав и схемы скважинных водозаборов.....	31
3.2 Основные элементы водозаборных скважин и их расчет..	34
3.3 Гидрогеологические и гидравлические расчеты скважинных водозаборов.....	43
3.4 Эксплуатация водозаборов подземных вод.....	50
3.5 Зоны санитарной охраны подземных источников водоснабжения.....	52
Список использованных источников.....	54
Приложение А.....	55
Приложение Б.....	60

Введение

Водозаборные сооружения являются первым элементом системы водоснабжения населенного пункта, поэтому от правильного проектирования, строительства и эксплуатации этих сооружений будет зависеть надежность подачи воды определенного качества конечному потребителю.

Целью методического указания является углубление и обобщение полученных студентами знаний при выполнении курсового проекта по водозаборным сооружениям из поверхностных и подземных источников, приобретение практических навыков проектирования водозаборных сооружений и самостоятельное использование специальных нормативных и справочных источников.

Курсовой проект выполняется в соответствии с индивидуальным заданием, выдаваемым студенту.

1. Состав и объем проекта

Курсовой проект должен состоять из расчетно-пояснительной записки и чертежа.

В расчетно-пояснительной записке должны быть представлены следующие материалы:

1. По водозаборам из поверхностных источников:

- выбор места, типа и схемы расположения водозаборных сооружений;
- гидравлические и технологические расчеты;
- насосная станция I подъема. Описание основного и вспомогательного оборудования;
- эксплуатация водозаборных сооружений. Мероприятия по рыбозащите, борьбе с шугой, донным льдом, наносами;
- зоны санитарной охраны поверхностного источника водоснабжения;

2. По водозаборам из подземных источников:

- состав сооружений и схемы скважинных водозаборов;

- основные элементы водозаборных скважин и их расчет. Проектирование здания насосной станции первого подъема. Расчет и подбор фильтров скважин;

- гидрогеологические и гидравлические расчеты скважинных водозаборов. Расчет дебита водозаборных скважин в напорных и безнапорных условиях. Расчет напора насосов и подбор водоподъемного оборудования;

- эксплуатация водозаборов подземных вод;

- зоны санитарной охраны подземного источника водоснабжения;

- список использованных источников.

В графическую часть входят:

- план и разрез водозаборного сооружения в выбранном створе реки (М 1:50, 1:100);

- чертеж одного из элементов (сетка, решетка, оголовки (М 1:5, 1:10));

- план подземного водозабора;

- технический разрез скважины и здания насосной станции первого подъема;

- деталь фильтра водозаборной скважины;

- спецификация (по СТБ 2255-2012).

2. Водозаборы из поверхностных источников

2.1 Выбор места, типа и схемы расположения водозаборных сооружений

В общем случае водозабор из поверхностных источников должен состоять из [1]:

- водоприемника;

- водоводов (самотечных или сифонных);

- водоприемного колодца;

- насосной станции;

- оборудования и арматуры.

В водозаборных сооружениях I и II категории по надежности подачи воды следует предусматривать секционирование водоприемной части. Минимальное количество секций равно двум.

При выборе места расположения и типа водозаборных сооружений на водотоках следует учитывать:

- назначение водозабора и предъявляемые к нему требования;
- гидрологические, топографические, геологические, гидрогеологические, ихтиологические условия;
- качество воды;
- требования бесперебойности подачи воды потребителю;
- удаленность от потребителей воды;
- требования судоходства;
- условия строительства сооружений, последующей эксплуатации их и перспективы водохозяйственных мероприятий на данном водоисточнике;

Водозаборные сооружения на реках следует располагать на вогнутом берегу, в зоне наибольших глубин русла. При этом необходимо предусматривать мероприятия по сохранению берегового откоса и его укреплению.

Место забора воды для питьевого водоснабжения следует принимать выше по течению водотока от:

- выпусков в водоток сточных вод;
- населенных пунктов, расположенных на берегу кладбищ и скотомогильников;
- стоянок судов;
- животноводческих комплексов и ферм.

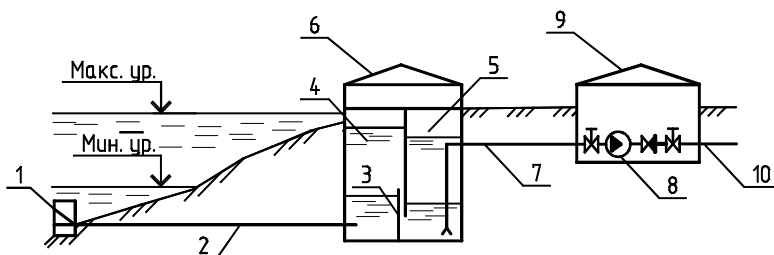
Не допускается размещать водоприемники:

- в пределах зон движения судов;
- в зоне отложения донных наносов;
- в местах зимовья и нереста рыб;
- на участках возможного разрушения берега, возникновения шуги и заторов.

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

Из применяемых в настоящее время типов водозаборных сооружений наибольшее распространение получили русловые и береговые. В свою очередь русловые (рис. 2.1) и береговые водозаборные сооружения делятся на два типа: раздельной и совмещенной компоновки [2].

а)



б)

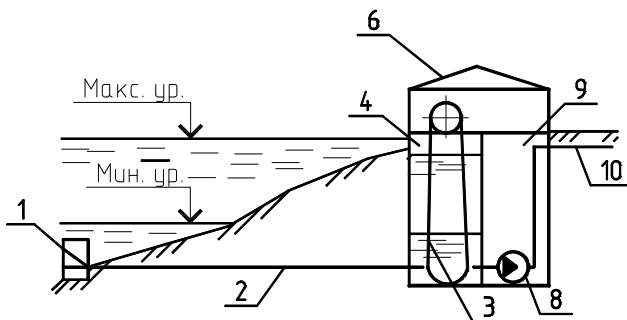


Рисунок 2.1 – Схема руслового водозабора

а) раздельной компоновки; б) совмещенной компоновки

1 — водоприемник; 2 — самотечный или сифонный водовод; 3 — сорудерживающая сетка; 4 — водоприемное отделение; 5 — всасывающее отделение; 6 — водоприемный колодец; 7 — всасывающий трубопровод; 8 — насос; 9 — насосная станция первого подъема; 10 — напорные водоводы;

Устройство русловых водозаборных сооружений обуславливается необходимостью выноса водоприемного оголовка в русло водо-

источника на определенное расстояние от водоприемного колодца и насосной станции.

Поступление воды от оголовка в водоприемный колодец осуществляется самотечными или сифонными водоводами, которых должно быть не менее двух.

При необходимости обеспечения предварительной грубой очистки воды, после оголовка перед насосами в водоприемном колодце размещают водоочистные сетки. Водоприемные колодцы с водоочистными сетками называют водоприемно-сеточными колодцами.

При применении на оголовках в качестве рыбозащитных мероприятий фильтрующих элементов или при устройстве оголовков фильтрующего типа установка водоочистных сеток не предусматривается [2].

Наиболее ответственными элементами в технологической схеме водозаборных сооружений являются водоприемники, поэтому при проектировании водозаборных сооружений с русловыми водоприемниками следует применять их типовые проекты.

При благоприятных местных условиях (достаточно крутом береговом откосе) более надежными, экономичными и удобными в эксплуатации являются водоприемники берегового типа с совмещенной или раздельной компоновкой (Рис. 2.2). Водоприемники при таких водозаборных сооружениях размещают в береговых откосах с обеспечением постоянного эксплуатационного обслуживания водоприемных окон в любое время года.

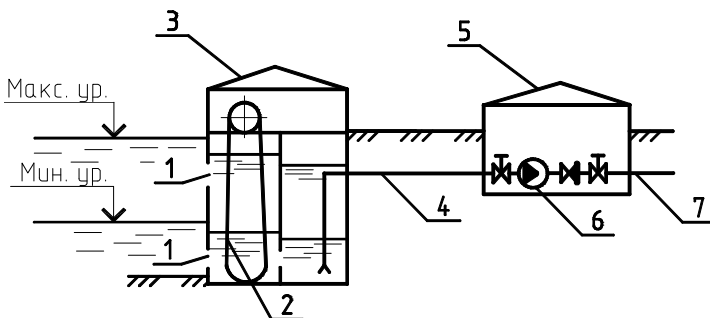
При раздельной компоновке насосную станцию первого подъема устраивают отдельно от берегового водоприемного колодца и подача воды к насосам осуществляется через всасывающие водоводы.

Вода из реки поступает во входные окна водоприемника, которые располагаются в передней стенке водоприемного колодца, как правило, в несколько ярусов по высоте. Ярусное расположение водоприемных отверстий обеспечивает забор воды лучшего качества в зависимости от уровенного режима водотока.

Водоприемные отверстия оборудуют пазовыми конструкциями, в которые в зависимости от гидрологической и ихтиологической обстановки на водотоке могут быть опущены: сороудерживающие решетки, рыбозащитные пакеты, решетки-реостаты.

Дополнительно для защиты водоприемных отверстий от плавающих сора, щепы, шуги, а также для отвода молоди рыб из зоны забора воды перед водоприемником могут устанавливаться запани различных конструкций или устраиваться пневмозавесы.

а)



б)

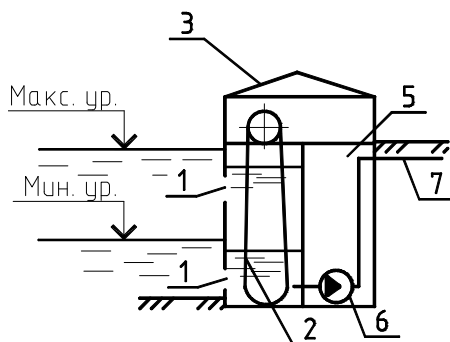


Рисунок 2.2 –Схема берегового водозабора

а) раздельной компоновки; б) совмещенной компоновки

1 — водоприемные окна; 2 – сороудерживающая сетка; 3 — водоприемный колодец; 4 — всасывающий трубопровод; 5 — насосная станция первого подъема; 6 — насос; 7 — напорные водоводы;

С внутренней стороны водоприемные отверстия оборудуют укороченными задвижками, клапанами или щитами, позволяющими в

любое время полностью или частично перейти к забору воды с одного яруса на другой [2].

Внутри водоприемного колодца находятся сороудерживающие сетки (плоские съемные или вращающиеся). Сетки обеспечивают более полную очистку воды от сора и практически разделяющие колодец на два отделения: водоприемное – перед сеткой и всасывающее – за ней.

Для предотвращения заилиения взвешенными частицами, поступающими вместе с водой и выпадающими в осадок вследствие резкого уменьшения скорости движения воды в колодце, водоприемно-сетчатый колодец должен быть оборудован наносоудаляющими устройствами – эжекторами, всасывающими водоводами грязевых насосов, специальными приемками, а при больших расходах – взмучивающими водоводами.

Водоприемный колодец выполняют в основном из железобетона прямоугольным, круглым в плане, овальной формы или состоящим из двух полуокружностей с прямыми вставками, в зависимости от места его расположения на берегу, способа возведения или занимаемой площади.

Для обеспечения бесперебойной работы и периодической очистки и ремонта без прекращения подачи воды водоприемный колодец должен быть разделен продольными перегородками на несколько (не менее двух) параллельно работающих секций.

Размеры и площадь водоприемных отверстий колодца должны определяться исходя из допустимых скоростей по условиям рыбозащиты, защиты от шуголедовых помех и допустимых сопротивлений [2].

Размеры берегового водоприемного колодца в плане определяются габаритами водоприемных отверстий и сеток, количеством и диаметром всасывающих водоводов. Размеры водоприемников, совмещенных с насосной станцией, зависят от количества и типа установленных насосов. Глубина колодца зависит от амплитуды колебания уровней воды в водоисточнике, толщины ледового покрова и грунтовых условий.

2.2 Гидравлические и технологические расчеты

Затопленные водоприемники и водоводы. Конструктивное оформление водоприемников должно отвечать гидравлическим условиям потока. Низ водоприемных отверстий должен быть расположен выше дна водоема или водотока не менее чем на 0,5 м, а верх водоприемника размещают на отметке не менее чем на 0,2 м ниже минимальной отметки нижней поверхности льда. Водоприемники должны быть защищены от подмыва обтекающим потоком устройством заглубленного основания и при необходимости – креплением ложа водоисточника вокруг них [2].

На реках с легкими и средними природными условиями применяют железобетонные раструбные оголовки с боковым приемом воды (Рис. 2.3) при производительности водозаборов до $1 \text{ м}^3/\text{с}$.

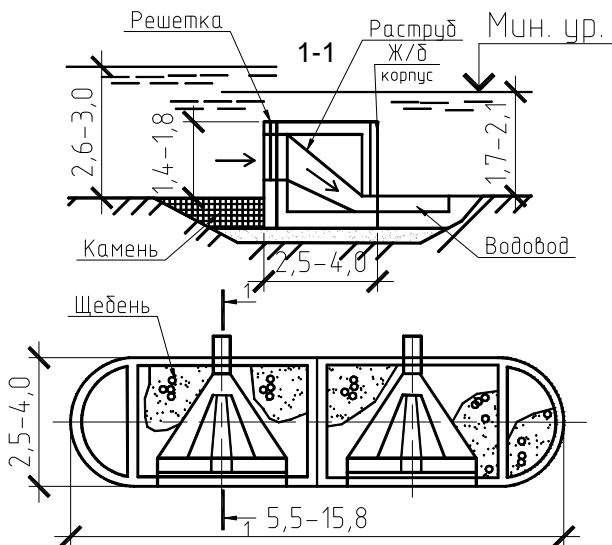


Рисунок 2.3 – Железобетонный раструбный оголовок с боковым подводом воды

Основные конструкции водоприемников и их размеры представлены в [3].

Гидравлический расчет водоприемников выполняют для определения:

- размеров водоприемных отверстий, диаметров самотечных или сифонных водоводов и других конструктивных элементов;
- потерь напора в водоприемнике и подводящей системе водоводов;
- наивысшей отметки оси насосов;

Гидравлические расчеты производят для нормальных и особых условий эксплуатации водозаборных сооружений, в том числе и затопленных водоприемников. Под нормальными условиями эксплуатации подразумевают одновременную работу всех секций водозаборного сооружения, кроме резервных.

При особых условиях эксплуатации, при минимально возможном уровне воды в источнике, для водозаборных сооружений I категории, когда выключена одна из секций, по другой секции проходит весь расчетный расход забираемой воды, для II и III категорий: 30 % проходит по первой секции и 70 % – по второй.

Размеры элементов водозаборного сооружения определяют применительно к нормальным условиям работы, а *расчеты потерь давления и отметки оси насосов — применительно к особым условиям.*

Размеры водоприемных окон или щелей определяют по среднему удельному расходу или скорости втекания воды в водоприемные отверстия (в свету), сороудерживающие решетки, сетки или в поры фильтров, с учетом требований рыбозащиты.

Допустимые скорости втекания воды в водоприемные окна $V_{окн}$, м/с, без учета требований рыбозащиты, принимают для средних и тяжелых условий забора воды соответственно [2]:

- в береговые незатопляемые водоприемники – от 0,6 до 0,2;
- в затопляемые водоприемники – от 0,3 до 0,1.

С учетом требований рыбозащиты в водотоках со скоростью течения более 0,4 м/с допустимую скорость втекания $V_{окн}$ принимают равной 0,25 м/с, в остальных случаях – 0,1 м/с.

Площадь водоприемных отверстий Ω , м², вычисляют при одновременной работе всех секций водозаборного сооружения (кроме резервных) по следующей формуле:

$$\Omega = 1,25 \cdot \frac{Q_{pc}}{V_{окн}} K,$$

где Q_{pc} — расчетный расход одной секции, м³/с;

$$Q_{pc} = \frac{\alpha \cdot Q}{T_1 \cdot n \cdot 3600},$$

где α — коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды водозабора, принимается $\alpha = 1,09 \dots 1,1$;

Q — полный расход водозаборного сооружения (указан в задании), м³/сут;

T_1 — продолжительность работы насосной станции первого подъема при круглосуточной работе, $T_1 = 24$ ч;

n — число секции водозабора ($n \geq 2$);

K — коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решеток или сеток; принимают: для решеток $K = \frac{a+c}{a}$, для

сеток $K = \left(\frac{a+c}{a}\right)^2$, здесь a — расстояние между стержнями в свету, см; c — толщина стержней, см.

Для сеток размер ячейки в свету, принимается для плоских съемных сеток 2; 3,5; 4,5 мм, для вращающихся — 2-3 мм; толщина проволоки, принимается равным 1; 1,2 мм. Расстояния в свету между стержнями решетки следует принимать от 20 до 70 мм. Толщина стержней может составлять 6-12 мм.

В водоприемниках с фильтрующими кассетами или фильтром площадь водоприемных отверстий Ω , м², вычисляют при

$$K = 1/n_\phi,$$

где n_ϕ – пористость фильтра; для гравийно-щебеночных фильтров принимают в пределах от 0,3 до 0,5, керамзитовых – от 0,30 до 0,45, полиэтиленовых – от 0,4 до 0,5, керамзитобетонных – от 0,2 до 0,4). Решетка и сетка подбираются исходя из стандартных размеров водоприемных окон (расчетное значение округляется в большую сторону) и проверяется скорость движения воды с новыми размерами окон [2].

Решетка представляет собой металлическую рама, сваренную из угловой стали или швеллера с металлическими стержнями из полосовой или круглой стали (рис. 2.4). При предварительных проектных проработках рекомендуется принимать размеры сороудерживающих решеток в зависимости от размеров водоприемных отверстий согласно табл. А.2 прил. А.

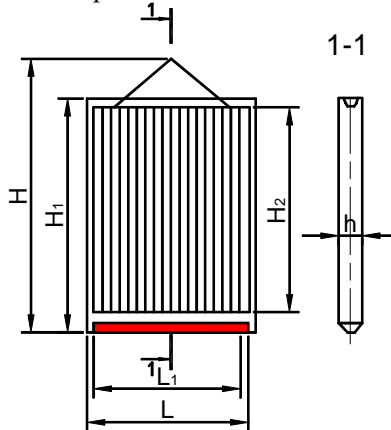


Рисунок 2.4 – Сороудерживающая решетка

Определение потерь напора на решетках. Потери давления в решетках $h_{реш}$ вычисляют по формуле

$$h_{реш} = \xi_{реш} \frac{v_p^{-2}}{2g},$$

где \bar{v}_p – средняя скорость воды перед решеткой, м/с; определяется из условия работы водозабора в особых условиях.

$\xi_{реш}$ – коэффициент сопротивления в решетках вычисляют по формуле

$$\xi_{реш} = K \left(\frac{c}{c+a} \right)^{1,6} \cdot \left(2,3 \frac{l_c}{a} + 8 + 2,4 \frac{a}{l_c} \right) \sin \alpha ,$$

где K – коэффициент; принимают равным для стержней: прямоугольного сечения – 0,504; то же с закругленными входными кромками – 0,318; клинообразного сечения с закругленными кромками – 0,182;

l_c – ширина стержней, мм;

α – угол наклона решетки к горизонту в градусах.

Для решетки со стержнями круглого сечения с диаметром d_c коэффициент сопротивления $\xi_{реш}$ вычисляют по формуле

$$\xi_{реш} = 1,79 \left(\frac{d_c}{a} \right)^{1/3} \sin \alpha .$$

Сетки служат для предварительной механической очистки воды от взвесей и планктонных образований, прошедших через решетки сооружения. Сетки по конструкции бывают плоские и вращающиеся. Вращающиеся сетки следует применять в средних и тяжелых условиях загрязненности источника, а также при производительности водозабора более 1 м³/с. Основные размеры плоских сеток приведены в табл. А.3 прил. А.

Сетки вращающиеся представляют собой каркас, на котором закреплены два барабана – верхний приводной и нижний ведомый. На барабаны натянута лента, состоящая из отдельных, соединенных между собой шарнирно звеньев – плоских сеток. Размеры этих звеньев по высоте равны 250-600 мм. Ширина их стандартизирована в зависимости от требуемой рабочей площади сетки (1500, 2000

и 3000 мм). Производительность сеток составляет от 1 до 8 м³/с. Скорость движения полотна сетки может составлять от 4 до 5,25 м/мин. Мощность привода для вращения сетки колеблется от 2 до 4,5 кВт. Промывка сетки производится непрерывно или автоматически по достижении соответствующей степени загрязнения.

Потери напора на сетках для особых условий работы водозабора принимаются равными 0,15-0,2 м [3].

Фильтрующие водоприемники. Коэффициент фильтрации K_ϕ для фильтров из гравия, гальки или щебня следует вычислять по формуле

$$K_\phi = 18 \cdot e \sqrt{d},$$

где e – коэффициент пористости; принимают равным: 0,4 – для гравия и гальки; 0,5 – для щебня;

d – диаметр частиц фильтрующего материала, м.

Коэффициент фильтрации K_ϕ для фильтров из камня вычисляют по формуле

$$K_\phi = S \cdot e \sqrt{d},$$

где S – коэффициент; вычисляют по формуле

$$S = 20 - \frac{14}{\sqrt{d}}.$$

Для камня округленной формы принимают $e = 0,4$.

Скорость фильтрации воды в фильтре при турбулентном режиме V_ϕ вычисляют по формуле

$$V_\phi = K_\phi \sqrt{I},$$

где I – пьезометрический уклон.

При ламинарном режиме фильтрации $V_\phi = K_\phi I$.

Потери давления в фильтре Δh_ϕ следует вычислять по формуле

$$\Delta h_\phi = \frac{V_\phi^2}{K_\phi^2} \delta,$$

где δ – толщина одного слоя фильтра, м.

Скорость входа или подхода воды к фильтру V_{ex} при известной его пористости и заданной или принятой скорости фильтрации вычисляются по формуле

$$V_{ex} = \frac{V_\phi}{n_\phi},$$

где n_ϕ – пористость фильтра.

Расчет диаметров водоводов D , м, следует производить по значением допустимых скоростей в условиях нормального режима работы водозаборного сооружения по формуле

$$D = \sqrt{\frac{Q_{pc}}{0.785V_{don}}},$$

где V_{don} – допустимая скорость в трубопроводе, м/с.

Допустимую скорость в самотечных водоводах следует принимать по таблице 1 [1].

Скорости в самотечных водоводах V , м/с, должны быть проверены по формулам:

– на незаиляемость

$$V \geq V_{кр} = \sqrt{\frac{K_p \bar{w} D}{0.11 \left(1 - \frac{\bar{w}}{U^*}\right)^{4.3}}},$$

Таблица 2.1 – Допустимая скорость движения воды в самотечных водоводах

Диаметр водоводов, мм	Скорость движения воды, м/с, в водозаборах категории	
	I	II, III
От 300 до 500	0,7–1,0	1,0–1,5
От 800 до 800	1,0–1,4	1,5–1,9
Свыше 800	1,5	2,0

где $K_p = \sqrt{1 + 3\rho^{2/3}}$ – коэффициент, учитывающий содержание взвеси в потоке;

$$U^* \approx 0.07V ;$$

\bar{w} – средняя гидравлическая крупность наносов (дана в задании);

– на подвижность захватываемых в трубу влекомых наносов крупностью d_{cp} , мм,

$$V \geq A \sqrt[3]{d_{cp} D} ,$$

где A – параметр; принимают равным 10.

Отметки уровней воды в береговом колодце. Расчетные отметки воды определяют в зависимости от уровня воды в источнике и потерь напора при разных режимах работы самотечных труб при минимальном и максимальном уровнях вод. Потери напора во всех элементах водозабора до рассматриваемого участка определяются согласно [4, прил. А] при особых условиях эксплуатации водозабора. При этом расчетный расход принимается равным для водозабора I категории $Q_p = Q$ (приведен в задании), для водозаборов II III категорий $Q_p = 0,7Q$.

В приемном отделении берегового колодца отметка уровня воды Z_{np} при минимальном уровне $Z_{мин}$ равняется:

$$Z_{пр} = Z_{мин} - \sum h_{пот},$$

где $\sum h_{пот}$ – суммарные потери от входа воды в водозаборное сооружение до приемной камеры. В общем случае эти потери складываются из потерь напора на входе в сооружение, на решетках, потерь в самотечных водоводах, потерь напора на выходе из сооружения.

Во всасывающем отделении берегового колодца уровень воды (максимальный и минимальный) $Z_{вс}$ будет меньше на величину потерь напора на сетке (Рис. 2.5).

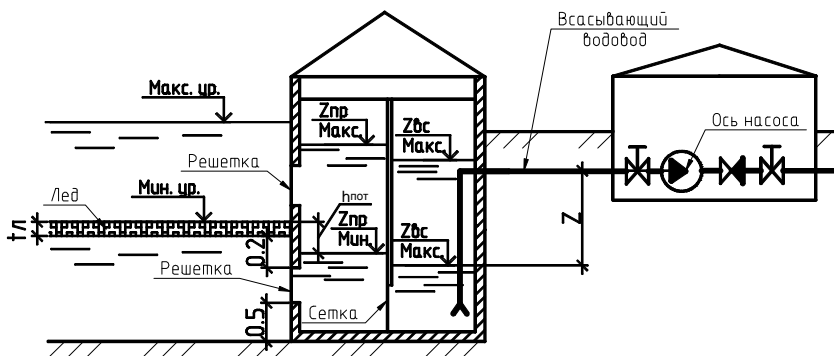


Рисунок 2.5 – Схема водозабора к определению отметок уровней воды

Определение отметки оси насосов. При определении отметки оси насоса расчетный расход принимается из условия работы водозабора в особых условиях эксплуатации (расход принимается равным для водозабора I категории $Q_p = Q$ (приведен в задании), для водозаборов II III категорий $Q_p = 0,7Q$).

Отметка оси насоса при положительной высоте всасывания определяется из условия недопущения образования кавитации и разрыва сплошности воды путем нахождения геометрической высоты всасывания Z (рис. 2.5) по формуле [5]:

$$Z = h_{атм} - \Delta h_{дон} - h_{пж} - \sum h_{пот}^1,$$

где $h_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, выраженное в метрах водяного столба;

$\Delta h_{\text{оон}}$ – допускаемый кавитационный запас (NPSHr), который приводится в характеристике насоса в зависимости от его подачи;

$h_{\text{пж}}$ – давление паров жидкости, зависит от температуры жидкости, значение приводится в [5]; для температуры воды в 20°C $h_{\text{пж}}=0,23$ м.

$\sum h_{\text{ном}}^1$ – потери напора от входа во всасывающий водовод до насоса (Рис. 2.5).

Допускаемый кавитационный запас ($\Delta h_{\text{оон}}$) – это абсолютное минимальное давление, которое необходимо обеспечить на входе в насос с целью исключения такого нежелательного явления как кавитация.

При расположении насоса под заливом превышение минимального уровня воды в камере над осью насоса должно быть не менее 1 м, во избежание попадания воздуха в насос.

2.3 Насосная станция I подъема

При проектировании новых насосных станций следует учитывать возможности [5]:

- обеспечения подачи воды на объект в ближайшие 10–15 лет;
- максимального использования существующего оборудования и зданий;
- расположения групп насосов с разными характеристиками в одном здании;
- минимального заглубления машинного зала;
- установки более мощного оборудования при перспективном развитии;
- обеспечения мелкого ремонта непосредственно на насосной станции;
- защиты насосов от гидравлических ударов;
- удобства обслуживания насосов, регулирующего и другого оборудования.

Всасывающие и напорные линии насосных станций. Всасывающие и напорные трубопроводы необходимо располагать внутри помещений насосных станций таким образом, чтобы они были доступны для монтажа, осмотра и ремонта.

Трубопроводы диаметром более 300 мм с соответствующей запорной арматурой следует укладывать над полом машинного помещения как в незаглубленных насосных станциях, так и в заглубленных. Расстояние по вертикали от низа всасывающих и напорных трубопроводов до пола машинного помещения в незаглубленных и заглубленных насосных станциях должно быть не менее 300 мм при диаметре трубопроводов до 300 мм и 400 мм при диаметре трубопроводов более 300 мм.

При прокладке трубопроводов над полом необходимо предусматривать переходные мостики с перилами, лестницы или тумбы для обслуживания оборудования.

Всасывающий и напорный трубопроводы каждого насоса должны быть оснащены приборами для замера давления.

Всасывающий трубопровод является одной из наиболее ответственных частей оборудования станции. Всасывающие трубопроводы как внутри насосной станции, так и за ее пределами следует выполнять из стальных труб на сварке с применением фланцевых соединений для присоединения арматуры.

Входное отверстие всасывающей трубы необходимо заглублять на 0,5–1,0 м ниже минимального уровня воды в резервуаре во избежание попадания воздуха во всасывающую трубу.

Всасывающие линии необходимо укладывать с уклоном не менее 5 ‰ с подъемом к насосу. В местах изменения диаметра трубопровода следует применять эксцентрические переходы.

На всасывающем трубопроводе каждого насоса необходимо устанавливать запорную арматуру.

На всасывающем коллекторе насосной станции необходимо устанавливать задвижки или затворы с целью переключения работающих насосов или отключения всей насосной станции в случае аварии.

Скорость движения воды во всасывающем и напорных трубопроводах трубопроводе следует принимать по таблице 2.2 [4].

Таблица 2.2 – Скорости движения воды во всасывающем и напорных трубопроводах

Диаметр водоводов, мм	Скорость движения воды в трубопроводах насосных станций, м/с	
	Всасывающие трубопроводы	Напорные трубопроводы
До 250	0,6–1,0	0,8–2,0
Св. 250 до 800 включ.	0,8–1,5	1,0–3,0
Свыше 800	1,2–2,0	1,5–4,0

Расположение всасывающей трубы в приемной камере следует выполнять в соответствии с рисунком 2.6, при этом для уменьшения местных потерь при входе потока во всасывающую трубу диаметр входного сечения D_{ex} следует увеличивать по сравнению с диаметром трубы d_{mp} в 1,25–1,30 раза.

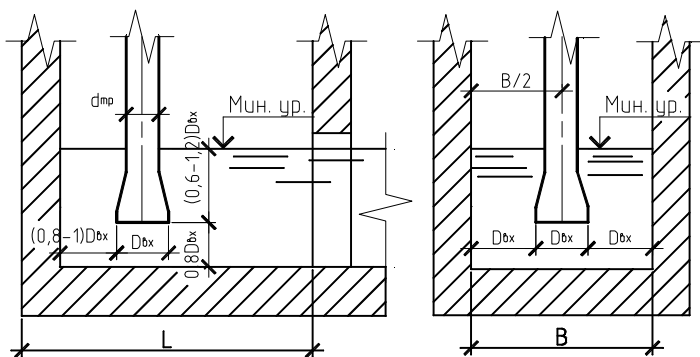


Рисунок 2.6 – Расположение всасывающей трубы в камере

Ширина водопримной камеры обычно принимается $B = 3D_{ex}$, а длина камеры L определяется из условия, что отношение объема воды в приемной камере V_e к средней подаче насоса Q_{cp} должно быть равно от 15 до 20.

При наличии в водопримной камере двух и более всасывающих труб расстояние между ними должно быть от $1,5D_{bx}$ до $2D_{bx}$.

Напорные трубопроводы внутри насосной станции следует принимать из стальных труб на сварных и фланцевых соединениях.

Напорный коллектор допускается устраивать в отдельно пристроенной галерее только в исключительных случаях. Количество ниток водовода от напорного коллектора, как правило, принимается не менее двух, при этом следует учитывать категорию насосной станции.

Напорные трубопроводы от насосов необходимо оборудовать обратным клапаном непосредственно на выходе, а затем задвижкой или затвором.

На напорном коллекторе и на каждой нитке водовода из насосной станции следует устанавливать запорную арматуру для возможности переключения насосов и отключения любой нитки водовода.

Работа запорной арматуры в насосных станциях I и II категории, как правило, при диаметре 400 мм и более должна осуществляться с помощью электропривода, за исключением насосов, которые по условиям работы требуют запорной арматуры с электроприводом.

Количество напорных линий, идущих от насосных станций I и II категории, должно быть не менее двух.

Определение размеров в плане и в вертикальной плоскости.
При определении площади машинного зала следует учитывать расстояние между насосами и электродвигателями, между насосами и стеной, проходы вокруг оборудования. Ширину проходов следует принимать не менее:

- между насосами и (или) электродвигателями – 1 м;
- между насосами или электродвигателями и стеной в заглубленных помещениях – 0,7 м, в прочих – 1 м; при этом ширина прохода со стороны электродвигателя должна быть достаточной для демонтажа ротора;
- между неподвижными выступающими частями оборудования – 0,7 м.

Высота машинного зала определяется грузоподъемным устройством для монтажа и демонтажа насосного оборудования, габаритными размерами насосов.

Высота установки грузоподъемного устройства над монтажной площадкой определяется возможностью выгрузки его с автомобиля

или вагонетки и погрузки на них наиболее крупногабаритного элемента оборудования насосной станции, причем эта высота должна быть не менее 3,5 м.

Для доставки, монтажа и ремонта насосного оборудования в машинном зале необходимо предусматривать монтажную площадку на уровне поверхности земли в торце здания.

Размеры фундамента под насосом принимают не менее чем на 15 см больше ширины и длины плиты или рамы, на которой смонтированы насос и приводной электродвигатель. Глубина заложения фундамента определяется расчетом с учетом структуры грунта в основании насосной станции.

Высоту фундамента над уровнем чистого пола следует принимать в зависимости от расположения всасывающих и напорных трубопроводов, но не менее 0,10 м.

Для доставки оборудования на монтажную площадку предусматривают ворота, ширина которых должна быть на 0,25–0,30 м больше ширины наибольшего насоса насосной станции, а высота принимается из расчета въезда на монтажную площадку автотранспорта или погрузочной вагонетки с оборудованием, но не менее 2,5–3,0 м.

Оборудование насосных станций. Насосные станции включают частично или полностью следующие группы оборудования [5]:

- основное энергетическое;
- механическое;
- вспомогательное;
- электрические устройства;
- санитарно-технические устройства;
- технические средства противопожарной защиты.

Основное энергетическое оборудование включает насосы и приводные двигатели. Количество насосов определяется максимальной подачей насосной станции и мощностью насоса.

Механическое оборудование включает в себя задвижки (затворы) с электроприводом и подъемно-транспортные механизмы.

Подъемно-транспортные механизмы предназначены для монтажа и демонтажа оборудования, трубопроводов и фасонных частей, а также для производства ремонтных работ.

Вспомогательное оборудование включает в себя системы технического водоснабжения, дренажно-осушительную, маслоснабжения (при необходимости) и вакуум-систему, контрольно-измерительные приборы и системы автоматизации.

Система технического водоснабжения предназначена для подачи технически чистой воды к устройствам для водяной смазки направляющих подшипников и сальниковых уплотнений насосов, а также к теплообменникам вспомогательного оборудования.

Контрольно-измерительные приборы и система автоматизации, включающие в себя устройства контроля за состоянием основных насосов и другого оборудования, предназначены для поддержания режима работы насосов в заданных пределах и их автоматическую остановку при выходе контролируемых параметров за пределы установленных.

Определение полного напора и подбор насосов. Для подбора насосного агрегата по известному расходу необходимо определить полный напор H , развиваемый насосом на данную водопроводную сеть. Расход приходящийся на один насосный агрегат будет равен:

$$Q_p = \frac{Q}{n},$$

где n – количество рабочих насосных агрегатов. Количество насосных агрегатов принимается с учетом их характеристик по расходу, напору и мощности, а также минимального их количества при размещении в здании насосной станции. От количества рабочих агрегатов будет зависеть количество резервных агрегатов, устанавливаемых также в здании насосной станции (Таблица 2.3) [4].

Таблица 2.3 – Количество резервных насосов

Количество рабочих насосов одной группы, шт	Количество резервных насосов, шт., в насосных станциях категорий		
	I	II	III
До 6 включ.	2	1	1
Св. 6 до 9 включ.	2	1	–
Свыше 9	2	2	–

Полный напор насоса в общем случае определяется по формуле [5]:

$$H = \pm H_{\Gamma} + h_{\text{тв}} + h_{\text{тн}} + h_{\text{св}},$$

где H_{Γ} – геометрическая высота подъема воды, м;

$h_{\text{тв}}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе, м;

$h_{\text{тн}}$ – потери напора в напорном трубопроводе, м;

$h_{\text{св}}$ – требуемое свободное давление на выходе сети при необходимости.

Геометрическая высота подъема воды H_{Γ} определяется как разность уровней воды во всасывающей камере при минимальном уровне и уровня воды в водонапорной башне или диктующей точкой куда подается вода. Потери напора во всасывающем и напорном трубопроводах можно определить как сумму потерь напора по длине h_l и местных потерь напора h_w :

$$h_{\text{тв}} = h_l + h_w,$$

$$h_{\text{тн}} = h_l + h_w.$$

При расчете режима работы насосов следует пользоваться характеристиками, приведенными в технической документации производителей (паспорта, компьютерные программы подбора насосов, каталоги), при их отсутствии – справочными данными.

Основными характеристиками насоса при заданном числе оборотов и диаметре рабочего колеса являются:

– зависимость напора от подачи $h = f(Q)$;

– зависимость мощности от подачи $N = f(Q)$;

– зависимость коэффициента полезного действия от подачи $\eta = f(Q)$;

– зависимость допустимого кавитационного запаса от подачи $\Delta h = f(Q)$.

Для подбора насоса необходимо проанализировать совместную работу насоса и водопроводной сети для обеспечения насосом расчетного расхода Q_p , требуемого для потребителя. Характеристика сети при прочих равных условиях будет определяться как функция расхода, т.е. потери напора для данной сети зависят от расхода $h = f(Q)$. Графоаналитическим способом путем наложения характеристики сети и напорной характеристики насоса по рабочей точке определяются фактические параметры работы насосного агрегата напор H_a и расход Q_a . Насосный агрегат считается подобранным верно если найденный по графику расход Q_a больше (не более 10%) или равен расходу Q_p для конечного потребителя.

Для перекачки воды применяются центробежные насосные агрегаты с двухсторонним подводом воды типа «Д», консольные типа «К», консольно-моноблочные, вертикальные, насосы типа «ЦНС» и др.

Характеристики насосов типа «Д» с двухсторонним подводом воды к рабочему колесу приведены в таблице А.4 прил. А.

Дренажные насосы. Дренажные насосы предназначены для откачки из подземной части насосной станции грунтовых вод, фильтрующихся через стены здания, утечек через сальники насосов и воды, изливающейся при ремонте оборудования. В машинном помещении заглубленных и наземных насосных станций необходимо предусматривать приямок для отвода дренажных вод, естественных утечек, опорожнения трубопроводов и для использования при аварии на станции. Размер приямка определяют временем работы дренажного насоса в течение 10-15 мин, но не менее 0,5х0,5х0,7 м.

Вода к дренажному приямку 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.

Для отвода дренажных вод могут применяться погружные грязевые насосы типа ГНОМ, полупогружные насосы типа ПРВП и др.

Технические характеристики насосов ГНОМ представлены в табл. А.5 прил. А.

2.4 Эксплуатация водозаборных сооружений

Опыт эксплуатации водозаборных сооружений свидетельствует, что имеющие место затруднения в их работе связаны с шуголедовыми помехами, завалом водоприемных устройств наносами, захватом в них воды с повышенным содержанием водной растительности, сора и планктона, и др [2].

При заборе воды из источников, имеющих рыбохозяйственное значение, следует предусматривать рыбозащитные устройства.

Дополнительно для защиты водоприемных отверстий от плавающего сора, шуги, а также для отвода молоди рыб из зоны водозабора перед водоприемником могут устанавливаться запаны или устраивать пневмозавесы.

Для предотвращения заилиения водоприемного колодца взвешенными наносами, поступающими вместе с водой и выпадающими в осадок вследствие резкого уменьшения скорости движения воды, колодец должен быть оборудован устройствами для их удаления – эжекторами, всасывающими водоводами грязевых насосов, приемками, а при больших расходах – взмучивающими водоводами.

К мероприятиям, способствующим защите водозаборных сооружений от шуголедовых помех, можно отнести:

- установку перед зоной водозабора водоприемника плотов, запаней;
- обогрев решеток в окнах водоприемников;
- покрытие стержней решеток криофобным материалом;
- сброс у водоприемника теплой воды в период шуголедовых помех при наличии у водопотребителя сбросных вод требуемого качества;
- очистку решеток в окнах водоприемника (ручная, механическая, обратным током воды);
- устройство перед зоной водозабора пневмозащиты;
- снижение скорости входа в водоприемник до 0,05 м/с.

Выбор мероприятий, обеспечивающих исключение шуголедовых помех, в каждом конкретном случае определяется факторами, способствующими их появлению.

В зависимости от выявленных факторов, местных условий водоема и типа водоприемника шуголедовые помехи, вызванные попаданием переохлажденных масс воды из прибойных зон к месту водозабора, можно устранить или ослабить с помощью следующих мероприятий:

- переносом водоприемных устройств за пределы зоны действия сосредоточенных течений, выходящих из прибойных зон;
- установкой дополнительных конструктивных элементов – бун, шпор, растекателей и т. д., позволяющих отклонить упомянутые течения от места расположения водоприемных устройств;
- электрообогревом входных решеток и водоприемника;
- сбросом теплой воды в зону водозабора.

На водозаборных сооружениях, водоприемники которых удалены от берега, импульсная промывка с последующим обратным током воды является одним из наиболее надежных профилактических мероприятий, обеспечивающих освобождение водоводов, водоприемника и сороудерживающих решеток от шугольда и сора.

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

Периодическое хлорирование отбираемой воды, скорость в водоводах более 2 м/с, пропаривание и длительное отключение резервных самотечных или сифонных водоводов являются в настоящее время наиболее надежными средствами предотвращения интенсивного обрастания водоводов ракушкой.

2.5 Зоны санитарной охраны поверхностных источников водоснабжения

Зоны санитарной охраны должны предусматриваться в целях предупреждения их случайного или умышленного загрязнения, засорения и повреждения [6].

Зона санитарной охраны источника питьевого водоснабжения в месте забора воды должна состоять из трех поясов:

- первый – строгого режима;
- второй – режима ограничения;
- третий – режима ограничения.

Границы первого пояса зоны санитарной охраны водотока, в том числе водоподводящего канала, следует устанавливать:

- вверх по течению – на расстоянии не менее 200 м от водозабора;
- вниз по течению – на расстоянии не менее 100 м от водозабора;
- по прилегающему к водозабору берегу на расстоянии не менее 100 м от линии уреза воды при летне-осенней межени.

В направлении к противоположному берегу в границы первого пояса зоны санитарной охраны водотока должны включаться:

- вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от уреза воды при летне-осенней межени и ширине водотока менее 100 м;
- полоса акватории шириной не менее 100 м при ширине водотока более 100 м.

Границы второго пояса зоны санитарной охраны водотока следует устанавливать:

- вверх по течению, включая притоки, исходя из скорости течения воды, усредненной по ширине и длине водотока или для отдельных его участков, чтобы время протекания воды от границы пояса до водозабора при среднемесечном расходе обеспеченностью 95 % было не менее 5 сут;
- вниз по течению – на расстоянии не менее 250 м от водозабора;
- боковые границы при равнинном рельефе местности – на расстоянии не менее 500 м от уреза воды при летне-осенней межени;

Границы третьего пояса зоны санитарной охраны водотока должны быть вверх и вниз по течению водотока такими же, как и

для второго пояса. Боковые границы должны устанавливаться по линии водоразделов в пределах от 3 до 5 км, включая притоки.

3. Водозаборы из подземных источников

Выбор типа и схемы размещения водозаборных сооружений следует производить, исходя из геологических, гидрогеологических и санитарных условий района участка [1].

В общем случае водозабор из источников подземных вод должен состоять из:

- водоприемных сооружений;
- насосных станций первого подъема;
- сборных водоводов.

В качестве забора подземных вод из водоносного пласта в курсовом проекте рассматриваются водозаборные скважины. Водозаборные скважины являются наиболее распространенным, простым и надежным типом водозаборных сооружений, которые сооружаются для забора безнапорных (грунтовых) и напорных (артезианских) вод.

3.1 Состав и схемы скважинных водозаборов

Состав сооружений скважинного водозабора. Состав сооружений и элементов скважинного водозабора определяется природными и другими условиями территории размещения водозабора с учетом критерия надежности подачи воды и потребности в резерве. К основным условиям можно отнести следующие [7]:

- глубина залегания подземных вод;
- качество воды;
- мощность водозабора;
- удаленность источника водоснабжения от потребителя;
- количество потребителей;
- система водоснабжения (централизованная или нецентрализованная).

Основными элементами скважинного водозабора являются:

- источник (водоносный пласт);
- водозаборные скважины;

- насосные станции;
- трубопроводы;
- водоводы и запасно-регулирующие емкости;
- сборные водоводы и водоводы первого подъема.

Водоносный пласт месторождений подземных вод характеризуется следующими показателями:

- условиями залегания (глубиной, мощностью, формой и площадью распространения);
- литологическим составом слагающих его пород и граничащих с ним как в плане, так и в вертикальном разрезе;
- фильтрационными параметрами (коэффициент фильтрации, проницаемость, пьезопроводность);
- химическим составом подземных вод;
- естественными ресурсами на период запроектированной эксплуатации водозабора;
- условиями питания и разгрузки (неограниченный пласт, полуограниченный открытый и др.);
- степенью гидравлической связи со смежными водоносными горизонтами и поверхностными водами.

Водозаборные скважины характеризуются глубиной, производительностью (дебитом), конструкцией (включая параметры фильтров и бесфильтровых водоприемных частей), а также способом бурения.

Насосные станции первого и второго подъема характеризуются различными типами павильонов (наземные, подземные и заглубленные), различными типами водоподъемного оборудования и составом арматуры (обвязки).

С помощью водоподъемного оборудования в насосных станциях осуществляется подъем воды из скважины и подача ее по трубопроводам и сборным водоводам в запасно-регулирующие емкости и сооружения водоподготовки (при необходимости).

Основной элемент водоподъемного оборудования – насос, характеризуется следующими параметрами: размерами (диаметр, длина), производительностью, напором, затрачиваемой мощностью и коэффициентом полезного действия.

Трубопроводы и водоводы характеризуются материалом труб, диаметром, длиной и связанным с этими параметрами гидравлическим сопротивлением.

Запасно-регулирующие емкости (резервуары, контррезервуары, водонапорные башни, водовоздушные баки) характеризуются объемами для запаса воды, материалами, из которых они изготовлены, и назначением.

Схемы скважинных водозаборов. Схема размещения может быть линейной или площадной, и насколько позволяют гидрогеологические условия, наиболее компактной.

Система водоснабжения из подземных вод, включающая в себя комплекс инженерных сооружений и их элементов, необходимых для забора подземных вод из водоносных горизонтов, подъема и подачи воды, в общем случае состоит из сооружений, обобщенная схема которых показана на рисунке 3.1 [7].

Плановое расположение отдельных сооружений скважинных водозаборов может быть подразделено на схемы, показанные на рисунке 3.2 [7].

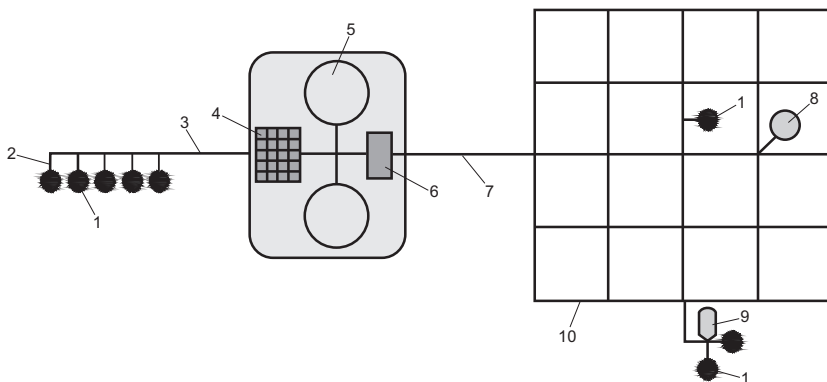


Рисунок 3.1 – Схема системы водоснабжения со скважинными водозаборами
 1 – водозаборные скважины с насосными станциями; 2 – отводной трубопровод; 3 – сборный водовод; 4 – сооружения водоподготовки; 5 – резервуары чистой воды; 6 – насосная станция первого подъема; 7 – водоводы; 8 – водонапорная башня; 9 – водовоздушный бак; 10 – водопроводная сеть.

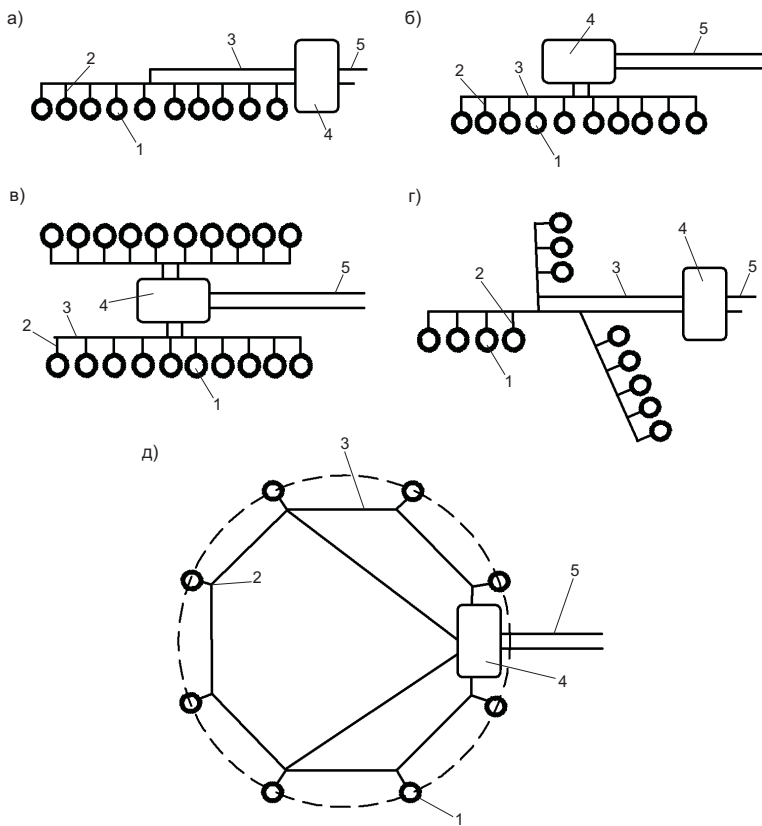


Рисунок 3.2 – Плановые схемы скважинных водозаборов: а, б – линейный ряд скважин с расположением головных сооружений в начале и в середине водозабора; в – площадная схема водозаборов с двумя рядами скважин с расположением головных сооружений в начале или в середине водозабора; г – произвольная схема расположения скважин; д – кольцевая схема расположения скважин.

1 – водозаборные скважины с насосными станциями первого подъема; 2 – отводной трубопровод; 3 – сборный водовод; 4 – головные сооружения водозабора; 5 – водовод.

3.2 Основные элементы водозаборных скважин и их расчет

Водозаборная скважина является основным элементом скважинного водозабора и от качества ее проектирования и качества строительства зависит работа водозабора в целом. Дефекты в конструк-

ции и нарушения в работе скважины приводят к перебою работы всей системы снабжения водой того или иного объекта.

Водозаборная скважина должна отвечать двум основным требованиям: обеспечить заданное количество воды с качеством, соответствующим составу воды выбранного водоносного горизонта и быть надежной в эксплуатации.

В практике сооружения скважин на воду наиболее широкое применение получили конструкции скважин, представленные на рисунке 3.3 и два способа бурения: вращательный с прямой или обратной промывкой и ударно-канатный.

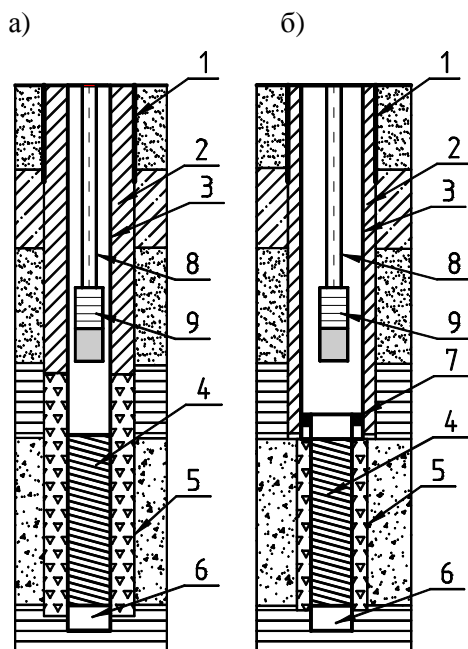


Рисунок 3.3 – Конструкции водозаборных скважин с водоподъемным оборудованием: а) на сплошной колонне с фильтром и гравийной обсыпкой; б) с фильтром, установленным впотай и гравийной обсыпкой;

1 – кондуктор; 2 – цементация; 3 – обсадная труба; 4 – фильтр; 5 – гравийная обсыпка; 6 – отстойник; 7 – сальник; 8 – водоподъемная колонна; 9 – электронасосный агрегат.

Конструкция водозаборной скважины и ее обвязка. Скважина состоит из следующих основных элементов: направляющей колонны, кондуктора, промежуточных колонн (технические колонны обсадных труб), эксплуатационной колонны, цементной или другой защиты и водоприемной части.

Фильтровая колонна в неустойчивых водоносных породах состоит из рабочей части, надфильтровой колонны с сальником (при необходимости) и отстойника. Сальник применяется при расположении фильтра скважины впотай.

Если водоносные породы устойчивы или если в кровле водоносных песков залегают устойчивые породы, проектируют бесфильтровые скважины.

В конструкции скважины следует предусматривать возможность проведения замеров дебита, уровня и отбора проб воды, а также производства ремонтно-восстановительных работ при применении импульсных, реагентных и комбинированных и других методов регенерации при эксплуатации скважин.

Внутренний диаметр эксплуатационной колонны обсадных труб в скважинах следует принимать не менее чем на 50 мм больше наружного диаметра устанавливаемого в скважине погружного насосного агрегата. При назначении внутреннего диаметра эксплуатационной колонны обсадных труб и (или) выборе диаметра погружного насосного агрегата следует учитывать требования производителей насосных агрегатов к скорости течения воды в кольцевом зазоре между погружным электродвигателем насосного агрегата и внутренней поверхностью обсадных труб.

В зависимости от местных условий и оборудования устье скважины следует, как правило, располагать в наземном павильоне или подземной камере.

Габариты павильона и подземной камеры следует принимать в зависимости от габаритов оборудования и контрольно-измерительных приборов.

Верхняя часть эксплуатационной колонны труб должна выступать над полом не менее чем на 0,5 м (Рис. 3.4).

Конструкция оголовка скважины должна обеспечивать полную герметизацию, исключаящую проникновение в межтрубное и за-

трубное пространство скважины поверхностной воды и загрязнений.

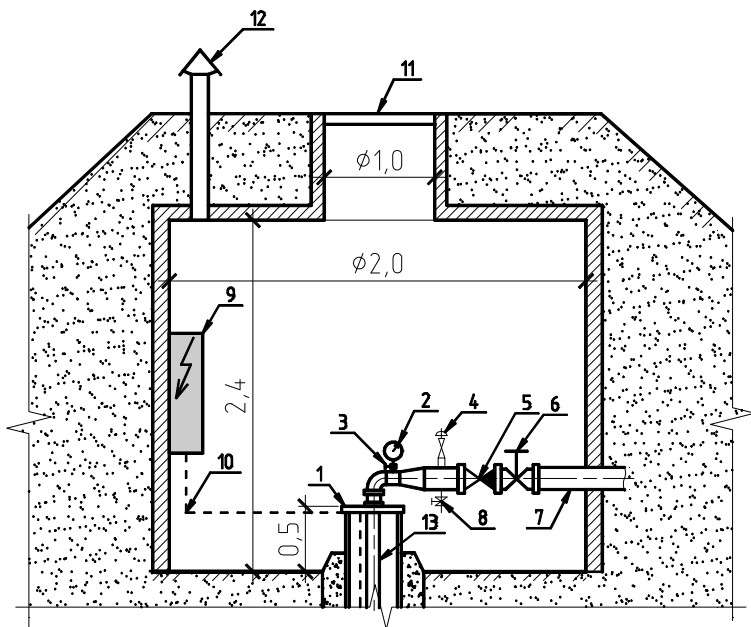


Рисунок 3.4 – Подземный павильон с обвязкой скважины

1 – оголовок; 2 – манометр; 3 – кран трехходовой; 4 – вантуз; 5 – обратный клапан; 6 – задвижка; 7 – напорный трубопровод; 8 – кран для отбора проб; 9 – щит управления; 10 – кабель; 11 – люк; 12 – вентиляция; 13 – водоподъемная колонна.

Фильтры водозаборных скважин. Гидрогеологические условия Республики Беларусь чаще всего обуславливают необходимость оборудования водозаборных скважин фильтрами, основное назначение которых заключается в том, чтобы удерживать стенки скважин от обрушения, обеспечивая при этом свободный пропуск воды в ствол скважины.

Фильтры должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать поступление воды в скважину с минимальными гидравлическими сопротивлениями;
- обладать необходимой механической прочностью (при установке и очистке фильтра);

- обеспечивать поступление воды в скважину без механических примесей за исключением периода строительных откачек;
- быть устойчивыми против коррозии и инкрустации (солеотложения);
- гарантировать долговечность эксплуатации не менее 25 лет;
- обеспечивать ремонтпригодность с применением устройств по их очистке химическими, механическими, импульсными и комбинированными способами.

В зависимости от гидрогеологических условий, глубины залегания и видов пород водоносных пластов рекомендуется применять следующие типы и конструкции фильтров:

- каркасно-стержневые;
- трубчатые с щелевыми или круглыми отверстиями;
- с проволочной обмоткой;
- сетчатые;
- полимерные кольцевые.

Из всех перечисленных конструкций фильтров наилучшими показателями, предъявляемые к фильтрам, обладают каркасно-стержневые фильтры (Рис. 3.5). Фильтрующая поверхность (профилированная проволока) доступна для химической и механической очистки, т. к. отсутствуют мертвые пространства между фильтрующей и опорной поверхностями. Скважность таких фильтров может достигать 80%. Фильтры на стержневых каркасах рекомендуется применять в скважинах глубиной до 200 м.

Фильтры на трубчатом каркасе с проволочной обмоткой также получили распространение ввиду простоты изготовления. Скважность таких фильтров составляет 20-25%. Недостатком таких фильтров является накопление кольматирующих соединений между проволокой и каркасом и трудность извлечения таких соединений.

Проволока для фильтров может быть трапецеидального, прямоугольного или квадратного сечения. Диаметр проволоки может быть в пределах от 2 до 4 мм.

Наружный диаметр трубчатого каркаса и внутренний диаметр каркасно-стержневых фильтров зависит от диаметров стандартных труб применяемых при изготовлении фильтров (ГОСТ 10706-91, ГОСТ 8732-78.) и составляет 102, 127, 146, 168, 219, 273, 325, 377, 426 мм.

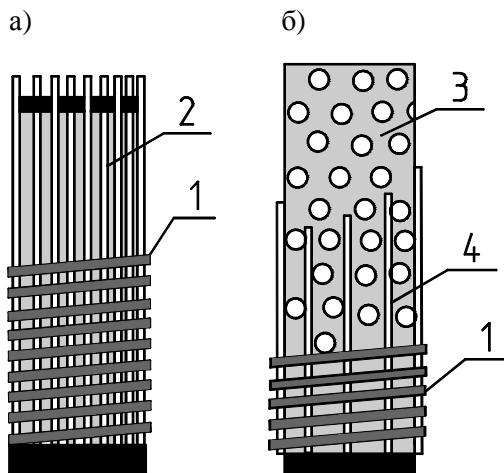


Рисунок 3.5 – Основные конструкции фильтров скважин: а) на основе стержневых каркасов; б) на основе трубчатых каркасов с круглой перфорацией.

1 – проволочная обмотка из нержавеющей стали; 2 – стержневой каркас на опорных кольцах; 3 – трубчатый каркас с круглой перфорацией; 4 – опорные проволочные стержни под проволочную обмотку (диаметр 5-10 мм).

Сетчатые фильтры ввиду их больших гидравлических сопротивлений вследствие кольматации ячеек сетки, менее распространены в использовании.

Диаметр фильтра устанавливается исходя из проектного дебита скважины с учетом возможности при необходимости устройства гравийной обсыпки. Толщина гравийной обсыпки должна быть не менее 75 мм [8]. Диаметр каркаса фильтра следует принимать не менее 100 мм для выполнения различных способов ремонтных работ. Скорость движения воды в водоподъемных трубах не должна превышать 1,5 м/с.

Рабочую часть фильтра следует устанавливать на расстоянии не менее 0,5 м от кровли и подошвы водоносного пласта [7].

Длина надфильтовых труб, когда фильтр установлен впопай, устанавливается:

- при глубине скважины до 50 м – выше башмака эксплуатационной колонны не менее чем на 3 м;
- при глубине скважины более 50 м – выше башмака эксплуатационной колонны не менее чем на 5 м;
- при любой глубине скважины, если водоносный горизонт представлен пльвунами и мелкозернистыми песками – не менее 5 м.

Между эксплуатационной колонной и надфильтровой трубой при необходимости должен быть установлен сальник (пеньковый, деревянный, резиновый, цементный и др.).

Длина отстойников в фильтровых колоннах, как правило, должна приниматься от 0,5 до 1,0 м и не более 2,0 м.

Отстойник в основном предназначен для установки фонарей-центраторов и закрепления приспособлений для извлечения фильтров [7].

Подбор и расчет фильтров. При расчете фильтров определению подлежат их длина, диаметр, скважность и размер проходных отверстий. Перечисленные параметры фильтра определяют с таким расчетом, чтобы входные скорости V_ϕ не превышали допустимую скорость $V_{дон}$ для фильтра, т.е.

$$V_\phi \leq V_{дон} .$$

Входная скорость V_ϕ определяется из уравнения неразрывности потока воды:

$$Q_{макс} = w \cdot V_\phi \Rightarrow V_\phi = \frac{Q_{макс}}{w} ,$$

где $Q_{макс}$ – максимальная производительности скважины, м³/сут;

w – площадь фильтрующей поверхности фильтра, м².

Площадь фильтрующей поверхности фильтра равна:

$$w = \pi \cdot D_\phi \cdot l_\phi ,$$

где D_ϕ – диаметр фильтра, м;

l_ϕ – длина рабочей части фильтра, м.

Длину рабочей части фильтра для получения максимально возможного дебита теоретически следует выбирать исходя из следующих условий:

а) при однородном напорном водоносном горизонте:

При мощности водоносного пласта $M < 20$ м $l_\phi = (0.8 - 0.9)M$;

при $M > 20$ м $l_\phi = 0.8 \cdot M$;

б) при неоднородном напорном водоносном горизонте – фильтр следует устанавливать в наиболее водопроницаемом участке водоносной толщи;

в) при однородном безнапорном водоносном горизонте – фильтр следует устанавливать ниже 1/3 водоносного горизонта;

При определении общей длины рабочей части фильтра соединительные муфты между секциями фильтров не учитываются.

Допустимая скорость фильтрации (входная скорость в фильтр) $V_{дон}$, м/сут, определяется по формуле:

– для дырчатых, щелевых, проволочных и сетчатых фильтров:

$$V_{дон} = 65 \sqrt[3]{k_\phi} .$$

– для гравийных и блочных фильтров:

$$V_{дон} = 1000 \cdot k_\phi \cdot \left(\frac{d_{50}}{D_{50}} \right)^2 ,$$

где k_ϕ – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут;

D_{50} – размер частиц, меньше которого в гравийной обсыпке содержится 50% частиц по массе, мм;

d_{50} – размер частиц, меньше которых в водоносном пласте содержится 50% по массе, мм;

Диаметр фильтра определяется по формуле:

$$D_{\phi} = \frac{Q_{\max}}{\pi \cdot l_{\phi} \cdot V_{\phi}}.$$

При расчете фильтра необходимо чтобы его диаметр был не более 325 мм исходя из применяемой технологии его установки для территории Республики Беларусь.

Размеры проходных отверстий фильтров назначаются в зависимости от гранулометрического состава контактирующей породы водоносного пласта или гравийной обсыпки. Максимальный размер отверстий фильтра не должен быть больше минимального диаметра частиц гравийной обсыпки, примыкающей к стенкам фильтра, и приниматься по таблице 3.1 [7].

Таблица 3.1 – Параметры песчано-гравийной и гравийной обсыпки для фильтров

Минимальный диаметр зерен D_{\min} , мм	0,5	0,75	1,0	2,0	3,0	5,5	8,0
Максимальный диаметр зерен D_{\max} , мм	1,0	1,5	2,0	3,0	5,5	8,0	16,0
Средний диаметр зерен D_{50} , мм	0,75	1,12	1,5	2,5	4,25	6,75	12
Максимальный размер отверстий фильтра, мм	0,5	0,75	1,0	2,0	3,0	4,0	4,0

Основным требованиям при устройстве гравийно-обсыпных фильтров отвечает отсортированный и отмытый гравий и песок. Такой гравий обеспечивает создание хорошо проницаемых обсыпок с минимальными входными сопротивлениями.

Параметры гравийной обсыпки определяют по формуле

$$D_{50} = d_g F_g,$$

где d_g – «эффективный» диаметр;

F_g – коэффициент; определяют по формуле

$$F_g = 6 + K_H,$$

здесь K_H — коэффициент неоднородности; определяют по данным ситового анализа пород водоносного пласта по формуле

$$K_H = \frac{d_{60}}{d_{10}},$$

где d_{60} , d_{10} — размеры частиц пород, меньше которых по весу в водоносном пласте содержится соответственно 60 % и 10 %.

Выбираем по таблице 3.1 фракционный состав обсыпки, средний размер D_{50} , которой должен быть менее определенного по формуле. Максимальный размер щели фильтра должен быть равен или менее минимального диаметра частиц гравийной обсыпки.

3.3 Гидрогеологические и гидравлические расчеты скважинных водозаборов

Для определения рациональной схемы водозабора определяют максимальное понижение уровня воды в скважине S и дебит скважины Q_c с учетом допустимых скоростей входа воды в фильтр и его гидравлического сопротивления. Затем производят выбор плановой схемы водозабора (линейной, кольцевой, площадной или произвольной) с учетом местных условий и границ питания водоносного горизонта, определяют оптимальное расстояние между скважинами. После этого находят местоположение резервуаров чистой воды и насосной станции второго подъема, намечают трассу сборных водоводов и производят расчеты по выбору их оптимальных диаметров, а также по выбору насосного оборудования для скважин.

Определение дебита водозаборных скважин. При установившемся движении напорного потока и совершенной скважине

(вскрывающей водоносный пласт на полную его мощность) приток воды к ней определяют по формуле Дюпюи [3]:

$$Q_c = \frac{2,73 \cdot k_{\phi} \cdot M \cdot S}{\lg \frac{R}{r}}, \text{ м}^3/\text{сут},$$

где r и R - соответственно радиус скважины и радиус влияния, м (Рис. 3.6);

$S = H - h$, где H - полный напор воды в скважине, то есть разность между статическим уровнем воды в скважине и подошвой водоносного пласта, м. Ориентировочно принимают: для напорных пластов $S_{дон} \leq 0,75H$; для безнапорных пластов $S_{дон} \leq 0,5H$.

h - разность между динамическим уровнем воды и подошвой водоносного пласта, м

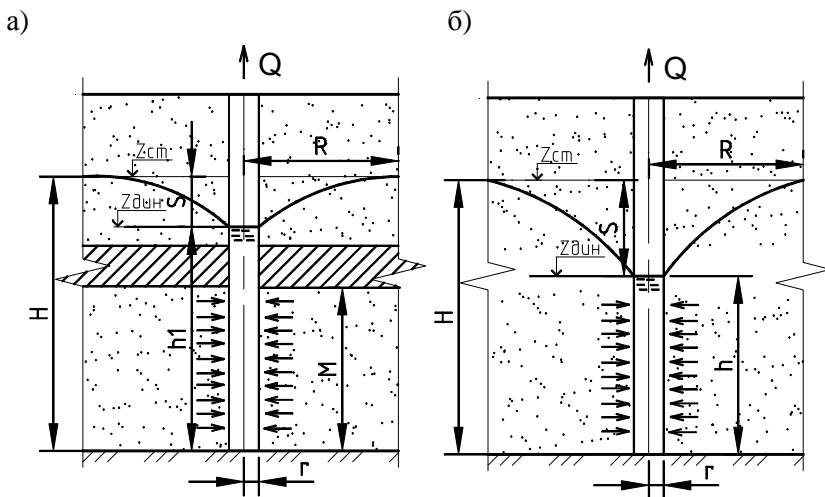


Рисунок 10 – Расчетная схема скважин
а) напорный пласт; б) безнапорный пласт

Для совершенной скважины, питаемой безнапорными водами, приток воды к ней определяют по формуле:

$$Q_c = \frac{1,36 \cdot k_\phi \cdot (H^2 - h^2)}{\lg \frac{R}{r}}, \text{ м}^3/\text{сут}$$

Коэффициенты фильтрации k_ϕ , радиусы влияния R и для расчетов принимают в зависимости от характеристики водоносных пород на основании гидрогеологических изысканий или по табл. Б.1 прил. Б.

Несовершенство водозаборных скважин вызвано двумя факторами, которые увеличивают гидравлическое сопротивление и в конечном счете уменьшают дебит скважин. В первом случае вскрытие происходит не на полную мощность водоносного горизонта (несовершенство по степени вскрытия водоносного горизонта). Степень несовершенства в расчетах учитывают коэффициентом ξ_1 . Во втором случае – по характеру вскрытия – несовершенство обусловлено наличием водонепроницаемых промежутков между входными отверстиями в фильтрах. Вследствие этого возникают дополнительные гидравлические сопротивления, учитываемые в расчетах коэффициентом ξ_2 .

В расчетах несовершенство водозаборных скважин учитывается путем добавления в знаменатель формул по определению дебита скважин коэффициентов ξ_1 и ξ_2 .

По табл. Б.2 прил. Б находят ξ_1 в зависимости от отношения $\frac{l_\phi}{M}$ и $\frac{M}{r}$. Для новых правильно подобранных фильтров можно принимать $\xi_2 \approx 1$.

Расчет группы взаимодействующих скважин. Если требуемый расход воды не может быть обеспечен одной скважиной (например, диаметр фильтра $D_\phi > 325$ мм или получено большое понижение S), проектируют группу скважин.

При большом суточном водопотреблении возникает необходимость забора воды сразу из нескольких скважин, то есть происходит захват воды группой скважин.

С целью более полного захвата воды и обеспечения более благоприятных условий питания наиболее часто скважины располагают по возможности в одну линию. Если расстояние между скважинами превышает $2R$, то их влияние друг на друга в расчетах не учитывают, и они работают как одиночные. Однако такое расположение экономически невыгодно, так как при этом возрастает стоимость за счет большой длины коммуникаций (сборные водоводы, линии электропередач, эксплуатация дороги и т. д.). Для уменьшения длины коммуникаций и улучшения условий эксплуатации скважины сближают, и они начинают влиять друг на друга, снижая дебит.

Расчет группы взаимодействующих скважин заключается в определении их числа, производительности, расстояний между ними, понижения уровней. Проводят его в такой последовательности:

- определяют дебит одиночной скважины;
- радиус влияния R , то есть расстояние от центра скважины до точки восстановления статического уровня, вычисляют по формуле

$$R = 1,5\sqrt{a \cdot t}, \text{ м}$$

где a – коэффициент пьезопроводности (скорость распространения давления в пласте), $\text{м}^2/\text{сут}$. Для напорных пластов:

$$a = k_{\phi} \frac{M}{\mu},$$

μ – коэффициент водоотдачи (Табл. Б.1 прил. Б);

Для безнапорных пластов:

$$a = k_{\phi} \frac{h_{cp}}{\mu},$$

h_{cp} – средняя мощность водоносного слоя в период откачки, м,

$$h_{cp} = 0,8H.$$

t – нормативное время эксплуатации скважины, лет; в зависимости от назначения скважины и условий ее работы, принимают 25 лет.

– определяют дебит взаимодействующей скважины по формуле

$$Q_{\text{вз}} = \alpha_{\text{вз}} \cdot Q_c,$$

где $\alpha_{\text{вз}}$ – коэффициент взаимодействия, зависящий от расстояния между скважинами l , для практических расчетов принимают по таблице 3.2.

Таблица 10 – Значение коэффициента взаимодействия α

Расстояние между скважинами l , м	$2R$	R	$0,5R$	$0,2R$	$0,02R$	$0,002R$
α	1	0,97	0,9	0,81	0,64	0,53

– задаются расстояниями между скважинами в зависимости от характеристики и мощности водоносного пласта (Табл. 3.3) [9].

Таблица 3.3 – Расстояния между водозаборными скважинами

Водоносная порода	Производительность скважины, м ³ /ч		
	До 20	20-100	100-500
Песок мелкий	50	50-70	70-100
Песок среднезернистый	70-100	100-150	120-150
Песок крупнозернистый	100-120	120-150	150-200
Гравийные и трещиноватые породы	120-150	150-200	200-250

– определяют число рабочих скважин из условия, что требуемый расход Q обеспечивается группой n взаимодействующих скважин, то есть $Q = n \cdot Q_{\text{вз}}$, откуда

$$n = \frac{Q}{Q_{\text{вз}}},$$

где Q – суммарный дебит группы взаимодействующих скважин, м³/сут (приведен в задании);

Число рабочих скважин n округляют до целого n_p . Число резервных скважин определяют согласно таблице 3.4 [7].

Таблица 3.4 – Количество резервных скважин

Количество рабочих скважин	Количество резервных скважин на водозаборе категории		
	I	II	III
От 1 до 4	1	1	1
От 5 до 12	2	1	-
13 и более	20%	10%	-

– уточняют фактический дебит (м³/сут) взаимодействующей скважины, исходя из принятого числа рабочих скважин и требуемого расхода,

$$Q_{\text{ф.ф.}} = \frac{Q}{n_p}.$$

– определяют понижение уровня (м):
– в каждой скважине:

$$S = \frac{0,37 \cdot Q_c}{k_\phi \cdot M} \lg \frac{R}{r}.$$

- суммарное (наибольшее) понижение [10, 11]:

$$S = \frac{0,37}{k_\phi \cdot M} \left(Q_{c1} \lg \frac{R}{r_0} + Q_{c2} \lg \frac{R}{r_{2-1}} + Q_{c3} \lg \frac{R}{r_{3-1}} + \dots + Q_{ci} \lg \frac{R}{r_{i-1}} \right),$$

где r_0 – радиус скважины № 1 (в которой определяется понижение), м;

r_{2-1}, r_{3-1} и т. д. – расстояние от скважины № 1 до последующих скважин, м.

В расчетах принимают допущения, что для всех скважин мощность водоносного пласта и коэффициент фильтрации одинаковы, в скважинах установлены насосы равной подачи Q_c , поэтому дебиты всех взаимодействующих скважин равны, то есть

$$Q_{c1} = Q_{c2} = Q_{c3} = \dots = Q_{ci} .$$

– сравнивают полученное расчетом максимальное понижение S_{\max} с допускаемым понижением $S_{\text{дон}}$. Если $S_{\max} > S_{\text{дон}}$, то расчет повторяют, увеличив расстояние между скважинами.

Для определения $S_{\text{дон}}$, зависящего от конструкции скважины, места положения фильтра, глубины установки насоса, мощности пласта и величины слоя воды, предложено несколько формул.

для напорных пластов:

$$S_{\text{дон}} \approx H - \left[(0,3 - 0,5)M + \Delta h_n + \Delta h_\phi \right] ,$$

где Δh_n – максимальная глубина погружения нижней кромки насоса под динамический уровень в скважине, м;

Δh_ϕ – потери напора в скважине на входе через фильтр, м;

для безнапорных пластов:

$$S_{\text{дон}} = (0,5 - 0,7)H - \Delta h_n - \Delta h_\phi ,$$

– определяют положение динамического уровня в скважине:

$$\nabla Z_{\text{дин}} = \nabla Z_{\text{ст}} - S_{\text{пр}} ,$$

где $\nabla Z_{\text{дин}}$ – отметка динамического уровня, м;

$\nabla Z_{\text{ст}}$ – отметка статического уровня, м;

$S_{\text{пр}}$ – принятое значение понижения уровня, м.

Подбор водоподъемного оборудования. Насосы, устанавливаемые в скважинах для постоянной эксплуатации, подбирают по рас-

ходу из одной скважины и напору. Часовую подачу насоса принимают равной фактическому часовому расходу скважины:

$$Q_{нас} = Q_{ф}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Требуемый напор насоса, расположенного в эксплуатационной колонне, определяется исходя из места установления динамического уровня воды в скважине при откачке, места расположения наивысшей точки подачи, потерь напора в насосе, водоподъемной трубе и водоводе.

$$H_{нас} = h_n + H_z + h_{ном},$$

где h_n – потери напора во всасывающих коммуникациях насоса;

H_z – геодезическая высота водоподъема. Определяется как разность отметки динамического уровня в скважине (с учетом влияния соседних скважин) и уровня воды в подаваемый резервуар (башню).

здесь нужно расписать с учетом динамического уровня и влияния соседних скважин.

$h_{ном}$ – потери напора в водоподъемной трубе, арматуре и водоводе до места водоподачи.

Для определения $h_{ном}$ необходимо вычислить диаметр и потери напора в сборных водоводах, по которым транспортируют воду от скважин к РЧВ. Принимаются сборные водоводы из стальных труб. Скорость в сборных водоводах принимается согласно таблице 2.2, минимальный диаметр 100 мм. Гидравлический расчёт сборных водоводов производят в табличной форме.

Для водозаборных скважин могут применяться погружные насосы типа ЭЦВ.

3.4. Эксплуатация водозаборов подземных вод

После завершения строительства комплекса сооружений для забора воды из подземных водоисточников их сдача в эксплуатацию, сопровождается представлением строительно-монтажной организацией проектной и исполнительной технической документации по

всем видам сооружений. По водозаборным сооружениям дополнительно представляются их паспорт, гидрогеологические параметры пройденных при бурении водоносных горизонтов, проект конструкции сооружения, способов бурения, данные результатов строительных и опытных откачек.

К паспорту скважин прилагают акты приемки всех основных этапов работ, результаты химических и бактериологических анализов воды с заключением органов санитарно-эпидемиологической службы.

Как правило, прием водозаборных сооружений не допускается без оборудования их зоной санитарной охраны, герметическим оголовком или павильоном насосной станции, системой автоматического контроля и работой электронасосов, резервуарами для приема поднятой из горизонтов воды.

В состав технического обслуживания подземных водозаборов включают работы по контролю за дебитом, статическими и динамическими уровнями воды в скважинах и водозаборных колодцах, по исправности и герметичности оголовков, определения энергетических параметров водоподъемников (сопротивление электрообмоток, нагрузок электродвигателя, напоров насоса и др.).

Контроль за эксплуатацией станций управления насосами производят в соответствии с технологическими картами и инструкциями по их эксплуатации.

В течение расчетного срока эксплуатации водозаборов производят текущие (плановые, направленные на предохранение элементов сооружений и оборудования от преждевременного повреждения и износа) и капитальные ремонты.

Определение межремонтного периода скважин основано на наблюдении за изменением удельного дебита скважины и показателя общего сопротивления фильтра и прифильтровой зоны. Основной работой по восстановлению дебита скважин на воду, оборудованных фильтрами, является удаление колюматрирующих отложений с поверхности фильтра и прифильтровой зоны.

В состав текущего ремонта подземных водозаборных сооружений входят: реагентная или гидроимпульсная обработка прифильтровых зон и фильтров; ликвидация песчаных пробок; устранение негерметичности стыков в водоподъемных трубах, напорных водо-

водах, монтажных вставках; замена пришедших в негодность участков труб; устранение повреждений сальников; ремонт и замена вышедших из строя элементов станций управления насосами.

Капитальный ремонт предусматривает проходку скважины с целью ее углубления и перехода на эксплуатацию нижележащего водоносного горизонта, восстановление дебита скважины путем кислотной или физической обработки, замену фильтров, замену насосов или капитальный ремонт, разработку, чистку и частичную замену узлов и блоков станций управления.

Следует особо подчеркнуть, что эксплуатация водоносных горизонтов насосами, не соответствующими, особенно превышающими по своим гидравлическим характеристикам гидрогеологические параметры водоносного пласта, приводит, с одной стороны, к нарушению гидравлических режимов притока воды в прифильтровую зону и может вызвать либо ее разрушение, либо ускоренную кольматацию, а с другой - к быстрому износу фильтров и электродвигателей и перерасходу электроэнергии.

3.5 Зоны санитарной охраны подземных источников водоснабжения

Границы первого пояса. Водозаборы подземных вод должны располагаться вне территории промышленных предприятий и жилой застройки. Расположение на территории промышленного предприятия или жилой застройки возможно при надлежащем обосновании. Граница первого пояса устанавливается на расстоянии не менее 30 м от водозабора - при использовании защищенных подземных вод и на расстоянии не менее 50 м - при использовании недостаточно защищенных подземных вод [6].

Граница первого пояса ЗСО группы подземных водозаборов должна находиться на расстоянии не менее 30 и 50 м от крайних скважин.

Для водозаборов из защищенных подземных вод, расположенных на территории объекта, исключающего возможность загрязнения почвы и подземных вод, размеры первого пояса ЗСО допускается сокращать при условии гидрогеологического обоснования по

согласованию с территориальным центром гигиены и эпидемиологии до 15 и 25 м соответственно.

К защищенным подземным водам относятся напорные и безнапорные межпластовые воды, имеющие в пределах всех поясов ЗСО сплошную водоупорную кровлю, исключающую возможность местного питания из вышележащих недостаточно защищенных водоносных горизонтов.

К недостаточно защищенным подземным водам относятся:

а) подземные воды первого от поверхности земли безнапорного водоносного горизонта, получающего питание на площади его распространения;

б) напорные и безнапорные межпластовые воды, которые в естественных условиях или в результате эксплуатации водозабора получают питание на площади ЗСО из вышележащих недостаточно защищенных водоносных горизонтов через гидрогеологические окна или проницаемые породы кровли, а также из водотоков и водоемов путем непосредственной гидравлической связи.

Граница второго и третьего поясов.

Граница второго пояса ЗСО определяется гидродинамическими расчетами, исходя из условий, что микробное загрязнение, поступающее в водоносный пласт за пределами второго пояса, не достигает водозабора.

Основными параметрами, определяющими расстояние от границ второго пояса ЗСО до водозабора является время продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору, которое изменяется от принимается от 100 до 400 сут, в зависимости от климатических районов и защищенности подземных вод.

Граница третьего пояса ЗСО, предназначенного для защиты водоносного пласта от химических загрязнений, также определяется гидродинамическими расчетами. При этом следует исходить из того, что время движения химического загрязнения к водозабору должно быть больше срока эксплуатации водозабора (обычный срок эксплуатации водозабора – 25–50 лет).

Список используемых источников

1. ТКП 45-4.01-30-2009. Водозаборные сооружения. Строительные нормы проектирования. – Минск: Минстройархитектуры, 2009.
2. ТКП 45-4.01-198-2010. Водозаборные сооружения из поверхностных источников. Правила проектирования. – Минск: Минстройархитектуры, 2011.
3. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. – М: Издательство АСВ, 2003. – 288 с.
4. ТКП 45-4.01-32-2010. Наружные водопроводные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования. – Минск: Минстройархитектуры, 2011.
5. ТКП 45-4.01-200-2010. Насосные станции систем водоснабжения. Правила проектирования. – Минск: Минстройархитектуры, 2011.
6. Санитарные нормы и правила Республики Беларусь СанПиН 10-113 РБ 99. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого водоснабжения.
7. ТКП 45-4.01-199-2010. Скважинные водозаборы. Правила проектирования. – Минск: Минстройархитектуры, 2011.
8. Суреньянец, С. Я. Эксплуатация водозаборов подземных вод / С. Я. Суреньянец, А. П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1989.—80 с.
9. Белан, А.Е. Проектирование и расчет устройств водоснабжения. 2-е издание, переработанное и дополненное / А.Е. Белан, П.Д. Хоружий. – К: Будивельник, 1981. – 192 с.
10. Плотников, Н. А. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод / Н.А. Плотников, В.С. Алексеев. – М: Стройиздат, 1990. – 256 с.
11. Гуринович, А.Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами: Планирование, проектирование, строительство и эксплуатация: Монография / А.Д. Гуринович. – Мн.: УП “Технопринт”, 2004. – 244 с.

Приложения

Приложение А

Таблица А.1 – Условия забора воды из поверхностных источников

Характеристика условий забора воды	Условия забора воды из поверхностных источников		
	Мутность, устойчивость берегов и дна	Шуга и лед	Другие факторы
Легкие	Мутность $\bar{\rho} \leq 500$ мг/л, устойчивое ложе водоема и водотока	Отсутствие внутриводного ледообразования. Ледостав толщиной не более 0,8 м, устойчивый	Отсутствие биообращателей, водорослей, малое количество загрязнений и сора
Средние	Мутность $\bar{\rho} \leq 1500$ мг/л (средняя за паводок). Русло (побережье) и берега устойчивые с сезонными деформациями $\pm 0,3$ м. Вдольбереговое перемещение наносов не влияет на устойчивость подводного склона постоянной крутизны	Наличие внутриводного ледообразования, прекращающегося с установлением ледостава обычно без шугозаполнения русла и образования шугозатов. Ледостав устойчивый толщиной от 0,8 до 1,2 м, формирующийся с полыньями	Наличие сора, водорослей, биообращателей и загрязнений в количествах, вызывающих помехи в работе водозабора. Судходство
Тяжелые	Мутность $\bar{\rho} \leq 5000$ мг/л. Русло подвижное с переформированием берегов и ложа, вызывающим изменение отметок дна до 2 м. Наличие переработки берега с вдольбереговыми перемещениями наносов по склону переменной крутизны	Неоднократно формирующийся ледяной покров с шугоходами и шугозаполнением русла при ледоставе до 60 %–70 % сечения водотока. В отдельные годы – с образованием шугозажоров в предледоставные периоды и ледяных заторов весной. Участки нижнего бьефа гидроэлектростанций в зоне неустойчивого ледяного покрова	Наличие сора, водорослей, биообращателей и загрязнений в количествах, затрудняющих работу водозабора и сооружений водопровода

Таблица А.2 – Размеры решеток

Водоприем- ного окна	Размер, мм							Масса решет- ки, кг
	Решетки							
	H	H ₁	H ₂	h	h ₁	L	L ₁	
400x600	840	700	600	50	40	500	400	20
600x800	1040	900	800	50	40	700	600	33
800x1000	1255	1130	1000	65	50	930	800	52
1000x1200	1620	1320	1200	80	50	1100	1080	90
1200x1400	1820	1520	1400	80	50	1300	1280	120
1260x2000	2600	2200	1986	120	60	1424	1404	253
1250x2500	3100	2700	2486	120	60	1424	1404	300

Таблица А.3 – Размеры плоских сеток

Размеры перекрываемого отверстия, мм		Наружные размеры сетки, мм		Масса сетки, кг при диаметре проволоки 1,2 мм и размере ячеек 2x2 мм
		Н	L	
800	800	930	930	47
	1000	1130		53,5
	1250	1380		61
	1500	1630		68,7
1000	800	930	1130	53,5
	1000	1130		60
	1250	1380		68
	1500	1630		88,8
	2000	2130		107,3
	2500	2630		119,5
1250	1000	1130	1380	67,8
1500	800	930	1630	69,2
	1000	1130		85,3
	1250	1380		97,2
	1500	1630		108,5
	2000	2130		127,5
	2500	2630		170,3
1750	1000	1130	1820	93,8
	1500	1630		118
	2000	2130		159
	2500	2630		185
2000	800	930	2130	91,7
	1000	1130		101,8
	1250	1380		114,7
	1500	1630		127,5
	2000	2130		172,3

Таблица А.4 – Технические характеристики насосов типа "Д"

Марка агрегата	Подача, м ³ /час	Напор, м	Частота вращения, об/мин	Номинальная мощность, кВт	Допускаемый кавитационный запас, м
Д160-112а	150	100.00	2900	72.00	4.80
Д200-36	200	36.00	1450	37.00	4.30
Д200-36б	180	25.00	1450	22.00	6.00
Д320-50	320	50.00	1450	72.00	4.50
Д320-50а	300	39.00	1450	47.00	4.60
Д200-90	200	90.00	2900	82.00	5.50
Д200-90	100	22.00	1450	12.50	5.30
Д250-125	250	125.00	2900	152.00	6.00
Д250-125а	240	101.00	2900	110.00	6.40
Д315-50а	300	42.00	2900	50.00	6.70
Д315-50б	220	36.00	2900	39.00	6.80
Д315-71а	300	60.00	2900	80.00	7.00
Д500-63	500	63.00	1450	142.00	4.50
Д500-63а	450	53.00	1450	97.00	4.80
Д500-63б	400	44.00	1450	78.00	5.00
Д630-90	630	90.00	1450	230.00	5.50
Д630-90а	550	74.00	1450	185.00	5.80
Д630-90б	500	60.00	1450	144.00	5.90
Д630-90	500	38.00	980	81.00	5.00
Д630-90а	470	60.00	980	50.00	5.20
Д630-90б	420	25.00	980	50.00	5.20
Д630-125	630	125.00	1450	365.00	5.50
Д630-125а	550	101.00	1450	282.00	5.60
Д630-125б	500	82.00	1450	222.00	5.70
Д800-56	800	56.00	1450	166.00	5.00
Д800-56б	700	40.00	1450	106.00	5.20
Д1250-63	1250	63.00	1450	290.00	6.00
Д1250-63а	1100	52.50	1450	220.00	6.10
Д1250-63	800	28.00	980	90.00	5.50
Д1250-63а	740	24.00	980	70.00	5.60
Д1250-125	1250	125.00	1450	625.00	5.50
Д1250-125а	1150	102.00	1450	450.00	5.60
Д1250-125б	1030	87.00	1450	360.00	5.70
Д1600-90	1600	90.00	1450	520.00	7.00
Д1600-90а	1450	75.00	1450	380.00	7.10
Д1600-90б	1300	63.00	1450	290.00	7.20
Д2000-21	2000	21.00	980	133.00	2.50
Д2000-21а	1850	19.00	980	132.00	2.50

Таблица А.5 – Технические характеристики насосов типа ГНОМ

Тип насоса	Гном 6-10	Гном 10-10Д	Гном 10-10	Гном 16-16	Гном 25-20	Гном 40-25
Напряжение, В	220	220	380	380	380	380
Подача ном.- макс., м ³ /ч	6-14	10-18	10-18	16-24	25	40
Напор, ном.- макс., м	10-12	10-13	10-13	16-20	20	25
Мощность электродвигателя, кВт	0,6	1,1	0,75	2,2	3	5,5
Диаметр напорной трубы, мм	50	50	50	50	80	78
Габариты, мм	210x360	210x360	210x360	245x420	300x485	300x600
Масса, кг не более без шнура	15	16	15	24	31,8	59

Таблица Б.1 – Значения коэффициентов k_{ϕ} , R и μ

Водоносные породы	Диаметр частиц, мм	k_{ϕ} , м/сут	R , м	μ
Глинистые грунты, суглинки		0,01-0,1		0,01-0,05
Пески пылеватые, супеси	0,01-0,05	0,1-1,0		0,1-0,15
Пески:				
Мелкозернистые	0,05-0,25	0,1-10,0	25-100	0,15-0,20
Средней крупности	0,25-0,5	10-25	100-300	0,20-0,25
Крупные	0,5-1,0	25-75	300-400	0,25-0,3
гравелистые	1-2	50-100	400-500	0,3-0,35
Гравий:				
мелкий	2-3	75-100	400-600	0,3-0,35
средний	3-5	100-200	600-1500	0,3-0,35
крупный	5-10	200-300	1500-3000	0,3-0,35

Таблица Б.2 – Значения коэффициента ξ_1

$\frac{l_{\phi}}{M}$	$\frac{M}{r}$							
	3	10	30	100	200	500	1000	2000
0,05	1,2	6,3	17,8	40	47	63	74,5	84,5
0,1	1	5,2	12,2	21,8	27,4	35,1	40,9	46,8
0,3	0,65	2,4	4,6	7,2	8,8	10,9	12,4	14,1
0,5	0,33	1,1	2,1	3,2	3,9	4,8	5,5	6,2
0,7	0,12	0,44	0,84	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6
0,9	0,01	0,06	1,15	0,27	0,34	0,43	0,5	0,58