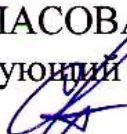
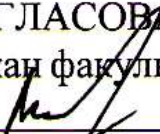


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Факультет инженерных систем и экологии
Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой

С. В. Андреюк
«16» декабря 2022г.

СОГЛАСОВАНО
Декаан факультета

А. А. Волчек
«16» 12 2022 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ»**

для специальности:
1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресур-
сов»

Составитель: Б.Н. Житенев – профессор кафедры водоснабжения, водоотведения, и охраны водных ресурсов Учреждения образования «Брестский государственный технический университет», к. т.н., доцент

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета университета 29.12.2022 г.,
протокол № 3 .

рег. N УМК 22/23-54

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

Электронный учебно-методический комплекс содержит:

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Конспект лекций по дисциплине «Водозаборные сооружения»

2 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водозаборные сооружения»

3 РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ по дисциплине «Водозаборные сооружения»

4 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Учебная программа дисциплины «Водозаборные сооружения»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели ЭУМК

- повышение эффективности образовательного процесса специальности 1- 70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» по дисциплине «Водозаборные сооружения»;
- внедрение перспективных технологий хранения и передачи информации в электронном виде.
- обеспечение открытости и доступности образовательных ресурсов путем размещения ЭУМК в локальной сети университета.

Структура ЭУМК

содержит теоретический, практический, вспомогательный раздел и раздел по контролю знаний студентов.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

Необходим IBM PC-совместимый ПК стандартной конфигурации.

1 Теоретический раздел

#СтруктураЭУМК

Конспект лекций по дисциплине «Водозаборные сооружения».

- Тема 1 [Классификация водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.](#)
- Тема 2 [Назначение и категории надежности водозаборных сооружений.](#)
- Тема 3 [Схемы водозаборных сооружений из поверхностных источников , область применения.](#)
- Тема 4 [Выбор типа и месторасположения речного водозаборного сооружения](#)
- Тема 5 [Совмещенные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет.](#)
- Тема 6 [Раздельные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет.](#)
- Тема 7 [Русловые водозаборы с мокрой установкой насосов. Конструкция, расчет.](#)
- Тема 8 [Русловые водозаборные сооружения с сифонными линиями. Конструкция. Основы расчета](#)
- Тема 9 [Береговые водозаборные сооружения совмещенного типа. Конструкция, расчет.](#)
- Тема 10 [Береговые водозаборные сооружения раздельного типа. Конструкция, расчет.](#)
- Тема 11 [Конструкция береговых колодцев. Основные принципы проектирования и расчета.](#)
- Тема 12 [Береговые водозаборы с мокрой установкой насосов. Конструкция, расчет.](#)
- Тема 13 [Комбинированные водозаборы. Конструкция, расчет.](#)
- Тема 14 [Конструкции оголовков. Основные принципы проектирования и расчета.](#)
- Тема 15 [Речные водозаборные сооружения с предварительным осветлением воды.](#)
- Тема 16 [Методы промывки самотечных линий.](#)
- Тема 17 [Водозаборные ковши. Назначение, конструкция.](#)
- Тема 18 [Особенности забора воды из каналов, рек небольшой глубины . Конструкция сооружений, основы расчета.](#)
- Тема 19 [Водозаборные сооружения временного типа. Конструкция, расчет.](#)
- Тема 20 [Проектирование зон санитарной охраны водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.](#)
- Тема 21 [Классификация водозаборных сооружений из подземных источников водоснабжения.](#)
- Тема 22 [Трубчатые колодцы. Основные элементы. Конструкция.](#)
- Тема 23 [Основные способы бурения скважин на воду.](#)
- Тема 24 [Основные расчетные схемы забора воды трубчатыми колодцами.](#)
- Тема 25 [Гранулометрическая характеристика водоносных пород.](#)
- Тема 26 [Конструкции фильтров трубчатых колодцев. Выбор типа фильтра.](#)
- Тема 27 [Бесфильтровые трубчатые колодцы. Конструкция, расчет.](#)
- Тема 28 [Основные факторы, влияющие на выбор источника и месторасположения трубчатых колодцев](#)
- Тема 29 [Плановые схемы водозаборов, оборудованных трубчатыми колодцами.](#)
- Тема 30 [Расчет взаимодействующих и не взаимодействующих трубчатых колодцев.](#)
- Тема 31 [Область применения водозаборных сооружений из подземных источников.](#)
- Тема 32 [Шахтные колодцы, конструкция и основы расчета шахтных колодцев.](#)
- Тема 33 [Схемы водозаборов при использовании шахтных колодцев.](#)
- Тема 34 [Горизонтальные водозаборы, назначение, область применения, конструкция.](#)
- Тема 35 [Лучевые водозаборы, назначение область применения, конструкция.](#)
- Тема 36 [Каптажные водозаборные сооружения при использовании нисходящих и восходящих ключей.](#)
- Тема 37 [Системы искусственного пополнения подземных вод \(ИППВ\), назначение устройство.](#)
- Тема 38 [Проектирование и устройство зон санитарной охраны водозаборных сооружений подземных вод](#)

1. Классификация водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения. [#ТеоретическийРаздел](#)

Существует большое количество типов водозаборных сооружений из поверхностных источников по гидрогеологическим условиям заборы воды они различаются конструкцией. Сооружения для забора поверхностных вод классифицируются по следующим основным признакам:

По назначению:

- хозяйственно-питьевые;
- производственные (технические);
- сельскохозяйственные.

По виду источника:

- речные
- канальные
- озёрные
- водохранилищные
- морские

По производительности:

- малые – до $1 \text{ м}^3/\text{с}$;
- средние – $1-6 \text{ м}^3/\text{с}$;
- большие – более $6 \text{ м}^3/\text{с}$.

По категории надёжности подачи воды:

- первой категории;
- второй категории;
- третьей категории;

Наибольшее распространение получили русловые и береговые водозаборы. Для условий республики Беларусь наиболее широко используются русловые

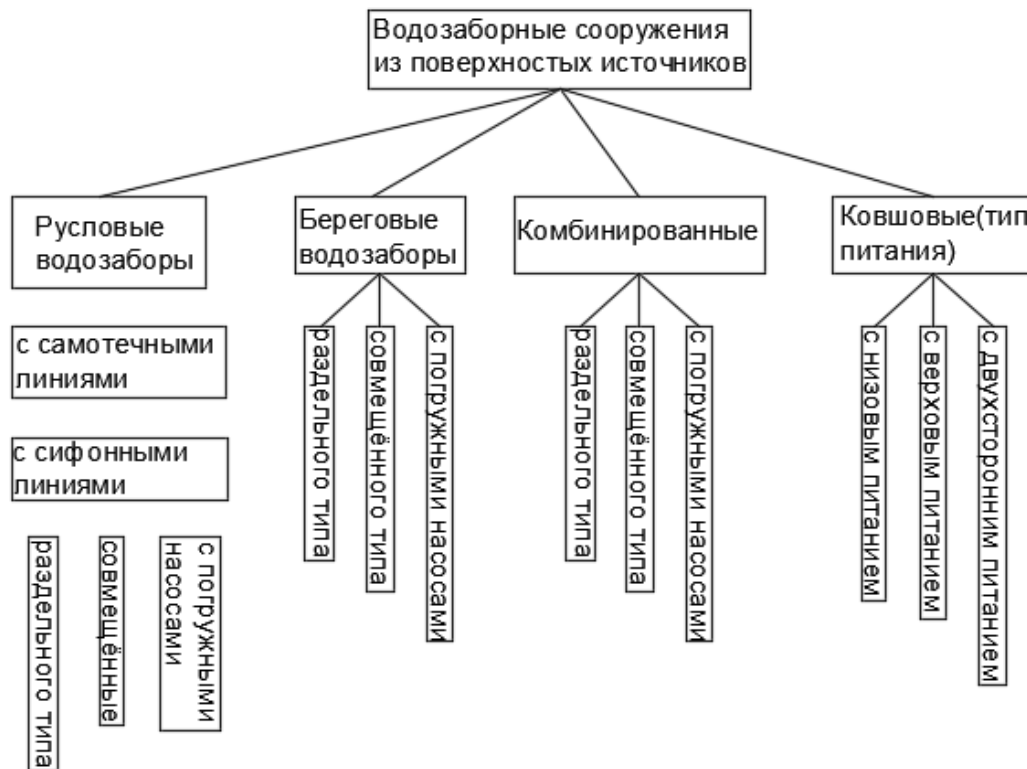


Рис. 1. Классификация водозаборных сооружений из поверхностных источников по конструктивным признакам.

2. Назначение и категории надежности водозаборных сооружений.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Водозаборные сооружения из поверхностных источников в условиях РБ используются преимущественно для технического водоснабжения.

Пока часть Минска снабжается водой из поверхностного источника, но в соответствии с программой «Чистая вода» система хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Минска будет полностью переведена на подземные источники.

Главное назначение водозаборных сооружений из поверхностных источников – водоснабжение промышленных предприятий различных отраслей: теплоэнергетики, металлообработки, текстильной промышленности и др.

По категории надёжности водозаборные сооружения из поверхностных источников, как и водозаборные сооружения из подземных источников делятся на 3 категории (таблица 1):

Таблица 1

Показатели	Первая категория	Вторая категория	Третья категория
Характеристики населённых пунктов	Населённые пункты с количеством жителей свыше 50000 человек	Населённые пункты с количеством жителей от 5000 до 50000 человек	Населённые пункты с количеством жителей менее 5000 человек
Допустимое снижение подачи, %	30	30	30
Длительность снижения подачи, суток	3	10	15
Перерыв в подаче воды	10 минут	6 часов	24 часа

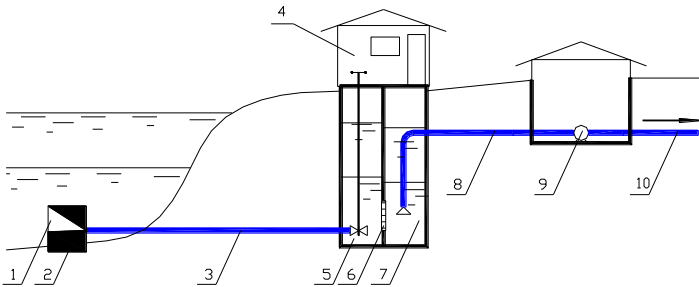
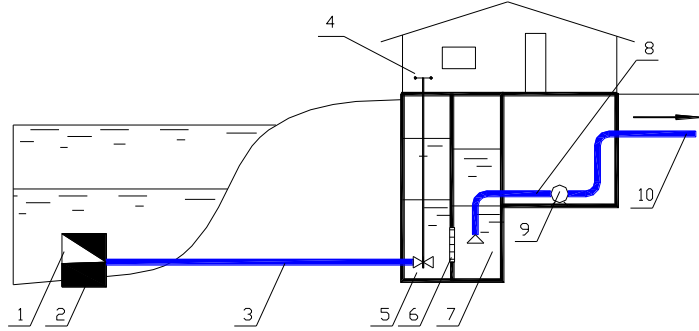
3. Схемы водозаборных сооружений из поверхностных источников, область применения

[#ТеоретическийРаздел](#)

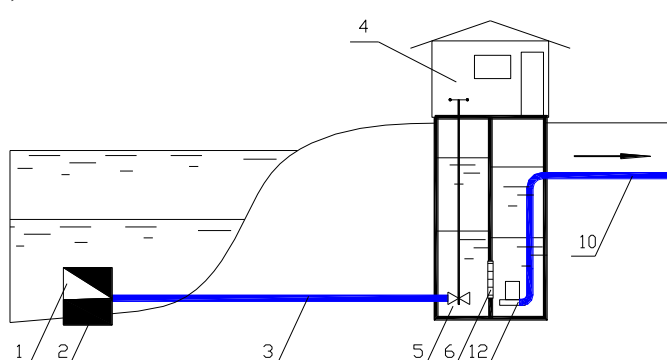
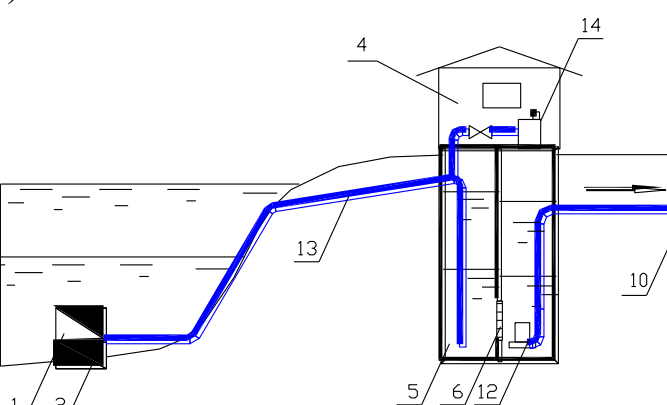
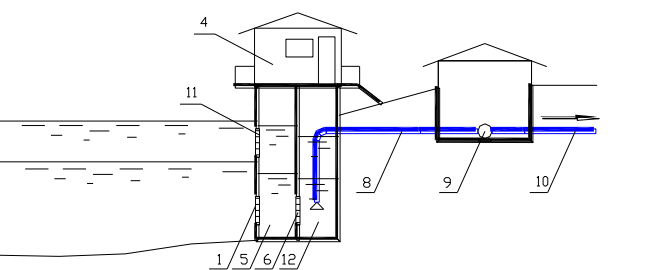
В общем случае водозабор из поверхностных источников должен состоять из:

- водоприемника;
- водоводов (самотечных или сифонных);
- водоприемного колодца;
- насосной станции;
- оборудования и арматуры.

Таблица 2. Схемы водозаборных сооружений из поверхностных источников

Схема водозаборного сооружения	Тип водозаборного сооружения	Область применения
1	2 -	3
<p>А)</p> 	<p>Русловой водозабор раздельного типа с самотечными линиями</p>	<p>Пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма. Насосная станция первого подъема отнесена на возвышенное место для предотвращения затопления.</p>
<p>Б)</p> 	<p>Русловой водозабор совмещенного типа с самотечными линиями</p>	<p>Пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма, хорошо изученные гидрологические характеристики водотока.</p>

Продолжение таблицы 2.

1	2	3
<p>В)</p> 	<p>Русловой водозабор с гружными насосами</p>	<p>Пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма. Не требует строительства здания насосной станции первого подъема.</p>
<p>Г)</p> 	<p>Русловой водозабор с си-фонными линиями</p>	<p>Пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая высокозатопляемая пойма, тяжелые условия прокладки самотечных линий.</p>
<p>Д)</p> 	<p>Береговой водозабор раздельного типа</p>	<p>Высокий крутой берег, наличие достаточных глубин у берега, амплитуда колебания уровней воды до 10 м, небольшая производительность, насосы с высотой всасывания более 3...4 м</p>

<p>Е)</p>	<p>Береговой водозабор совмещенного типа с заглубленной насосной станцией первого</p>	<p>Достаточная глубина у берега, небольшая амплитуда колебания уровней воды, насосы с высотой всасывания менее 3...4 м</p>
<p>Ж)</p>	<p>Береговой водозабор с погружными насосами</p>	<p>Высокий крутой берег, наличие достаточных глубин у берега, амплитуда колебания уровней воды любая,</p>
<p>З)</p>	<p>Комбинированный водозабор с самотечными линиями и водопримемными отверстиями в</p>	<p>Большая амплитуда колебания уровней воды, пологий берег, широкая пойма.</p>

Примечание. 1 – водопримемные отверстия с сороудерживающими решетками; 2 – оголовок; 3 – самотечная линия; 4 – береговой колодец; 5 – водопримемная камера берегового колодца; 6 – сетка; 7 – всасывающая камера берегового колодца; 8 – всасывающие трубопроводы насосов первого подъема; 9 – насосы первого подъема; 10 – водоводы первого подъема; 11 – верхние водопримемные отверстия; 12 – погружные насосы первого подъема; 13 – сифонные линии; 14 – вакуумные насосы для «зарядки» сифона.

4. Выбор типа и месторасположения речного водозаборного сооружения.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Конструкция водозабора должна:

- обеспечивать забор из водоисточника расчетного расхода воды и подачу его потребителю;
- защищать систему водоснабжения от попадания в нее сора, планктона, наносов, ракушки, шугольда и др.;
- обеспечивать защиту молоди рыб от гибели и травмирования, пропуск проходных рыб к нерестилищам на рыбохозяйственных водных объектах;
- быть прочной, устойчивой и долговечной;

Водоприемные устройства водозабора должны сохранять работоспособность в условиях возникновения возможных осложнений, вызванных:

- снижением глубин или расхода воды в водоисточнике;
- образованием в потоке внутриводного льда и шуги, шугозаполнением русла, а также транспортированием потоком наносов, сора, корчей, топляков и др.;
- судоходством, регулированием стока на гидроэлектростанциях;
- отбором воды для других целей;
- захватом загрязнений водоема;
- переформированием русла или побережья водоема;
- волнением, перемещениями наносов вдольбереговыми течениями, нагоном сора и льда;
- развитием ракушки, планктона, захватом водорослей.

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 и органов рыбоохраны;
- условия строительства сооружений, последующей эксплуатации их и перспективы водохозяйственных мероприятий на данном водоисточнике;
- экономическую целесообразность принятых решений.

5. Совмещенные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет.

[#ТеоретическийРаздел](#)

В состав руслового водозабора входят: оголовки, самотечные линии и береговой колодец. Выбор месторасположения водоприемника существенно влия-

ет на инвестиции при строительстве так, как чем дальше отнесен водоприемник в русло реки тем длиннее самотечная или сифонная линия, а это существенно удорожает строительство, поэтому стремятся расположить водоприемник в таком месте при котором длина самотечной линии будет минимальна. Верх оголовка должен размещаться ниже кромки льда на расстоянии не менее чем 0,2 м, а низ входных отверстий должен быть выше дна водоема не менее чем на 0,5 м. Для правильного выбора места расположения водоприемника необходимо выполнить расчет высоты решетки которой перекрывается входное отверстие. (рис.2).

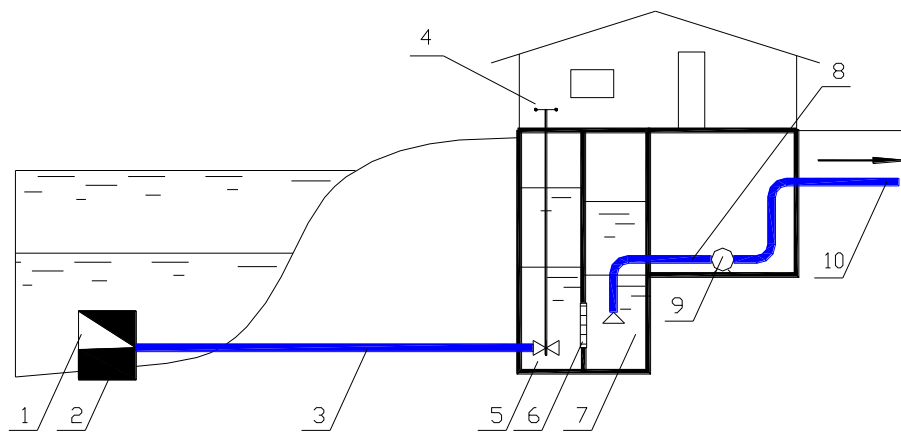


Рис.5.1. Руслевой водозабор совмещенного типа с полузаглубленной насосной станцией первого подъема (обозначения см.стр.6).

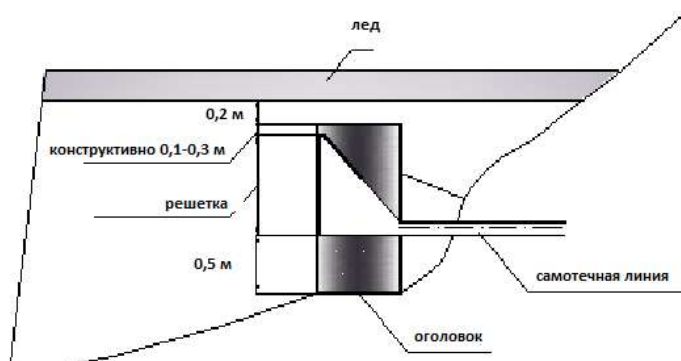


Рис. 5.2. Схема к определению месторасположения оголовка в русле водотока

Решетки обычно представляют собой металлическую раму, сваренную из угловой стали или швеллера с металлическими стержнями из полосовой или круглой стали.

Для борьбы с обмерзанием решеток применяют покрытие стержней решеток гидрофобными материалами (каучуком, эбонитом, резиной) либо применяют обогрев ее элементов.

Размеры водоприемных отверстий следует определять по средней скорости втекания воды в отверстия (в свету) сорорудерживающих решеток

Допустимая скорость втекания воды в водоприемные отверстия береговых незатопляемых водоприемников, без учета требований рыбозащиты, не должна превышать, м/с:

0,6 — для средних условий забора воды;

0,2 — для тяжелых условий забора воды.

Для затопленных водоприемников:

0,3 — для средних условий забора воды;

0,1 — для тяжелых условий забора воды.

Определение площади водоприемного отверстия (брутто) одной секции $F_{\text{бр}}$, м², следует производить из условия одновременной работы всех секций водозабора (кроме резервных) по формуле

$$F_{\text{бр}} = 1.25 \cdot \frac{q_{\text{расч}}}{V_{\text{вх}}} \cdot K, \text{ м}$$

где 1.25 – коэффициент, учитывающий засорение отверстий;

$q_{\text{расч}}$ – расчетный расход одной секции, одного трубопровода, м³/с;

$$q_{\text{расч}} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{max сут}}}{3600 \cdot T_1 \cdot n}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где α – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды водопровода, принимаем $\alpha = 1,09 \dots 1,1$;

$Q_{\text{max сут}}$ – максимальный суточный расход, м³/сут;

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

n – число секций, трубопроводов;

$V_{\text{вх}}$ – скорость входа воды в водоприемные отверстия, рекомендуется $V_{\text{вх}} = 0,1 \dots 0,3$ м/с;

K – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решетки;

$$K = (a + c) / a$$

где a – расстояние между стержнями в свету, мм ($a = 30 \dots 50$ мм);

c – толщина стержней, мм ($c = 6 \dots 12$ мм)

По полученной площади $F_{\text{бр}}$ (по табл. 4.1) принимают стандартную решетку, представляющую собой металлическую раму (из уголков и швеллеров) с металлическими вертикальными стержнями.

Таблица 5.1.

Съемные сороудерживающие решетки

Размер водо-приемного	400x60 0	600x80 0	800x100 0	1000x120 0	1200x140 0	1260x200 0	1250x250 0
Площадь водоприемного отверстия $F_{табл\ бр}$, $м^2$	0,24	0,48	0,8	1,2	1,68	2,52	3,125
Размер решетки, мм xH	500x70 0	700x90 0	930x113 0	1100x132 0	1300x152 0	1424x220 0	1424x270 0
Масса решетки, кг	20	33	52	90	120	253	300

Размеры входных отверстий принимаются по стандартным размерам решеток (табл. 2.2). Принятые решетки проверяются на скорость движения воды на случай отключения при аварии одной линии самотечных труб, приняв расход по одной линии $0,7q_{расч.водоз}$, $м^3/с$, ($q_{расч.водоз}=2 \cdot q_{расч.}$, $м^3/с$).

$$V_{вх} = \frac{1,25 \cdot 0,7 \cdot q_{расч.водоз} \cdot K}{F_{бр}^{табл}}, \text{ м/с}$$

Полученное значение $V_{вх}$, должно быть не более 0,3 м/с для средних условий и 0,1 м/с для тяжелых условий забора воды.

Береговой колодец следует размещать на берегу в месте, где отметка земли на 1 м (см. рис.2) превышает отметку верхнего уровня воды в источнике. Для водозаборов I и II категорий надежности принимается не менее двух секций т.е. двух самотечных линий, проложенных с обратным уклоном из стальных труб. Стальные трубы хорошо сопротивляются ударам плавающих предметов и не разрушаются при образовании под ними местных временных промоин. Допускается использование пластмассовых и железобетонных труб.

Расчет самотечной линии заключается в определении диаметра водовода и потерь напора в нем. Расчет диаметров водоводов следует производить по значениям допускаемых скоростей в условиях нормального режима работы водозабора. Скорость движения воды в самотечных и сифонных водоводах при нормальном режиме работы водозаборных сооружений следует принимать по таблице 4.2

Сифонные водоводы допускается применять в водозаборах II и III категории. Применение сифонных водоводов в водозаборах I категории должно быть обосновано.

Таблица 5.2

Диаметр водоводов, мм	Скорость движения воды, м/с, в водозаборах категории	
	I	II и III
до 500	0,7–1,0	1,0–1,5
“ 500 “800	1,0–1,4	1,5–1,9
Св. 800	1,5	2,0

Примечание — При возможном обрастании водоводов дрейсенной, блянцусом, мидиями и т. д. расчет потерь в водоводе следует производить при значении коэффициента шероховатости, равном 0,02.

$$d = \sqrt{\frac{q_{расч}}{0.785 \cdot V_{расч}}}, \text{ м}$$

Принимается стандартный диаметр, округляя полученный по расчету в меньшую сторону, и проверяется скорость движения воды в трубе

$$V = \frac{q_{расч}}{F_{сам}}, \text{ м/с} > 0.7 \text{ м/с}$$

5.1 Расчет потерь напора в самотечных линиях при УНВ (работа в межень).

Потери напора определяют как сумму потерь на местные сопротивления $\sum h_{мест.}$, поскольку при малой длине трубопровода (самотечных труб), они составляют значительную величину, и потери напора по длине:

$$\sum h_{УНВ} = \sum h_{мест} + h_{дл};$$

$$\sum h_{мест} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4;$$

где h_1 – потери напора в решетке (на входе), принимают $h_1 = 0.1 \text{ м}$;

h_2 – потери на вход;

$$h_2 = \zeta \frac{v^2}{2 \cdot g};$$

ζ – коэффициент гидравлического сопротивления при входе в раструб; $\zeta = 0,1$;

V – скорость движения воды, после сопротивления, м/с;

h_3 – потери напора в фасонных частях (тройнике) и арматуре (задвижке) на самотечных линиях ($\zeta_{тр} = 0,1$, $\zeta_{зadv} = 0,1$):

$$h_3 = \sum \zeta \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{(\zeta_{тр} + \zeta_{зadv})}{2 \cdot g} v^2, \text{ м}$$

h_4 – потери напора на выходе (на вход в колодец, $\zeta = 1$);

$$h_4 = \zeta \frac{v^2}{2 \cdot g},$$

$h_{\text{дл}}$ – потери напора по длине, определяют при работе двух линий самотечных труб;

$$h_{\text{дл}} = A \cdot K \cdot l \cdot q_{\text{расч}}^2, \text{ м}$$

где A – удельное сопротивление, $\text{с}^2/\text{м}^6$ (табл. 2.4);

K – поправочный коэффициент (табл. 2.5);

l – длина трубопровода, м., (определяется по профилю после назначения места расположения оголовка и берегового колодца);

$q_{\text{расч}}$ – расчетный расход через одну секцию, $\text{м}^3/\text{с}$.

5.2. Расчет потерь напора в самотечных линиях при аварийной работе водозабора в период отключения одной линии при УНВ

При аварийной работе должен быть подан расход не менее 70% расчетного расхода водозабора для всех трех категорий надежности:

$$Q_{\text{ав}} = 0,7 \cdot q_{\text{расч. водоз.}}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

При аварии работает одна самотечная линия, тогда скорость движения воды в ней при аварии составит:

$$V_{\text{ав}} = \frac{Q_{\text{ав}}}{F_{\text{сам}}}, \text{ м/с}$$

потери напора (см. п. 2.3.2.1):

$$\Sigma h_{\text{ав}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_{\text{дл}}, \text{ м}$$

5.3. Расчет потерь напора при пропуске расчетного расхода водозабора по одной линии в паводок (при УВВ).

Скорость в самотечной линии должна быть больше, чем скорость в реке $V_{\text{реки}}$ при УВВ, поэтому весь расход идет по одной линии (одна отключается).

$$V_{\text{УВВ}} = \frac{q_{\text{расч. водоз.}}}{F}, \text{ м/с}$$

потери напора:

$$\Sigma h_{\text{УВВ}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_{\text{дл}}, \text{ м};$$

5.4. Проектирование сороудерживающих сеток

Между приемным и всасывающим отделениями берегового колодца устанавливается сетка (плоская съемная, либо вращающаяся с автоматической промывкой), размеры которой определяются по скорости V_c прохода воды через ячейки в свету (принимают не более 0,4 м/с при отсутствии внешних рыбозаградителей):

$$F_{\text{бр}} = 1,25 \frac{q_{\text{расч}}}{V_c} K_c$$

Коэффициент, учитывающий стеснение входа воды стержнями сеток вычисляется по формуле

$$K_c = \left(\frac{a+c}{a} \right)^2,$$

где a – расстояние между проволоками сетки, (2...5 мм);
 c – диаметр проволоки (1,0...1,5 мм);

По вычисленному значению $F_{бр}$ и принимается стандартная сетка (табл.2.6), скорость входа $V_{вх}$ проверяется с новой площадью подобранной сетки, она должна быть не более 0,4 м/с.

$$V_{вх} = \frac{1,25 \cdot q_{расч} \cdot K_c}{F_{бр}^{табл}}, \text{ м/с}$$

Затем проверяется скорость прохождения воды при отключении одной линии самотечных труб (при аварии) $V_{ав}$.

$$V_{вх} = \frac{1,25 \cdot 0,7 \cdot q_{расч.водоз.} \cdot K_c}{F_{бр}^{табл}} \leq 0,4 \text{ м/с}$$

При расчете полученное значение должно быть не более 0,4 м/с. В этом случае сетка выбрана правильно.

5.5. Определение размеров берегового колодца в плане с «сухой» установкой насосов

Площадка для строительства берегового водоприемника (колодца) должна быть выбрана выше на 1,0 м отметки УВВ расчетной. Глубина заложения водоприемного колодца берегового водозабора принимается с таким расчетом, чтобы он не был подмыт течением реки. Береговой колодец состоит из наземной и подземной частей. Подземная часть колодца обычно круглая в плане, имеет не менее двух водоприемных и двух всасывающих камер, по количеству секций. Высота отверстия и сетки подбирается по данным расчетов. Размеры колодца в плане назначаются из условия размещения оборудования в приемных и всасывающих секциях (отделениях) и конструктивно принимаются 3; 3,5; 4,0; 4,5 м и т.д.

При «сухой» установке насосов они размещаются в отдельных помещениях, сблокированных с береговым колодцем (совмещенные) или отдельно стоящих (водозаборные сооружения раздельного типа).

Размеры и число секций всасывающего отделения зависят от диаметра всасывающих труб и их количества.. При установке крупных насосных агрегатов число секций и труб принимается равным числу насосов. В одной секции можно располагать одну или несколько всасывающих труб небольших диаметров, расстояние между которыми необходимо принимать в соответствии с рис. Компоновка труб в плане диктует размеры секций всасывающего отделения. При этом приемное отделение рекомендуется принимать несколько больших размеров в плане, чем всасывающее.

Диаметр самотечных труб, тип и размеры промывного оборудования определены выше. При проектировании всасывающих труб учитываются требования: трубы не должны иметь резких поворотов и внезапных расширений. Диаметр всасывающей линии определяется по расчетному расходу одной секции и скорости во всасывающей трубе $V_{вс}$:

$$d_{вс} = \sqrt{\frac{q_{расч}}{0.785 \cdot V_{вс}}}$$

Скорости движения воды в трубопроводах насосных станций принимаются в соответствии с таблицей 4.3.

Табл. 5.3. Скорости движения воды в трубопроводах насосных станций

Диаметр труб, мм	Скорости движения воды в трубопроводах насосных станций, м/с	
	во всасывающем	в напорном
≤250	0,6...1	0,8...2
300...800	0,8...1	1,0...3
≥800	1,2...2	1,5...4

Полученный диаметр округляют до ближайшего стандартного $d_{вс}$. Диаметр воронки на концах всасывающих труб принимается:

$$D_{вор} = (1,3...1,5)d_{вс}, \text{ м}$$

Расстояние от дна колодца до раструба всасывающей трубы принимается:

$$h_1 = 0,8 \cdot D_{вор}, \text{ но не менее } 0,5 \text{ м}$$

Расстояние от стенки колодца до раструба: $a = (0,8-1,0)D_{вор}$, расстояние между всасывающими линиями в осях: $2,0 D_{вор}$;

между раструбами: $b = D_{вор}$

раструбы должны быть заглублены на величину: $h_2 = (0,6-1,2) D_{вор}$

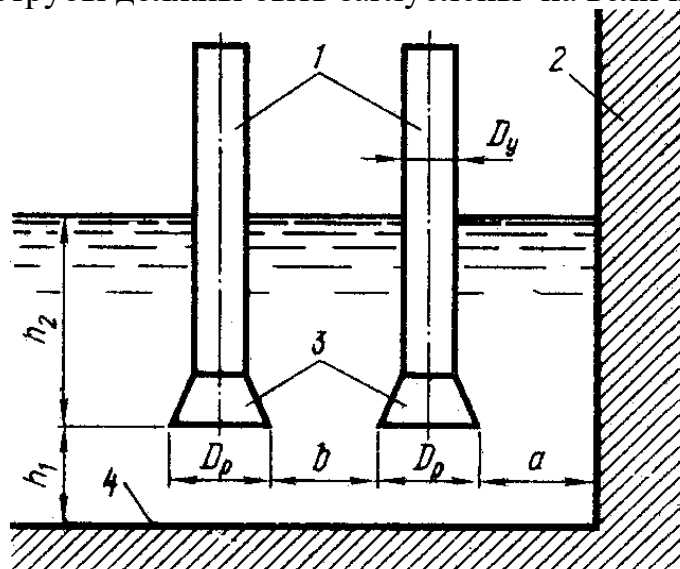


Рис.5.3. Схема расположения всасывающих труб в береговом колодце.

1-всасывающие трубы, 2 – стенки колодца, 3 – раструб, 4 – дно колодца.

При определении размеров колодцев минимальные расстояния до внутренних поверхностей колодца надлежит принимать:

- от стенок труб при диаметре труб до 400 мм – 0,3 м, от 500 до 600 мм – 0,5 м, более 600 мм – 0,7 м;
- от плоскости фланца при диаметре труб до 400 мм – 0,3 м, более

400 мм – 0,5 м;

- от края раструба, обращенного к стене, при диаметре труб до 300 мм – 0,4 м, более 300 мм – 0,5 м;

- от низа трубы до дна при диаметре труб до 400 мм – 0,25 м, от 500 до 600 мм – 0,3 м, более 600 мм – 0,35 м.

Расстояние от перегородки разделяющей водоприемную и всасывающие камеры до фланца задвижки на самотечной линии – 0,7 – 1,0 м.

Расстояние от перегородки разделяющей водоприемную и всасывающие камеры до раструба всасывающего трубопровода – 0,7 – 1,0 м.

Из условия монтажа оборудования и эксплуатации назначается диаметр колодца, толщина стен принимается равной 10% от глубины колодца. В проекте толщину стен принять 0,4...0,5 м, а толщину перегородок 0,2...0,3 м, бетонного основания 0,8...1,0 м. Для удобства эксплуатации над водоприемником устраивается павильон из кирпича или сборных железобетонных элементов. В береговых колодцах предусматривается следующее оборудование: затворы, задвижки и колонки управления ими, устройства для очистки и промывки сеток, удаления осадков, подъема решеток и сеток, лестницы, насосные агрегаты и электрические щиты управления.

В водозаборных сооружениях совмещенного типа насосная станция расположена в одном сооружении с береговым колодцем. Это обуславливает небольшую длину всасывающих трубопроводов, а значит и малые потери в них. Помещение насосной станции может быть полузаглубленным, заглубленным, незаглубленным. В этом случае потери во всасывающих трубопроводах можно принять 0,1 м для заглубленных, до 0,5 м для незаглубленных.

$$\Sigma h_{\text{нас.ст-о.с}} = h_{\text{в.с.}} + h_{\text{ком}} + h_{\text{водом}} + h_{\text{б.к-о.с}} + h_{\text{излив}}$$

$h_{\text{в.с.}}$ - потери во всасывающих трубопроводах (0,1-0,5 м);

$h_{\text{ком}}$ – потери в коммуникациях насосной станции первого подъема, $h_{\text{ком}}=1$ м;

$h_{\text{водом}}$ – потери напора в водомере, $h_{\text{водом}}=1$ м;

$h_{\text{б.к-о.с}}$ – потери напора по длине при движении воды от берегового колодца до очистных сооружений:

$$h_{\text{б.к-о.с}} = 1,1 \cdot h_{\text{дл}} = 1,1 \text{AKl} (q_{\text{расч}})^2, \text{ м.}$$

$h_{\text{излив}}$ – потери напора на излив воды на станции водоподготовки, $h_{\text{излив}}=1,5$ м;

1,1 – коэффициент, учитывающий местные потери напора.

Для вычисления суммарных потерь определяется диаметр водовода, идущего к очистным сооружениям, который находится, по расходу и рекомендуемой скорости, см. табл. 7.

$$q_{\text{водов}} = \frac{Q_{\text{исл}}}{2}, \text{ м}^3/\text{с.}$$

Принимается две нитки водовода и задается скорость.

Диаметр одной нитки водовода

$$d_{\text{водов}} = \sqrt{\frac{q_{\text{водов}}}{0,785 \cdot V_g}}, \text{ м.}$$

Принимается стандартный диаметр $d_{\text{водов}}$, при этом диаметре необходимо удостовериться, что скорость находится в рекомендуемых пределах, табл.7.

5.6 Определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема

Подача насосной станции ($\text{м}^3/\text{с}$) равна расчетному расходу водозабора $Q_{\text{расч. водоз.}}$:

$$Q_{\text{нсл}} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{макс.сут}}}{T_1 \cdot 3600},$$

где T_1 - время работы насосной станции первого подъема, $T_1 = 24$ ч.

В насосной станции располагаются рабочие и резервные насосы, которые подают воду на очистную станцию. В зависимости от класса сооружений и категории насосной станции в соответствии с ТКП 45- 4.01-200-2010 (02250) «Насосные станции систем водоснабжения. Правила проектирования», принимается требуемое количество рабочих ($n_{\text{раб.нас}}$) и резервных насосов. Подача одного рабочего насоса составит:

$$Q_{\text{раб.нас}} = Q_{\text{нсл}} \cdot n_{\text{раб.нас}}$$

Напор насосов насосной станции:

$$H_n = H_{\Gamma} + \Sigma h_{\text{нас.см-о.с}}$$

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

$\Sigma h_{\text{нас.см-о.с}}$ – суммарные потери напора при движении воды от берегового колодца до очистных сооружений, м.

$$H_{\Gamma} = Z_{\text{см}} - Z_{\text{минес}} = Z_{\text{см}} - Z_2',$$

где $Z_{\text{см}}$ – отметка воды в смесителе:

$$Z_{\text{см}} = Z_{\text{ос}} + (4 \dots 4,5), \text{ м}$$

$Z_{\text{ос}}$ – отметка земли очистных сооружений, принимают в соответствии с заданием на курсовое проектирование;

$Z_{\text{минес}}$ – минимальная отметка воды во всасывающем отделении берегового колодца, м;

$$Z_{\text{минес}} = \nabla Z_2'$$

6. Раздельные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет.

[#ТеоретическийРаздел](#)

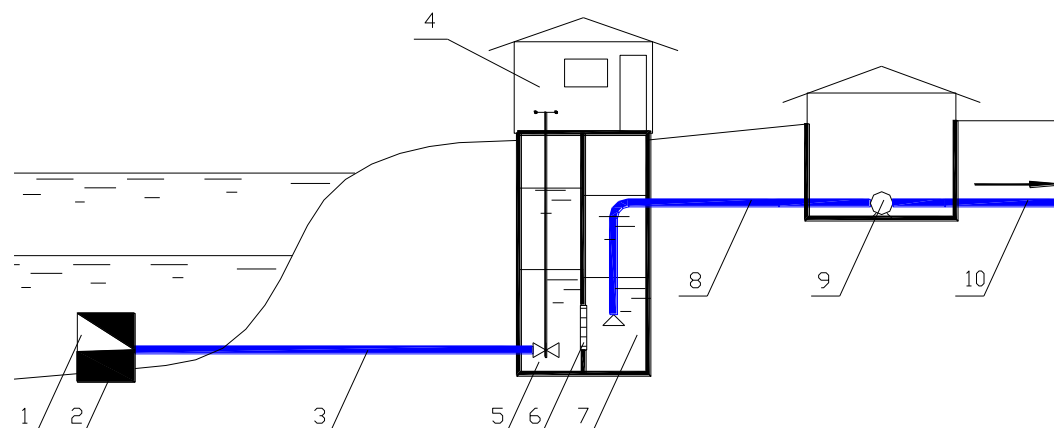


Рис.6.1. Раздельный речной водозабор руслового типа (обозначения см.стр.6).

Раздельные речные водозаборные сооружения руслового типа используются если пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма. Насосная станция первого подъема отнесена на возвышенное место для предотвращения затопления. Особенностью конструкции является размещение насосной станции в отдельном сооружении и как следствие увеличение длины всасывающих трубопроводов насосной станции первого подъема. При проектировании русловых водозаборов раздельного типа необходимо решить следующие задачи:

- определить расчетную производительность одной секции водозабора;
- выполнить расчет водоприемника (оголовка);
- рассчитать самотечную линию;
- определить размеры сороудерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодца;
- подсчитать потери напора при движении воды от источника до всасывающего отделения берегового колодца;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодце при различных режимах функционирования водозабора;
- рассчитать диаметры всасывающих труб и потери напора в них;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование.

Решение аналогично расчетам русловых водозаборов совмещенного типа за исключением потерь напора во всасывающих трубах (см. 5.1-5.6).

В водозаборных сооружениях раздельного типа насосная станция первого подъема расположена в отдельном сооружении, отнесенном от берегового колодца иногда на значительное расстояние, что обуславливает значимые потери напора по длине во всасывающих трубопроводах (рис.6.2):

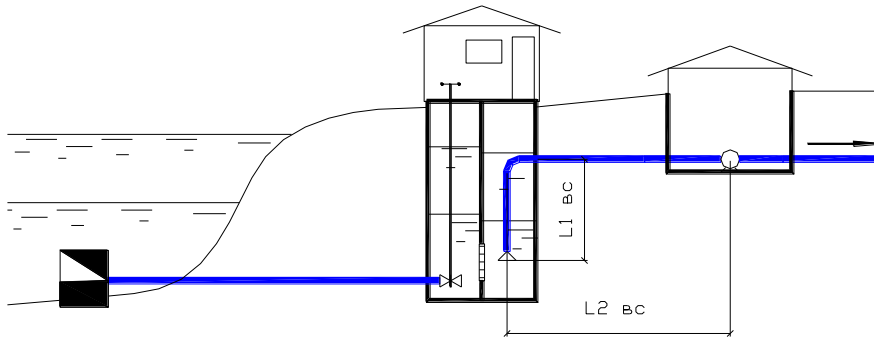


Рис. 6.2.

$$\Sigma h_{в.с.} = h_{мест.вс} + h_{дл.вс}$$

$$h_{мест.вс} = \frac{(\zeta_{растр} + \zeta_{повор})}{2 \cdot g} v_{вс}^2$$

$\zeta_{растр}$ - коэффициент потерь напора при входе в раструб, равный 0,1;

$\zeta_{повор}$ - коэффициент потерь напора при повороте на 90 градусов, равный 0,4;

$v_{вс}^2$ - скорость движения воды во всасывающей линии

$l_{вс} = L1_{вс} + L2_{вс}$ см. рис.6.2.

$$h_{дл.вс} = A_{вс} \cdot K_{вс} \cdot l_{вс} \cdot (q_{расч})^2$$

$$\Sigma h_{бер.кол.-о.с} = \Sigma h_{в.с.} + h_{ком} + h_{водом} + h_{н.ст.-о.с} + h_{излив}$$

7. Русловые водозаборы с мокрой установкой насосов. Конструкция, расчет.

[#ТеоретическийРаздел](#)

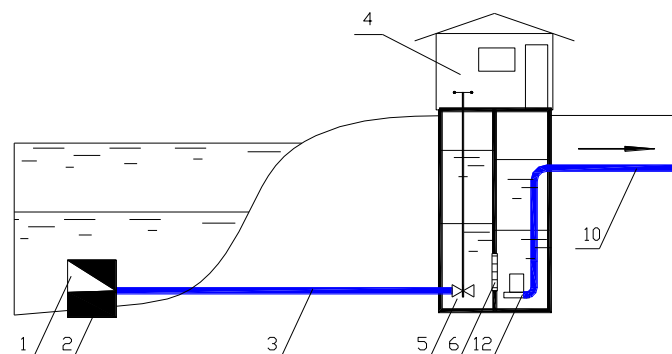
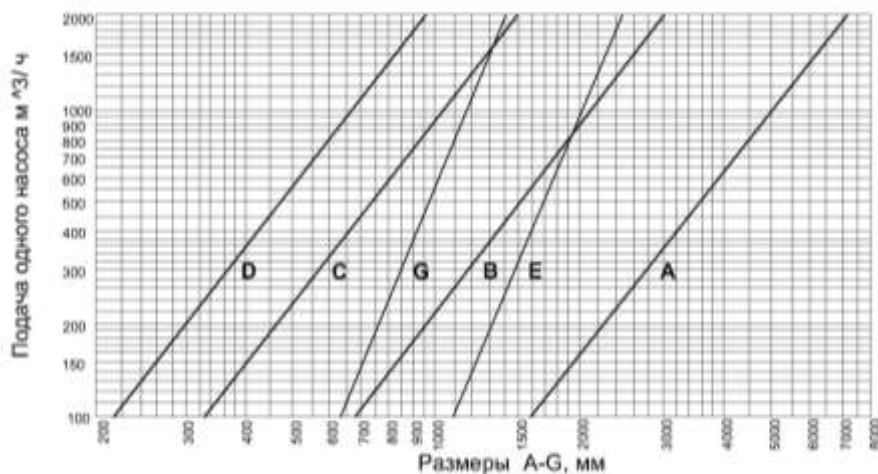


Рис.7.1. Схема руслового водозабора с «мокрой» установкой насосов (обозначения см.стр.6).

При проектировании русловых водозаборов с мокрой установкой насосов необходимо решить следующие задачи:

- определить расчетную производительность одной секции водозабора;
- выполнить расчет водоприемника (оголовка);
- рассчитать самотечную линию;
- определить размеры сороудерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодца;
- подсчитать потери напора при движении воды от источника до всасывающего отделения берегового колодца;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодце при различных режимах функционирования водозабора;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование.

При проектировании всасывающего отделения берегового колодца с погружными насосами важнее всего заложить благоприятные гидравлические условия для работы агрегатов. Поток воды должен быть однородным и установившимся, без завихрений и вовлечения возду-



ха.

Рис. 7.2. Определение основных размеров всасывающей камеры при «мокрой» установке насосов.

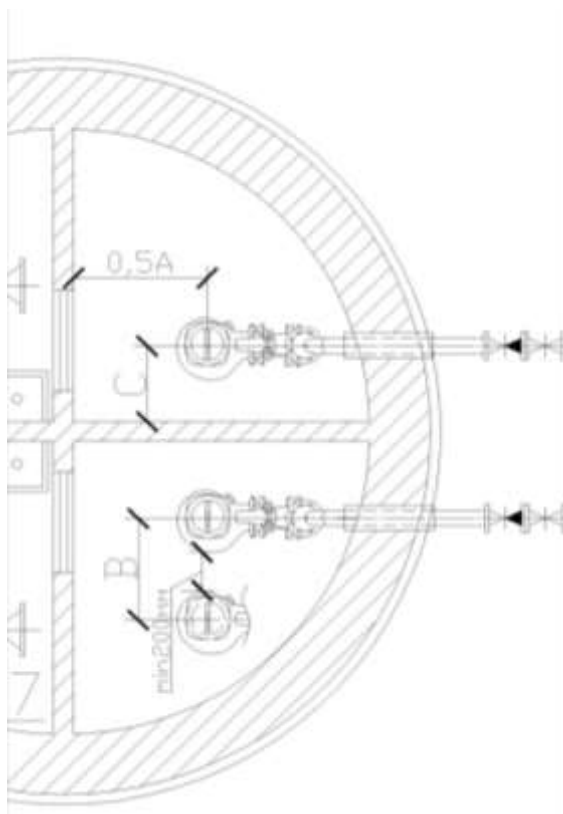


Рис. 7.3. Схема всасывающей камеры при «мокрой» установке насосов.

На диаграмме оптимальные размеры в зависимости от подачи единичного насоса.

При «мокрой» установке насосов (рис.7.1), потери напора следует вычислять по формуле:

$$\sum h = h_{обв} + h_{водом} + h_{б.к-о.с} + h_{излив},$$

где $h_{обв}$ – потери в отдельных элементах обвязки насоса (рис.7.4), м

$$h_{обв} = \sum \zeta \frac{v_6^2}{2 \cdot g} = \frac{(2 \cdot \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4)}{2 \cdot g} v_6^2, \text{ м}$$

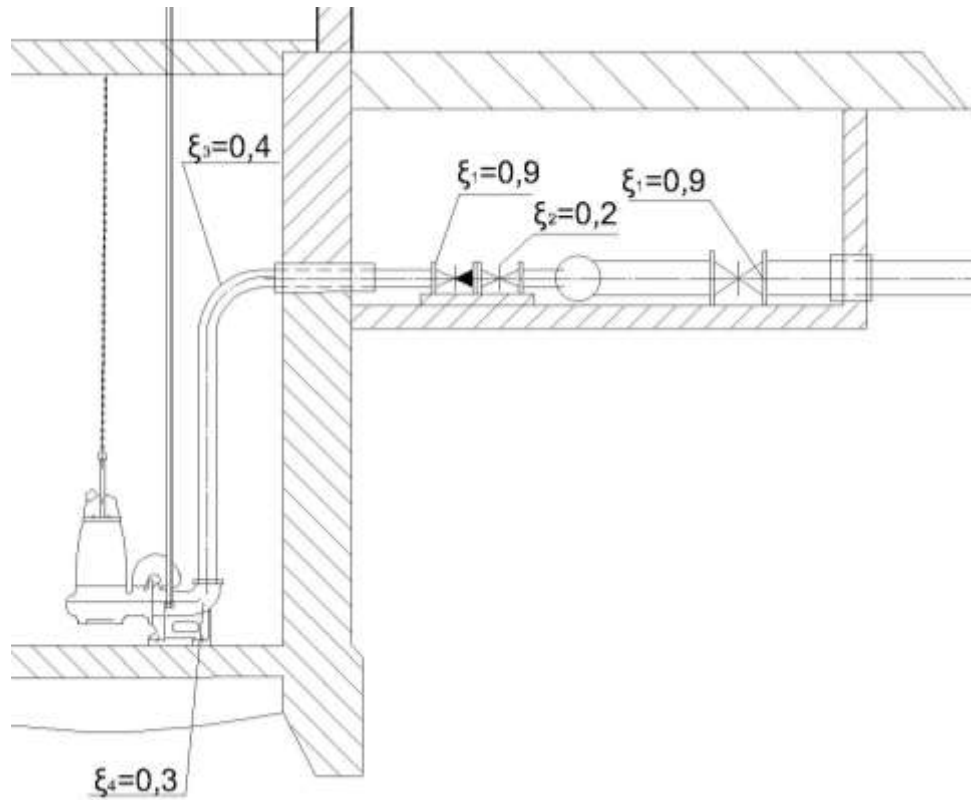


Рис.7.4. Местные потери напора в элементах обвязки при «мокрой» установке насосов.

$h_{\text{водом}}$ – потери напора в водомере, $h_{\text{водом}}=1$ м, (учитываются при наличии водомера);

$h_{\text{б.к-о.с}}$ – потери напора при движении воды от берегового колодца до очистных сооружений:

$$h_{\text{б.к-о.с}}=1,1 \cdot h_{\text{дл}}=1,1AKl (q_{\text{расч}})^2, \text{ м.}$$

$h_{\text{излив}}$ – потери напора на излив воды на станции водоподготовки,
 $h_{\text{излив}}=1.5$ м;

1,1 – коэффициент, учитывающий местные потери напора.

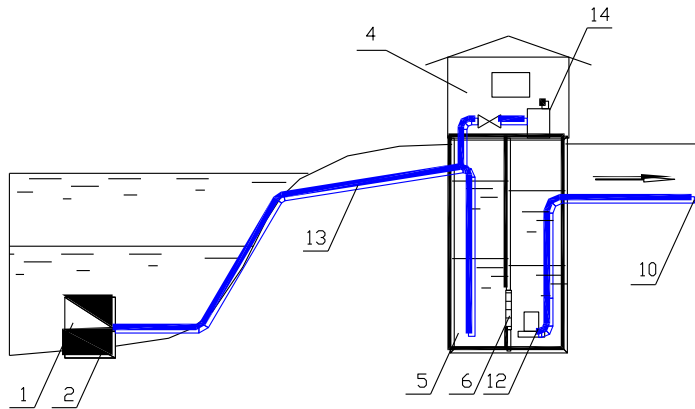
Зная диаметр $d_{\text{в}}$ и длину водовода l (см. исходные данные), определяют потери напора, $\Sigma h_{\text{б.к-о.с}}$ и вычисляют напор насосов 1-го подъема. По напору и расходу по полям $Q - H$ подбирается насос и рассчитывается установочная мощность на насосной станции I подъема:

$$N_{\text{уст}}^I = n_{\text{раб}} \cdot N_{\text{эл}} + n_{\text{рез}} \cdot N_{\text{эл}}, \text{ кВт}$$

8. Русловой водозабор с сифонными линиями

[#ТеоретическийРаздел](#)

Сифонные водоводы допускается применять в водозаборах II и III категории. Применение сифонных водоводов в водозаборах I категории должно быть обосновано.



Пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая высокотопляемая пойма, тяжелые условия прокладки самотечных линий.

Рис.8.1. Схема руслowego водозабора с сифонными линиями (обозначения см.стр.6)..

При проектировании руслowych водозаборов с сифонными линиями необходимо решить следующие задачи:

- определить расчетную производительность одной секции водозабора;
- выполнить расчет водоприемника (оголовка);
- рассчитать сифонную линию;
- определить размеры сородерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодезя;
- подсчитать потери напора при движении воды от источника до всасывающего отделения берегового колодезя;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодезе при различных режимах функционирования водозабора;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование.

9. Береговые водозаборные сооружения совмещенного типа. Конструкция, расчет.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Береговые водозаборные сооружения совмещенного типа применяют при достаточных глубинах у берега, небольшая амплитуда колебания уровней воды, насосы с высотой всасывания менее 3...4 м

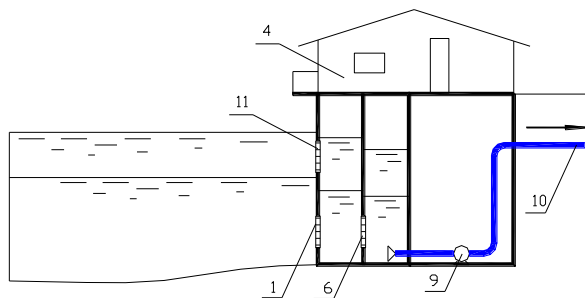


Рис. 9.1 Схема берегового водозабора совмещенного типа (обозначения см.стр.6)..

При проектировании берегового водозабора совмещенного типа необходимо решить следующие задачи:

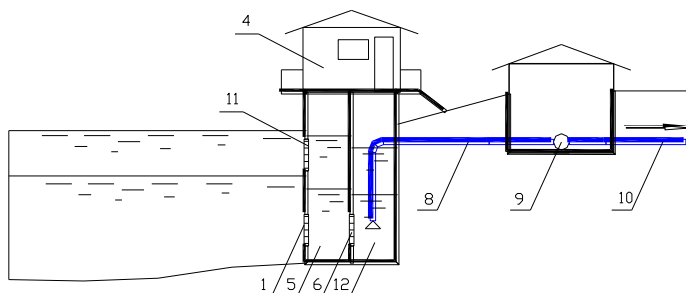
- определить расчетную производительность одной секции водозабора;
- выполнить расчет водоприемного отверстия;
- определить размеры сороудерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодца;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодце при различных режимах функционирования водозабора;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование.

Решение аналогично расчетам русловых водозаборов совмещенного типа за исключением расчета оголовка и самотечных линий, поскольку, водоприемное отверстие перекрытое решеткой расположено непосредственно в стене берегового колодца (см. 5.1-5.6).

10. Береговые водозаборные сооружения разделного типа. Конструкция, расчет.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Береговые водозаборные сооружения разделного типа применяют при наличии высокого крутого берега, наличии достаточных глубин у берега, амплитуде колебания уровней воды до 10 м, небольшой производительности, насосы с высотой всасывания более 3...4 м



(обозначения см.стр.6).

- определить расчетную производительность одной секции водозабора;

- выполнить расчет водоприемного отверстия;
- определить размеры сороудерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодца;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодце при различных режимах функционирования водозабора;
- рассчитать диаметры всасывающих труб и потери напора в них;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование.

Решение аналогично расчетам русловых водозаборов раздельного типа за исключением расчета оголовка, самотечных линий (см. 5.1-5.6).

11. Конструкция береговых колодцев. Основные принципы проектирования и расчета.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Береговой колодец (рис. 11.1) сооружается в виде железобетонной шахты, круглой или прямоугольной формы в плане. Наиболее широко используется круглая форма, которая наиболее пригодна для сооружения колодца опускным способом. Для водозаборов большой производительности (более $6 \text{ м}^3/\text{с}$) может применяться прямоугольная форма берегового колодца. Для повышения надежности водозабора, возможности проведения профилактических работ осуществляется параллельное дублирование, при этом количество независимых секций должно быть не менее двух.

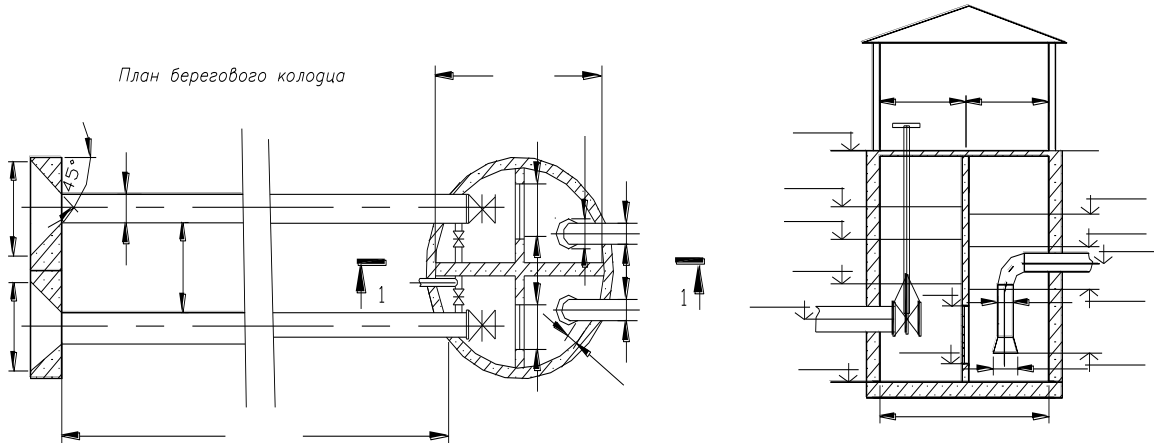


Рисунок 11.1. Береговой колодец.

Размеры берегового колодца определяются в зависимости от типа водозабора (см. п.5.5 и п. 7).

12.Береговой водозабор с погружными насосами

[#ТеоретическийРаздел](#)

Применяется при наличии высокого крутого берега, достаточных глубин у берега, амплитуда колебания уровней воды любая

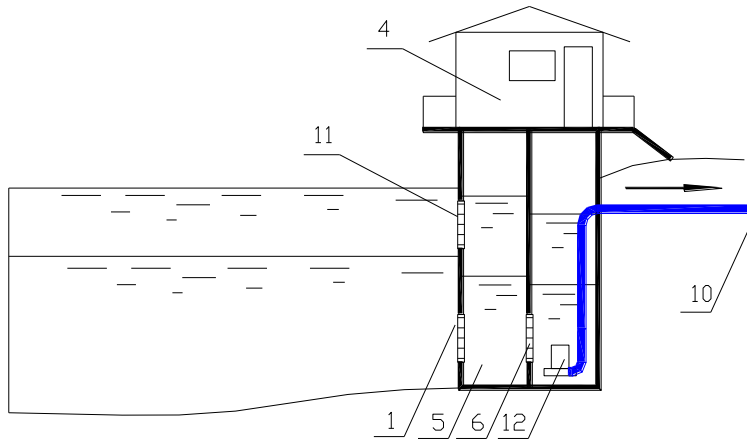


Рисунок 12.1. Береговой водозабор с погружными насосами (обозначения см.стр.6).

При проектировании берегового водозабора совмещенного типа необходимо решить следующие задачи:

- определить расчетную производительность одной секции водозабора;
- выполнить расчет водоприемного отверстия;
- определить размеры сороудерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодца;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодце при различных режимах функционирования водозабора;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование.

Решение аналогично расчетам русловых водозаборов совмещенного типа за исключением расчета оголовка и самотечных линий, поскольку, водоприемное отверстие, перекрытое решеткой расположено непосредственно в стене берегового колодца (см. п. 5.1-5.6, п. 7).

13. Комбинированные водозаборы. Конструкция, расчет.

[#ТеоретическийРаздел](#)

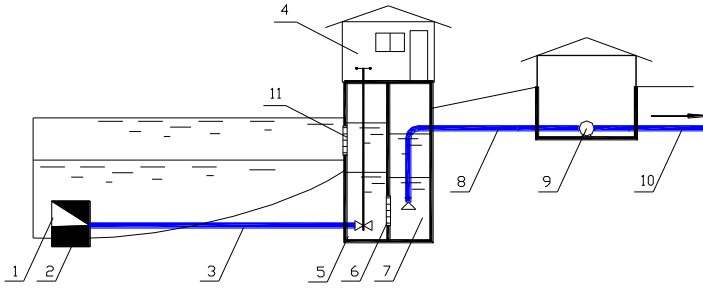


Рисунок 13. Схема комбинированного водозабора. (обозначения см.стр.6).

Комбинированный водозабор представляет комбинацию речного и берегового водозабора с самотечными линиями и водоприемными отверстиями в береговом колодце. Применяется при значительной амплитуде колебания уровней воды, пологом берегу, широкой пойме. При проектировании водозабора такого типа следует решить задачи, рассмотренные в вопросе 5 и вопросе 10.

14. Конструкции оголовков. Основные принципы проектирования и расчета.

[#ТеоретическийРаздел](#)

В настоящее время разработано большое количество конструкций оголовков. Выбор того или иного типа определяется характеристикой источника, условиями забора воды, производительностью и т.п.

Таблица 14.1. Условия забора воды из поверхностных источников.

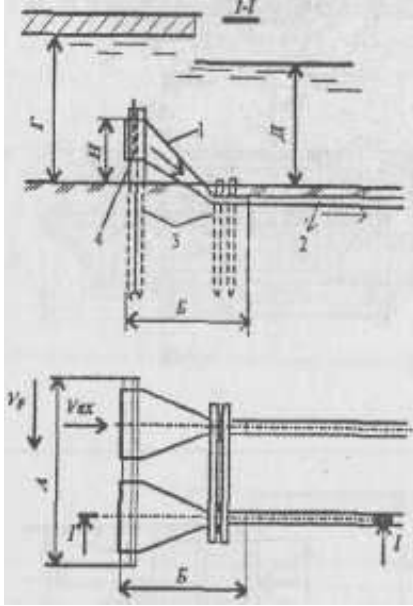
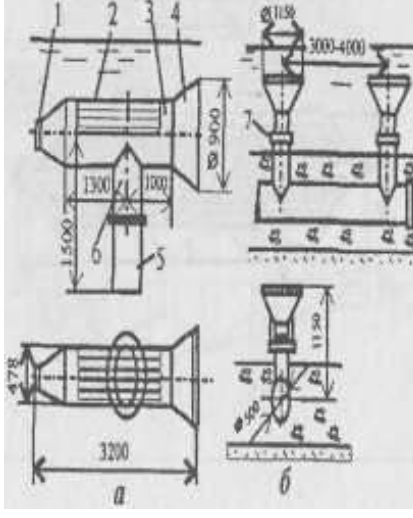
Заимствована

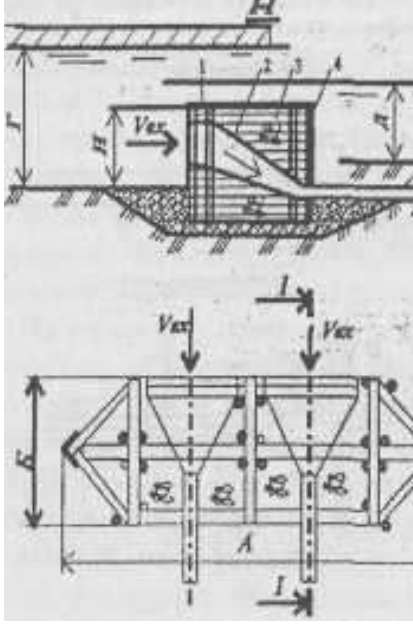
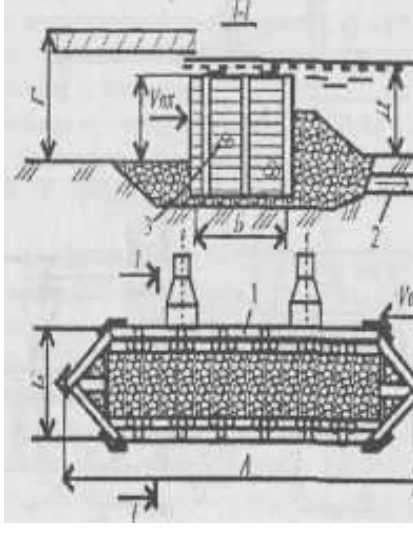
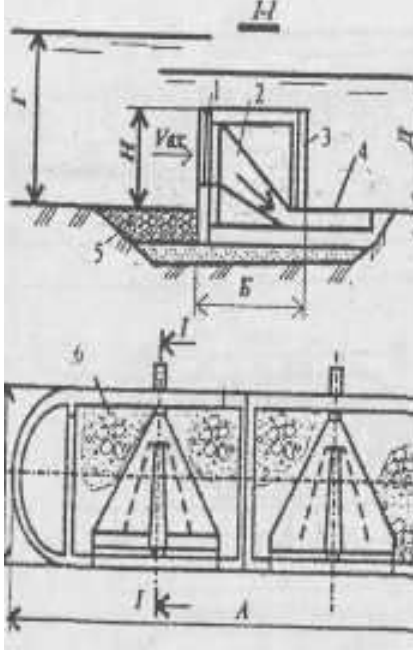
из:

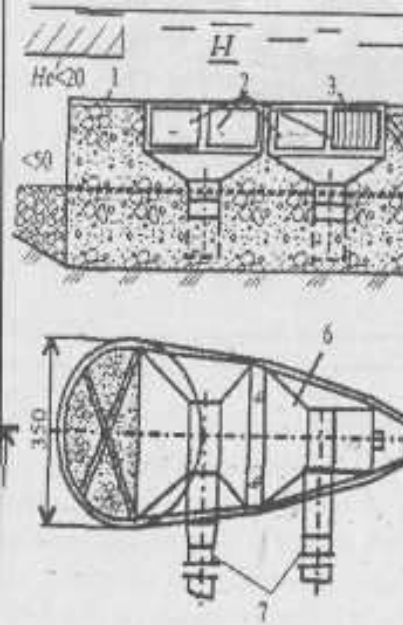
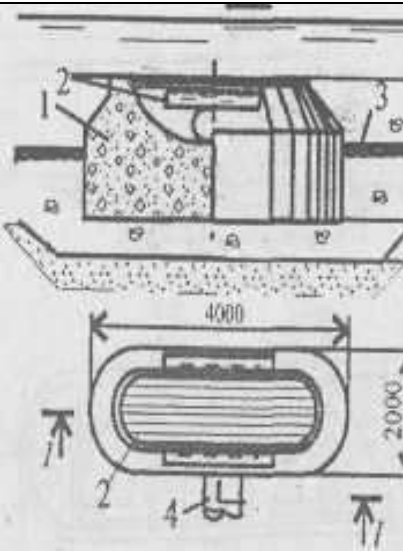
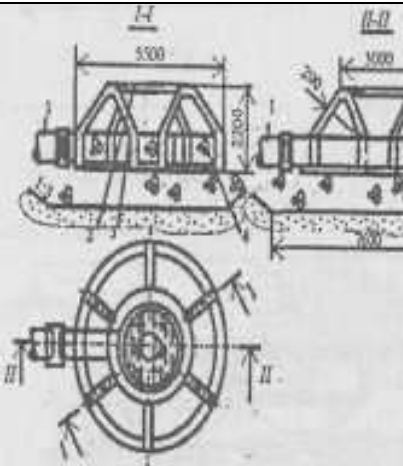
Курганов, А. М., Вуглинская, Е. Э.

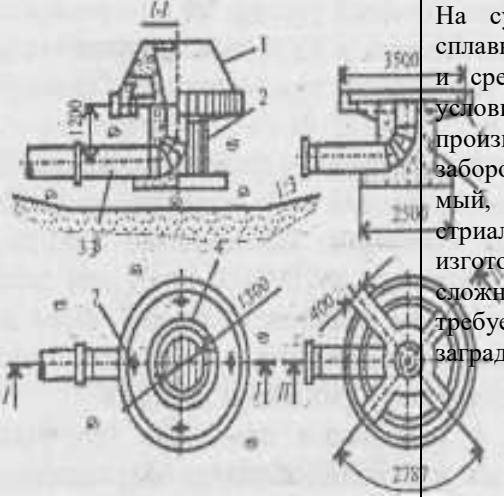
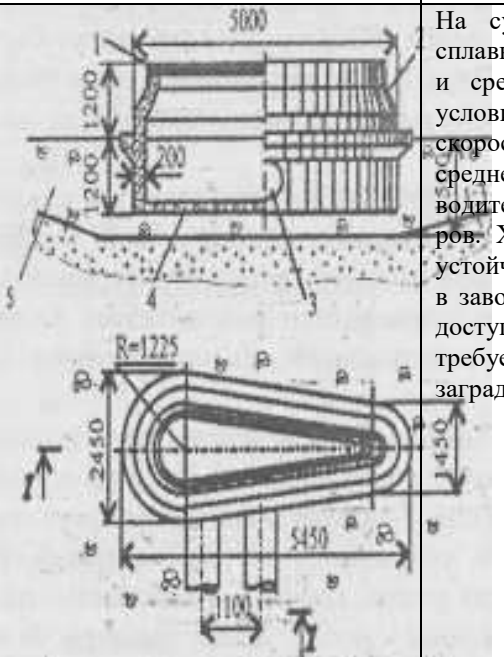
Водозаборы подземных вод: учеб. пособие для студентов специальности 270112 – водоснабжение и водоотведение всех форм обучения / **А. М. Курганов**, Е. Э. Вуглинская; СПбГАСУ. – СПб., 2009. – 80 с.

ISBN 978-5-9227-0208-9

Тип. Основные элементы.	№ Схемы	Конструкция	Область применения. Достоинства и недостатки
<p>Раструбный свайный не защищенный оголовок 1-Раструб, 2- самотечный или сифонный водовод 3- сваи, 4- сороудерживающая решетка Рекомендуемые размеры, м</p>	1		<p>На небольших реках, не используемых для лесосплава и судоходства с относительно легкими природными условиями при малой ($0,02-0,2\text{ м}^3/\text{с}$) производительности водозабора. Простой компактный экономичный. Вносит возмущения в поток, труднодоступный, боится ударов, требует установки рыбозаградителей.</p>
<p>Стальные незащищенные оголовки: а – трубчатый, тарельчатый: 1-заглушка, 2 сороудерживающая решетка, 3- водоприемная труба, 4- приемный раструб, 5- вертикальный патрубок, 6- врезной соединительный патрубок, 7-фланец</p>	2		<p>На реках не используемых для лесосплава и судоходства с относительно легкими природными условиями, при небольшой (до $0,5\text{ м}^3/\text{с}$) производительности водозабора. Простые сборные, недорогостоящие, быстросменяемые. Вносят значительные возмущения в поток, труднодоступные, требуют устройства рыбозаградителей</p>

<p>Деревянный ряженный оголовок с боковым приемом воды: 1- сороудерживающие решетки, 2- водоприемный раструб, 3- каменная наброска, 4- ряж, 5- самотечные или сифонные водоводы. Рекомендуемые размеры, м $A=6,5-17,4$ $B=2,5-3,5$ $\Gamma=2,7-3,5$ $D=1,8-2,2$ $H=1,5-1,9$</p>	<p>3</p>		<p>На реках с небольшими глубинами, средними природными условиями при небольшой (до $1\text{ м}^3/\text{с}$) производительности водозабора. Простые, недорогостоящие. Трудоемкие в изготовлении, неиндустриальные, труднодоступные для осмотра и замены сороудерживающих решеток, требуют устройства рыбозаградителей.</p>
<p>Деревянный ряжевый фильтрующий оголовок.: 1- ряж, 2- самотечные или сифонные водоводы, 3- каменная наброска. Рекомендуемые размеры, м: $A=10,2-17,2$ $B=3,0$ $\Gamma=3,3$ $D=2,4$ $H=2,1$</p>	<p>4</p>		<p>На небольших реках с тяжелыми шуголедовыми условиями при небольшой (до $1\text{ м}^3/\text{с}$) производительности водозабора. Простые, недорогостоящие, не требуют устройства рыбозаградителей. Трудоемкие в изготовлении, неиндустриальные, труднодоступные, подвержены засорению и заилению</p>
<p>Железобетонный раструбный защищенный оголовок с боковым приемом воды 1- сороудерживающая решетка, 2- раструб, 3- железобетонный корпус оголовка, 4- самотечный или сифонный водовод, 5- крепление русла камнем, 6- загрузка галечником, щебнем или тощим бетоном. Рекомендуемые размеры, м: $A=5,5-15,8$ $B=2,5-4,0$ $\Gamma=2,6-3,0$ $D=1,7-2,1$ $H=1,4-1,8$</p>	<p>5</p>		<p>На небольших лесосплавных реках с легкими и средними природными условиями при небольшой ($1\text{ м}^3/\text{с}$) производительности водозабора. Надежно защищают концы самотечных и сифонный водоводов, позволяют забирать воду с небольшими входными скоростями, могут выполняться индустриальным способом. Громоздкие и тяжелые в монтаже требуют установки рыбозаградителей, труднодоступные.</p>

<p>Бетонный оголовок металлическом кожухе конструкции</p> <p>Гипрокоммунводоканала:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Металлический кожух, 2- Водоприемные отверстия, 3- Сороудерживающие решетки с электрообогревом, 4- Крепление дна реки вокруг оголовка, 5- Водоприемные воронки 6- Самотечные или сифонные водоводы 	6		<p>На реках со средними и тяжелыми условиями природными условиями при наличии в потоке при наличии в потоке топляка при производительности водозабора 1,5м/с. Устойчивый против ударов, хорошо обтекаемый поток, не подвержен обледенению, сороудерживающие решетки с электрообогревом. Сложный в изготовлении (бетонирование под водой), труднодоступный для осмотра и замены решеток, требует установки рыбозаградителей.</p>
<p>Эллиптический монолитный железобетонный оголовок: 1- тело оголовка, 2- сороудерживающие решетки на водоприемных отверстиях, 3- крепление дна вокруг оголовка, 4- самотечные или сифонные водоводы</p>	7		<p>На реках с легкими и средними природными условиями, с большими скоростями течения воды при малой производительности водозабора. Хорошо обтекаемый, устойчивый, промышленный. Сложный в изготовлении, недоступный для осмотра, требует установки рыбозаградителей</p>
<p>Круглый монолитный железобетонный оголовок:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- самотечный или сифонный водовод 2- сороудерживающие решетки, 3- наклонная стойка, 4- загрузка щебня галечника или камня, 5- верхнее кольцо оголовка 	8		<p>На реках с легкими и средними природными условиями при неустойчивом направлении течения воды с малой и средней производительностью водозаборов. Хорошо обтекаемый, устойчивый, сложный в изготовлении, сложный для осмотра, требует устройства рыбозаградителей</p>

<p>Сборный железобетонный оголовок конструкции Гипрокомунводоканала: 1- Верхний блок, 2- нижний блок, 3 самотечные или сифонные водоводы, 4- сороудерживающие решетки, 5- консоли нижнего блока, 6- опорный бортик, 7- отверстие для выпуска воздуха</p>	<p>9</p>		<p>На судоходных и лесосплавных реках, с легкими и средними природными условиями при средней производительности водозаборов. Хорошо обтекаемый, устойчивый, индустриальный. сложный в изготовлении, и монтаже сложный для осмотра требует устройства рыбозаградителей</p>
<p>Сборный железобетонный оголовок каплевидной формы: 1- сороудерживающая решетка на водоприемных отверстиях, 2- верхний блок, 3- самотечный или сифонный водовод, 4- Нижний блок, 5- каменная наброска крепления дна русла в месте установки оголовка</p>	<p>10</p>		<p>На судоходных и лесосплавных реках, с легкими и средними природными условиями и большими скоростями течения при средней и большой производительности водозаборов. Хорошо обтекаемый устойчивый, изготавливается в заводских условиях. Недоступны для осмотра требует устройства рыбозаградителей</p>

Расчет оголовков см. раздел 5.

15. Речные водозаборные сооружения с предварительным осветлением воды (самостоятельная работа студентов).

[#ТеоретическийРаздел](#)

16. Методы промывки самотечных линий.

[#ТеоретическийРаздел](#)

В процессе эксплуатации из-за изменений скорости течения в водотоке происходит колебание концентрации взвешенных частиц в воде. В результате происходит отложение глинистых, песчаных (чаще) примесей в самотёчных линиях, что приводит к уменьшению площади и как следствие к снижению производительности водозабора. Поэтому самотёчные линии периодически необходимо очищать, что осуществляется путём промывки их водой.

Различают следующие типы промывки:

- прямая
- обратная

- от напорного трубопровода
- с помощью вакуумного котла.

16.1 Прямая промывка.

- наиболее эффективна при УВВ (рис.16.1).
- Закрыть задвижку на самотёчной линии
- Откачать воду из секции, самотёчная линия которой подвергается промывке

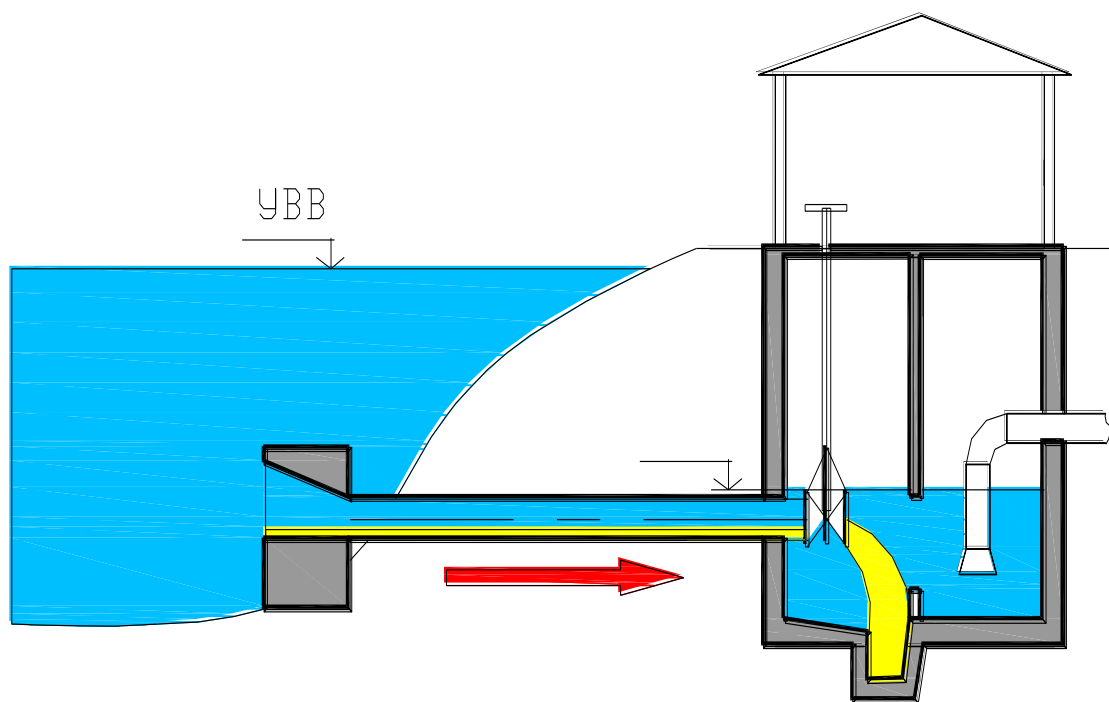


Рисунок 16.1. Схема прямой промывки.

- С помощью штурвала открывается задвижка на самотечной линии, и вода под напором H устремляется в береговой колодец.
- Благодаря повышенной скорости движения отложения попадают в приямок.
- Во избежание прорыва сетки она должна быть извлечена.
- Накопившееся в приямке отложения удаляются с помощью гидроэлеватора

16.2. Обратная промывка.

- Наиболее эффективна при УНВ (рис.16.2).
- Закрывается задвижка на самотёчной линии.
- Береговой колодец заполняется водой (мотопомпа, цистерна и др.) до Z_{\max} отметки. Сетку в таком случае поднимают.

- Открывается задвижка, и вода под напором H устремляется по самотёчной линии в обратном направлении. При этом отложения вымываются в русло водотока.

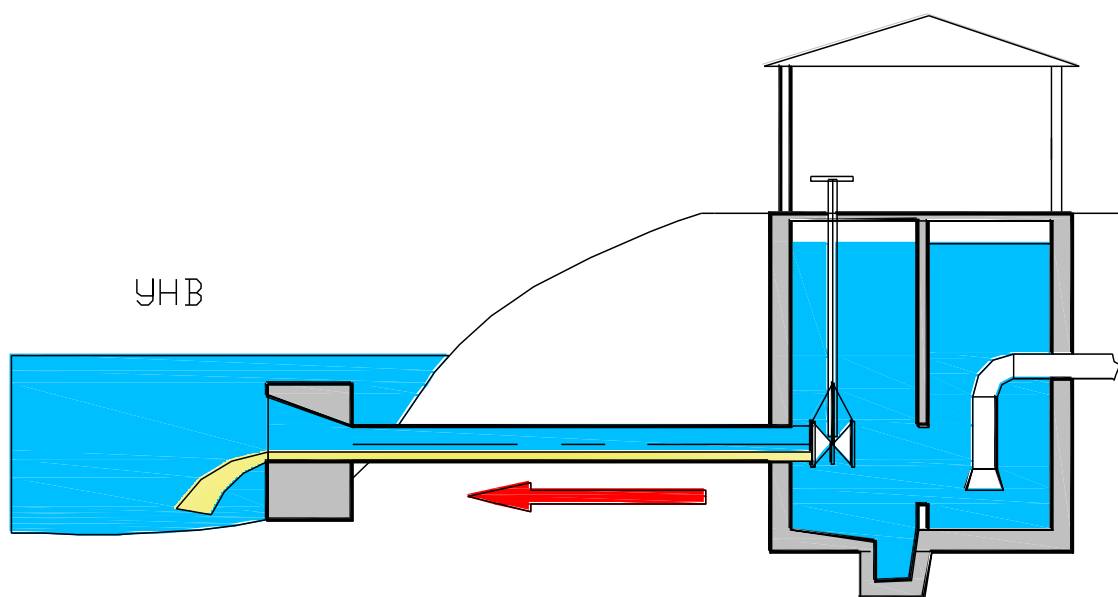


Рисунок 16.2. Схема обратной промывки.

16.3 Промывка с помощью напорного трубопровода.

- Можно осуществлять при любом уровне воды в водотоке.
 - Закрывается задвижка на самотечной линии (рис.16.3);
 - Открывается задвижка на напорном трубопроводе;
 - При этом вода из напорного трубопровода поступает в самотёчную линию, происходит промывка, загрязнения вымываются в водоток.
- Из рассмотренных способов наиболее эффективным является промывка от напорного трубопровода.

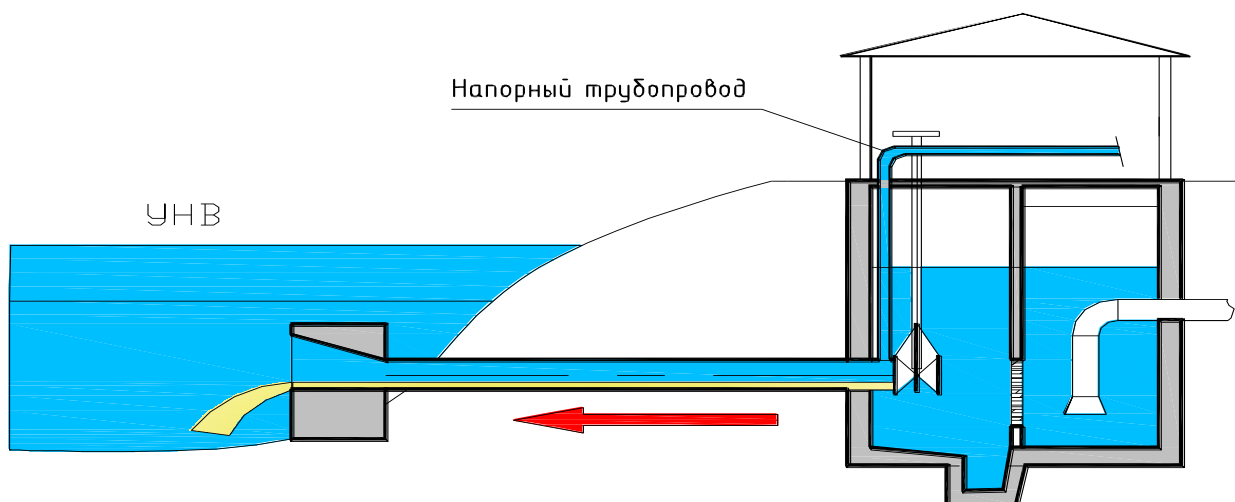


Рис.16.3. Схема промывки от напорного трубопровода.

17. Водозаборные ковши. Назначение, конструкция.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Для улучшения гидрогеологических условий забора воды при соответствии обоснований целесообразно устраивать водозаборные ковши по устройству используется наиболее часто одна из 3-х схем ковшей.

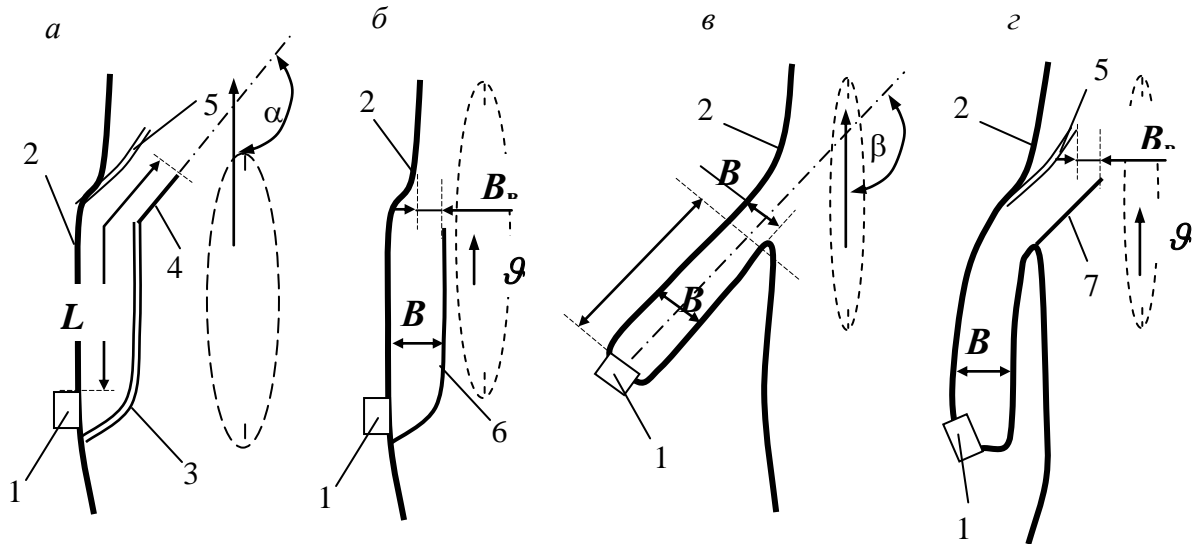


Рисунок. 17.1 Схемы устройства ковшей

1 – водоприемник; 2 – линия берега; 3 – незатопляемая речная дамба; 4 – затопляемая верховая шпора; 5 – низовая незатопляемая в половодье шпора; 6 – затопляемая в половодье речная дамба; 7 – верховая затопляемая в половодье дамба.

а) ковш с низовым питанием; б) ковш с двухсторонним питанием; в) ковш с верховым питанием

Водоприёмные ковши устраивают для борьбы с шуголедовыми помехами на водотоках чаще всего для промышленных водозаборов производительностью не более 20-25 м³/с

Иногда при соответствующем заглублении дна и последующих очистках водоприёмные ковши могут быть использованы для увеличения глубины у места приёма воды.

Расчет заключается в определении ширины:

$$B_k = \frac{Q_{вк}}{H_{ш} V_k} - m(2h_n + H_{ш})$$

Где $Q_{вк}$ - расход воды, забираемой из ковша, м³/ч

h_n - слой наносов, м

V_k - условная средняя скорость в ковше (м/с)

$H_{ш}$ - минимальная глубина воды при уровне шугохода

$$H_{ш} = \nabla_{мзш} - \nabla_{Дк} - \delta_l - h_n$$

Ширина ковша принимается не менее ширины необходимой для снаряда, применяемого при очистке ковша от наносов $B_k \geq 8м$.

Более подробные расчеты приведены в специальной литературе.

18. Особенности забора воды из каналов, рек небольшой глубины. Конструкции сооружений, основы расчета

[#ТеоретическийРаздел](#)

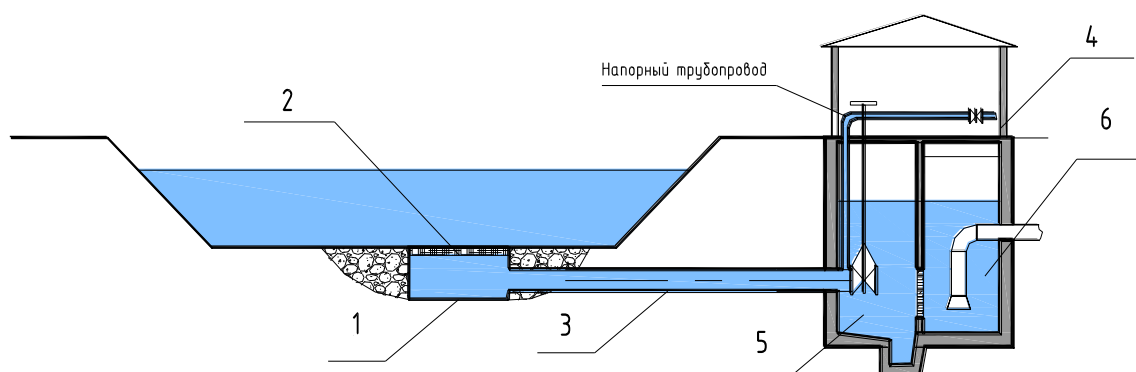


Рисунок 18.1 Схема забора воды из канала.

1 – донный водоприёмник, 2 – решётка, 3 – самотёчная линия, 4 – береговой колодец, 5 – водоприёмная камера берегового колодца, 6 – всасывающая камера берегового колодца.

Вместо оголовка используется донный водоприёмник

Расчет водозабора такого типа осуществляется аналогично расчету русловых водозаборов.

19. Водозаборные сооружения временного типа. Конструкция, расчет.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Используют для водоснабжения циклически функционирующих объектов (например пастбище для выпаса скота, пионерские лагеря)

Обычно водозаборные сооружения небольшой производительности могут устраиваться 3-х типов:

- береговые
- плавучие
- фуникулёрного типа

Расчет водозабора заключается в определении подачи и напора насоса.

20. Проектирование зон санитарной охраны водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Водозабор из поверхностного источника должен иметь зону санитарной охраны, а проект ее и санитарные мероприятия, проводимые в зоне, должны быть согласованы с органами санитарно-эпидемиологической службы.

В первом поясе – зоне строгого режима – размещают все водозаборные сооружения. Здесь запрещаются все виды строительства, проживание людей,

купание, выпас скота, рыбная ловля и другие виды занятий. Границы первого пояса устанавливаются в зависимости от местных санитарно-топографических и гидрогеологических условий, но не менее:

200 м от водозабора вверх по течению реки;

100 м вниз по течению;

100 м от уреза воды при наивысшем уровне по прилегающему к водозабору берегу;

вся акватория водоема и 50 м на противоположном берегу при ширине реки до 100 м;

100 м акватории при ширине реки больше 100 м.

Границы второго пояса – пояса ограничений – устанавливаются с учетом возможного загрязнения водоема стойкими химическими веществами и другими видами загрязнений. Границы второго пояса должны обеспечивать качество воды в источнике согласно ГОСТ 2761-74 “Качество воды в источнике водоснабжения”. Такие границы устанавливают:

вверх по течению, исходя из пробега воды от границ пояса до водозабора при расходе 95%-ной обеспеченности в течение 3...5 суток, но не менее одного километра в проточном водоеме и один километр в обе стороны в непроточном водоеме;

вниз по течению не менее 250 м;

боковые границы по водоразделу.

В границах прибрежной полосы водоема на расстоянии не менее 300 м от уреза воды запрещается применение ядохимикатов, органических и минеральных удобрений, авиахимическая обработка, животноводческие фермы располагают не ближе, чем на 500 м от линии уреза при наивысшем уровне воды.

$$L_{\text{г}} = \frac{(3-5)Q_{\text{г}} \cdot 3600 \cdot 24}{1000}, \text{ км}$$

21. Классификация водозаборных сооружений из подземных источников водоснабжения. [#ТеоретическийРаздел](#)



22. Трубчатые колодцы. Основные элементы. Конструкция.

[#ТеоретическийРаздел](#)

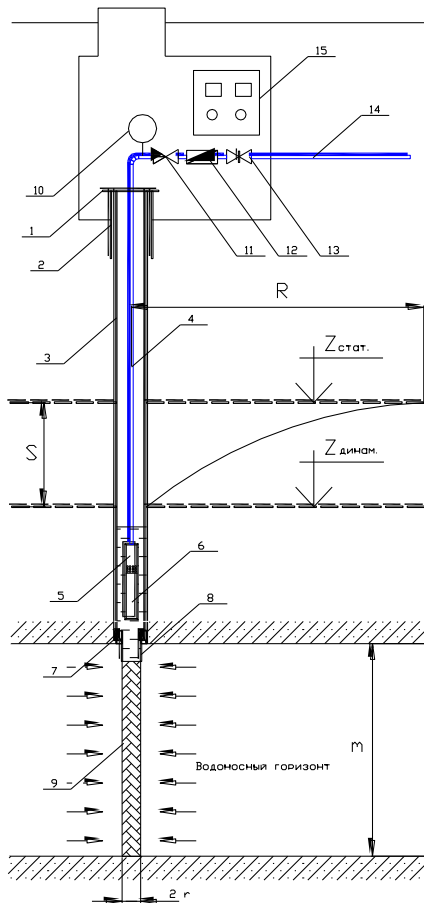


Рис.22.1. Схема совершенной водозаборной фильтровой скважины (трубчатого колодца).

- 1 – оголовок;
- 2 – защитная обсадная труба;
- 3 – эксплуатационная обсадная труба;
- 4 – водоподъемная труба;
- 5 – погружной насос;
- 6 – электродвигатель насоса;
- 7 – сальник;
- 8- надфильтровая труба;
- 9 – фильтр;
- 10 –манометр;
- 11 – обратный клапан;
- 12 – водомер (счетчик воды);
- 13 – задвижка;
- 14 – напорный трубопровод;
- 15 – электрический щит управления.

23. Основные способы бурения скважин на воду.

[#ТеоретическийРаздел](#)

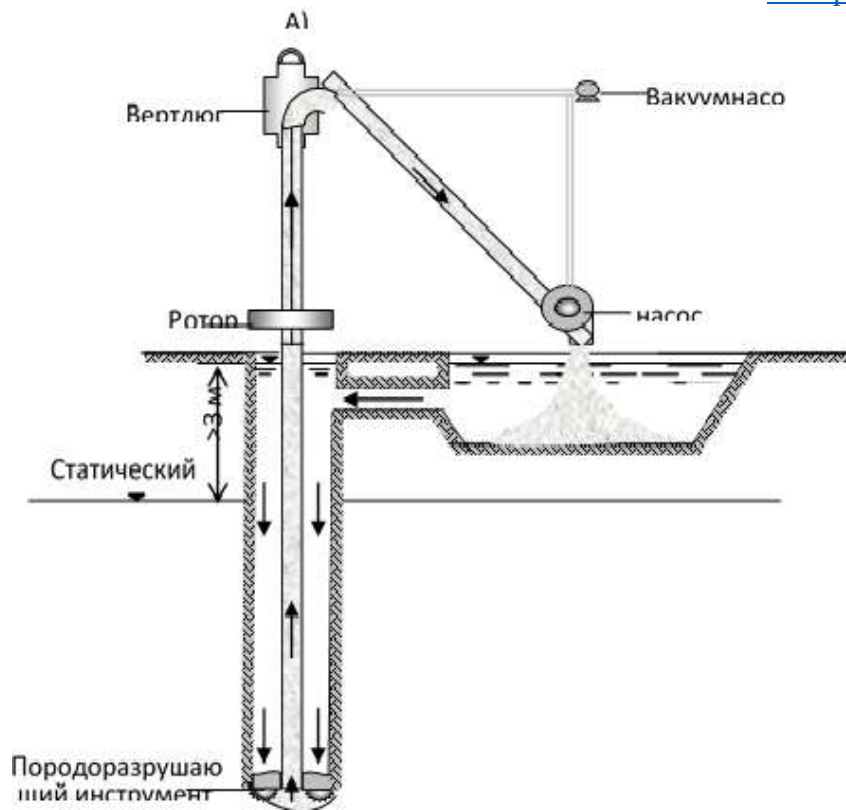


Рисунок 23.1 . Бурение с обратной промывкой насосом.

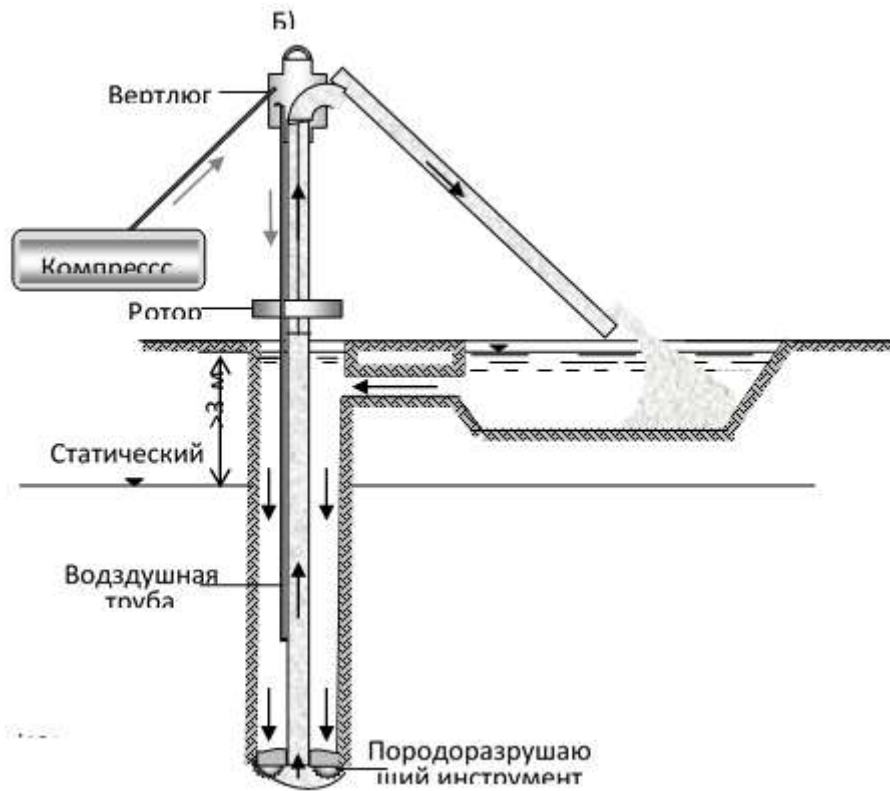


Рисунок 23.2 . Бурение с обратной промывкой эрлифтом.

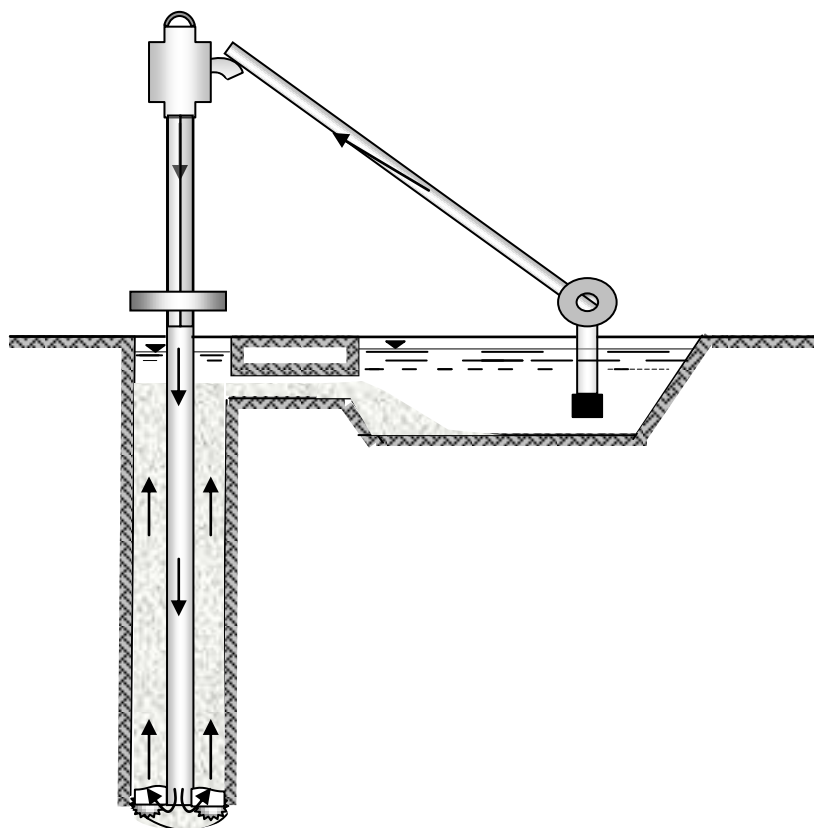


Рисунок 23.3 . Бурение с прямой промывкой насосом.

Основные способы бурения скважин:

- Бурение с обратной промывкой насосом (рис.23.1);
- Бурение с обратной промывкой эрлифтом (рис.23.2);
- Бурение с прямой промывкой насосом (рис. 23.3);
- Ударно-канатный способ бурения (рис. 23.4)

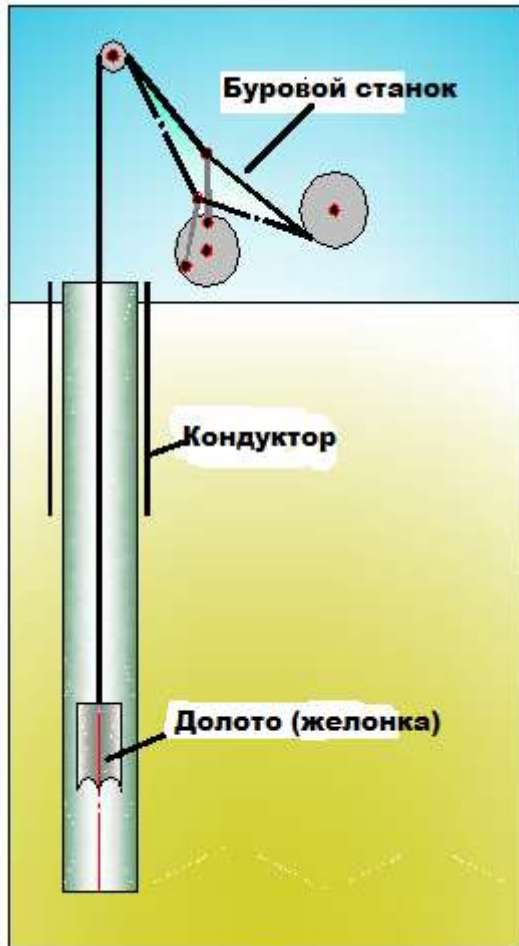


Рисунок 23.4 . Ударно-канатное бурение.

24. Основные расчетные схемы забора воды трубчатыми колодцами.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Таблица 24.1 Основные формулы для расчета дебита одиночных трубчатых колодцев (скважин).

Схема отбора воды		Расчетная формула
Напорный водоносный горизонт	Совершенная скважина Рисунок 24.1	$q = 2,73 \cdot K_{\phi} \cdot \frac{m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}}, \text{ м}^3 / \text{сут}$
	Несовершенная скважина Рисунок 24.2	$Q = \frac{6,28 \cdot k \cdot m \cdot s}{\frac{m}{2 \cdot l} \cdot \left(4,6 \cdot \lg \frac{4 \cdot m}{r} - A \right) - 2,3 \cdot \lg \frac{4 \cdot m}{R}}$

		$A = 10,6 - 29,8 \cdot \left(\frac{1}{m}\right) + 40 \cdot \left(\frac{1}{m}\right)^2 - 27,7 \cdot \left(\frac{1}{m}\right)^3 + 6,9 \cdot \left(\frac{1}{m}\right)^4$
Безнапорный водоносный горизонт	Совершенная скважина Рисунок 24.3	$Q = 1,36 \cdot \frac{k \cdot s \cdot (2 \cdot H_0 - s) \cdot s}{\lg\left(\frac{R}{r}\right)}$
	Несовершенная скважина Рисунок 24.4	$Q = 1,36 \cdot k \cdot s \cdot \left(\frac{l+s}{\lg\frac{R}{r}} + \frac{r}{\lg\frac{0,66 \cdot l}{r} - \lg\frac{l}{2 \cdot R}} \right)$

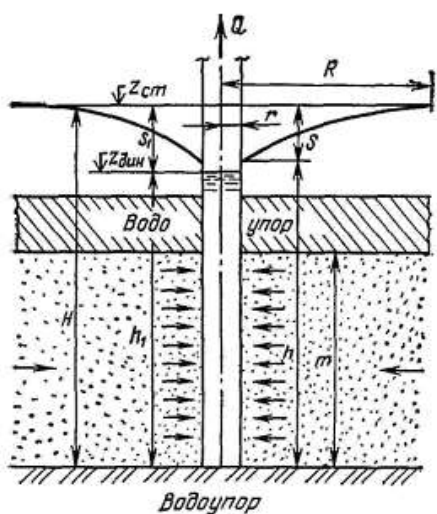


Рисунок 24.1 Расчетная схема совершенного трубчатого колодца с забором воды из напорного пласта.

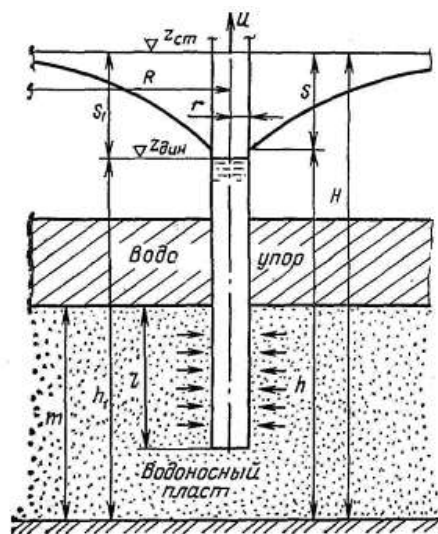


Рисунок 24.2 Расчетная схема несовершенного трубчатого колодца с забором воды из напорного пласта.

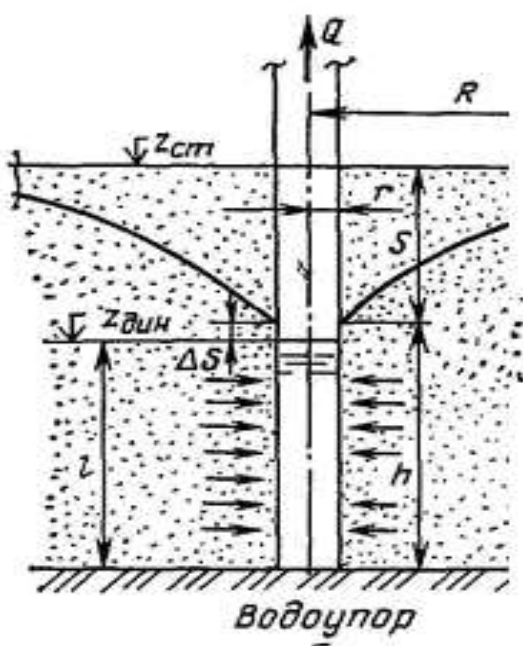


Рисунок 24.3 Расчетная схема совершенного трубчатого колодца с забором воды из безнапорного пласта.

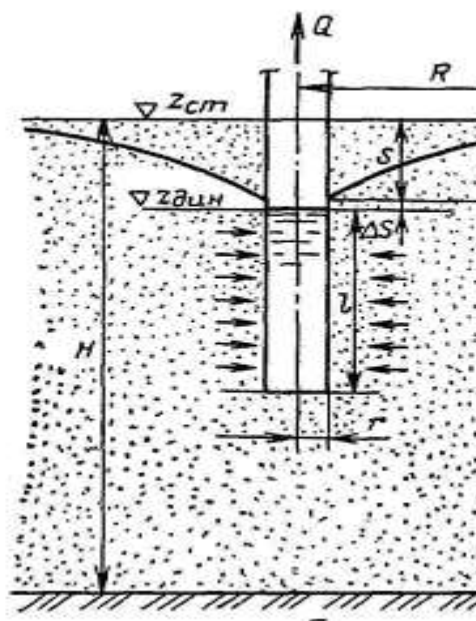


Рисунок 24.4 Расчетная схема несовершенного трубчатого колодца с забором воды из безнапорного пласта.

25. Гранулометрическая характеристика водоносных пород.

[#ТеоретическийРаздел](#)

В подавляющем числе случаев водоносный горизонт сложен зернистым материалом (галечники, крупнозернистые пески, разномерные пески, среднезернистые пески, мелкозернистые пески и т.п.), который является полидисперсным, т.е. состоит из частиц различной крупности. Такие системы описываются графиками ситового анализа, полученными экспериментальным путем: просеиванием высушенной породы через набор сит.

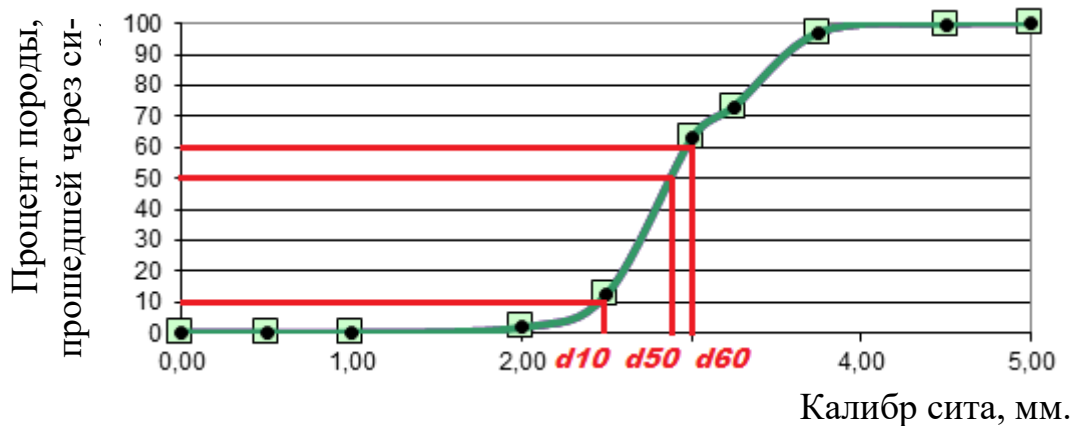


Рисунок 25.1 График ситового анализа водоносной породы.

В результате по графику определяют следующие характеристики d_{10} , d_{50} и d_{60} , мм – размеров, меньше которых в водоносном пласте содержится соответственно 10, 50, 60% по массе частиц (рис.25.1), а также рассчитывается коэффициент неоднородности породы: $K_H = \frac{d_{60}}{d_{10}}$.

26. Конструкции фильтров трубчатых колодцев. Выбор типа фильтра

[#ТеоретическийРаздел](#)

Одним из самых важных элементов скважины является фильтр, предотвращающий вынос водоносной породы в эксплуатационную колонну и предохраняющий водоприемную часть ствола от разрушения.

Ко всем конструкциям фильтров водозаборных скважин должны предъявляться следующие основные требования:

- обеспечение проектного поступления воды в скважину при минимально возможных гидравлических сопротивлениях на весь расчетный период эксплуатации (не менее 25 лет);

- достаточная механическая и химическая прочность, включая периоды периодического импульсивного воздействия для разрушения кольматирующих отложений и регенерации водоприемной поверхности химическими реагентами;

- предотвращение попадания в эксплуатационную колонну частиц водосодержащей породы (продуктов солевых отложений и коррозии);

- удовлетворение санитарно-гигиеническим нормам для питьевого водоснабжения;

- ремонтпригодность и экономичность.

На практике применяют щелевые, дырчатые, проволочные, сетчатые, гравийные и блочные фильтры (рис. 3). Фильтр состоит из рабочей (водоприемной) части, надфильтровой трубы и отстойника. Каркасы фильтров изготавливают из стальных труб с антикоррозионным покрытием или других высокопрочных материалов, стойких к коррозии и не токсичных по отношению к воде.

Тип фильтра следует подбирать таким образом, чтобы коэффициент водопроницаемости его был бы равен или превышал коэффициент водопроницаемости водоносных пород или гравийных обсыпок.

Размеры проходных отверстий фильтров принимают в зависимости от крупности частиц водоносной породы d_{10} , d_{50} и d_{60} – размеров, меньше которых в водоносном пласте содержится соответственно 10, 50, 60% по массе частиц, а также в зависимости от величины коэффициента неоднородности породы (таблица 26.1).

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

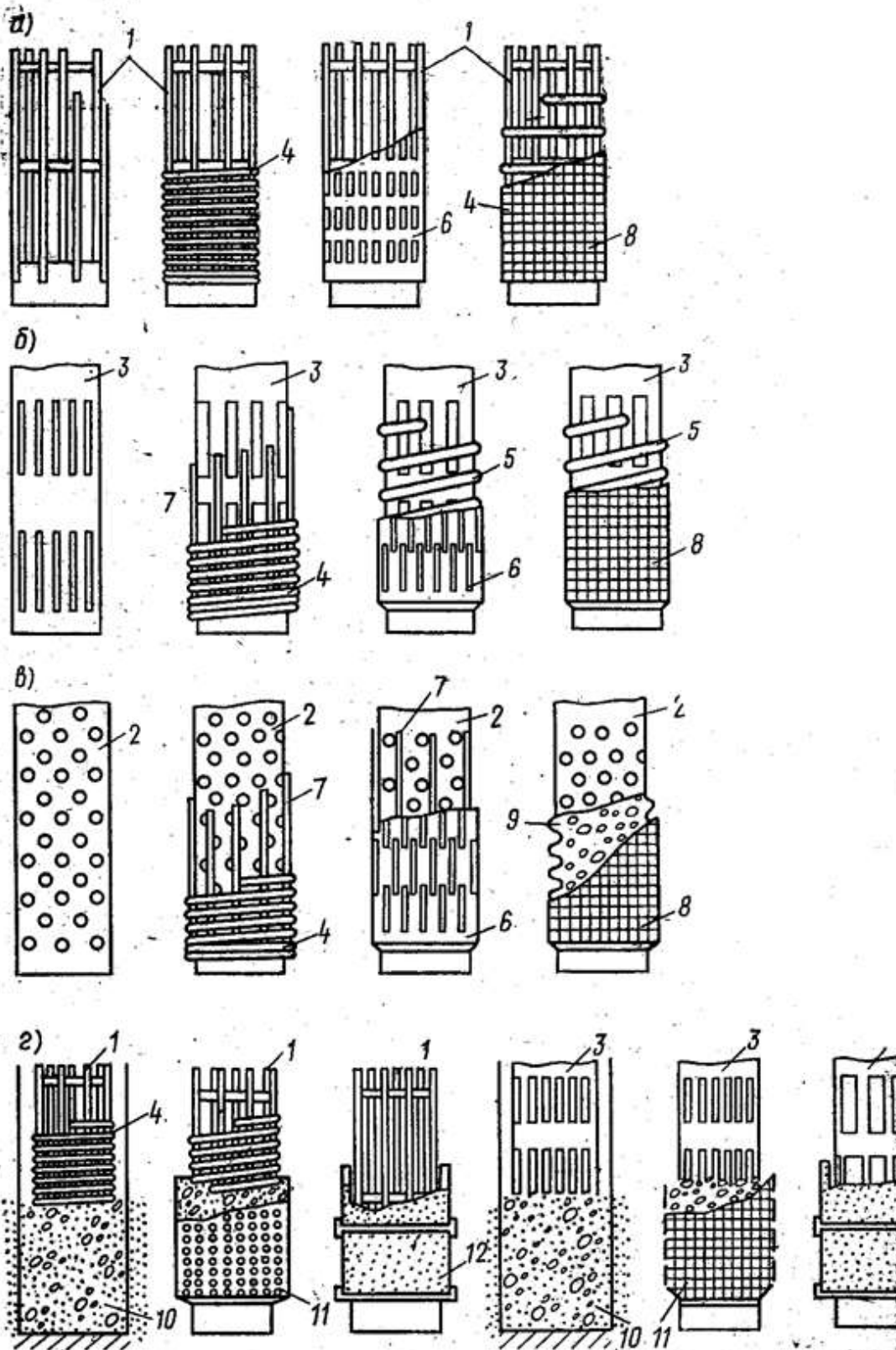


Рис. 3. Основные схемы конструкций фильтров водозаборных скважин
 а — на основе стержневых каркасов; б — на основе трубчатых каркасов щелевой перфорацией; в — на основе трубчатых каркасов с круглой перфорацией; г — гравийные фильтры. 1 — стержневой каркас на опорных кольцах; 2 — трубчатый каркас с круглой перфорацией; 3 — щелевой трубчатый каркас; 4 — проволочная обмотка из нержавеющей стали; 5 — опорная проволока спираль; 6 — лист, штампованный из нержавеющей стали; 7 — опорные стержни под проволочную обмотку и лист; 8 — сетка из нержавеющей стали или латуни; 9 — сетка подкладная, синтетическая; 10 — рывная обсыпка; 11 — гравийная обсыпка в кожухе; 12 — гравийный блок

**Размеры проходных отверстий фильтра
водозаборных скважин**

Типы фильтров	Размеры отверстий, мм при K_H	
	≤ 2	≥ 2
Дырчатые	$(2,5...3)d_{50}$	$(3...4)d_{50}$
Щелевые	$(1,25...1)d_{50}$	$(1,5...2)d_{50}$
Трубчатые	$(1,5...2)d_{50}$	$(2...2,5)d_{50}$

Размеры фильтра определяют исходя из условий создания допустимых скоростей движения воды при поступлении ее из водоносного пласта в скважину:\

$$Q_{\text{сут}} \leq FV_{\phi}$$

где $Q_{\text{сут}}$ – максимальный расход воды, забираемый из скважины, м³/сут;

F – площадь фильтрующей поверхности фильтра, м²;

$$F = \pi \cdot D_{\phi} \cdot l_{\phi},$$

где D_{ϕ} – диаметр фильтра (см. задание), м.

l_{ϕ} – длина рабочей части фильтра, м.

В водоносных пластах мощностью до 10 м можно принимать:

$$l_{\phi} = m - (1...2), \text{ м,}$$

в пластах большей мощности:

$$l_{\phi} = \beta \cdot m, \text{ м}$$

где $\beta = 0,5...0,8$

$V_{\text{ex.}\dot{\text{don.}}}$ – допустимая скорость фильтрации при выходе воды из пласта в фильтр (входная скорость), м/сут, определяется по формулам:

- для дырчатых, щелевых, проволочных и сетчатых фильтров:

$$\triangleright V_{\text{ex.}\dot{\text{don.}}} = 65 \cdot \sqrt[3]{K_{\phi}}, \text{ м/сут,}$$

- для гравийных и блочных фильтров:

$$V_{\text{ex.}\dot{\text{don.}}} = 1000 \cdot K_{\text{он.}\phi} \cdot \left(\frac{d_{50}}{D_{50}} \right)^2,$$

27.Бесфильтровые трубчатые колодцы. Конструкция, расчет.

[#ТеоретическийРаздел](#)

В зависимости от свойств пород различают бесфильтровые (рис.27.1) трубчатые колодцы в рыхлых породах и в скальных трещиноватых устойчивых породах. Если устройство последних не вызывает каких-либо затруднений, то сооружение бесфильтровых скважин в рыхлых неустойчивых породах весьма сложная проблема, так как их рабочей частью служит искусственно создаваемая полость. Бесфильтровые трубчатые колодцы сооружают путем бурения

ствола до продуктивного горизонта и последующего формирования водоприемной воронки, объем которой обеспечивает требуемый приток воды без иескования. Необходимое условие сооружения бесфильтровых скважин — наличие устойчивой кровли над водоносным горизонтом, а в случае кровли, сложенной глинами, наличие поддерживающего ее напора подземных вод. Преимущества бесфильтровых скважин: долговечность и надежность работы; высокие и устойчивые (во времени) дебиты, они значительно превышают дебиты скважин с фильтрами; возможность отбора воды из пылеватых, глинистых и тонкозернистых песков с низкой проницаемостью; сокращение глубины скважины; малый расход труб; низкие строительные и эксплуатационные расходы; резкое уменьшение трудоемкости и затрат при ремонте.

Так как бесфильтровые трубчатые колодцы по способу вскрытия пласта являются совершенными, то устраняются дополнительные гидравлические сопротивления, присущие скважинам, оборудованным фильтром (рис.27.1).

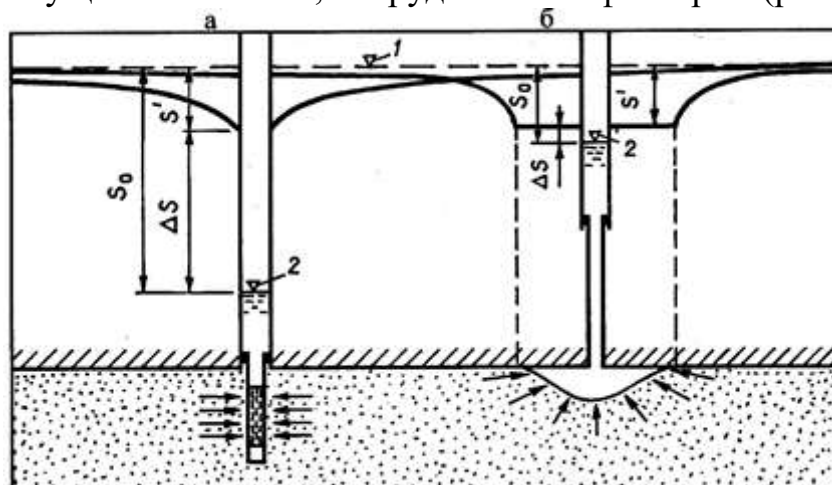


Рисунок 27.1. а – фильтровый трубчатый колодец, б – бесфильтровый трубчатый колодец. 1 - отметка статического уровня воды; 2 – отметка динамического уровня воды.

По конструктивным особенностям бесфильтровые скважины (трубчатые колодцы) подразделяют на одноярусные, одноярусные с гравийной засыпкой, многоярусные (рис.27.2).

К основным вопросам теории сооружения бесфильтровых скважин относятся устойчивости кровли и откосов воронки, а также расчет водопритока. Устойчивость кровли в основном определяется инженерно-геологическими свойствами слагающих ее пород. Наиболее устойчива кровля, представленная скальными породами (известняками, плотными песчаниками и т. п.), менее устойчива кровля, представленная полускальными породами (мергелями, мелом).

Схема, расчета бесфильтровых скважин по методике профессора В. С. Оводова приведена на рис. 27.3.

Выходную скорость фильтрации (v_0), при которой прекращается вынос песка, вычисляют по формуле Н. А. Карамбиров:

$$v_0 = \eta_1 \eta_2 \kappa_\phi (1 - P) (\gamma_\pi - 1)$$

Где κ_{ϕ} коэффициент фильтрации; P - пористость грунта водоносного пласта; $\gamma_{\text{п}}$ удельная масса грунта; η_1 коэффициент запаса 0,7-0,8; коэффициент, η_2 учитывающий угол откоса

$$\eta_2 = 1 - \frac{\varphi_0}{107} + 0,08 \sin(4,5\varphi_0)$$

Где φ_0 – угол откоса при предельной выходной скорости фильтрации, практически изменяющийся от 0 до 40. Для расчетов следует принимать $\varphi_0=40$ а $\eta_2=0,63$. формула площади водоприемной поверхности каверны,

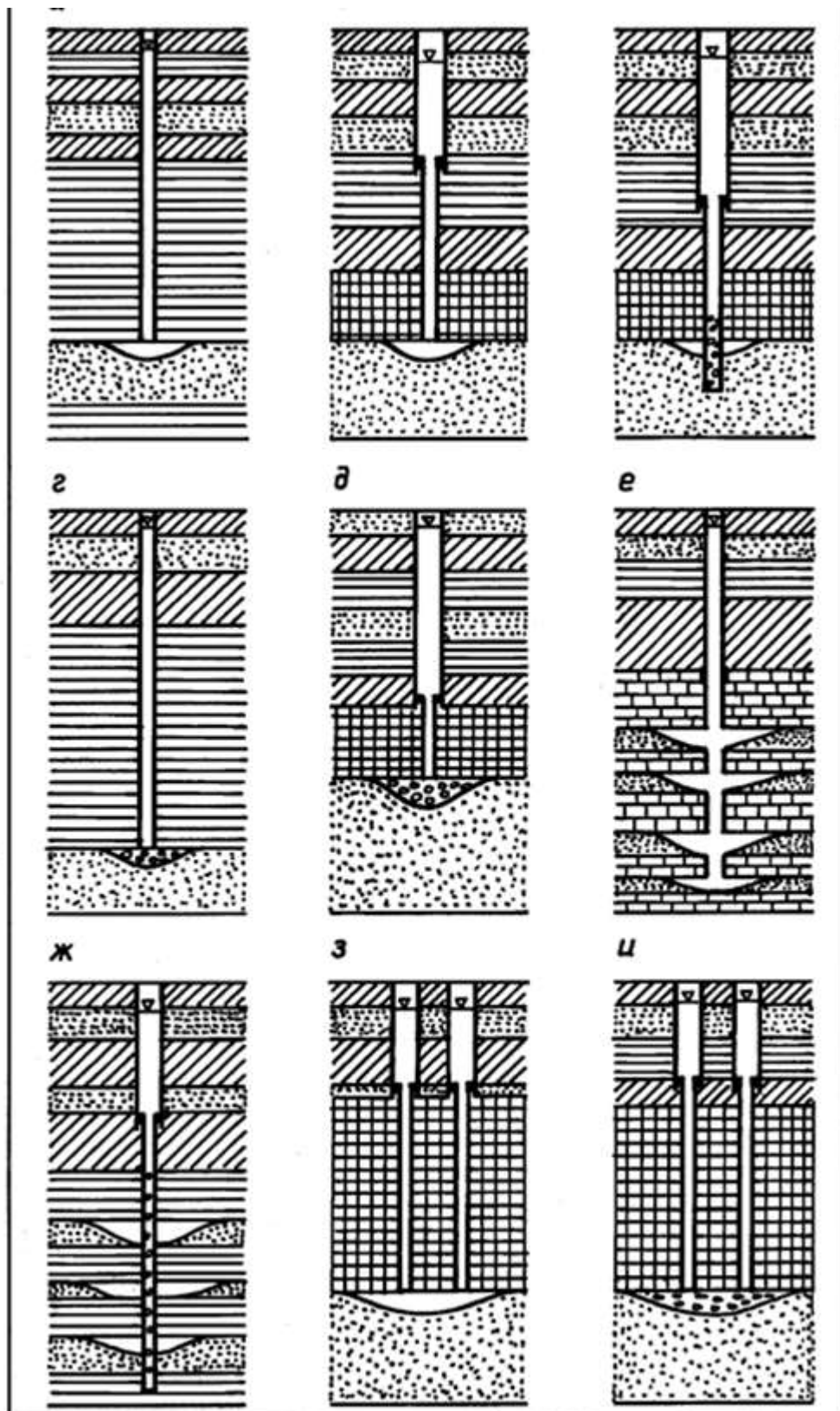
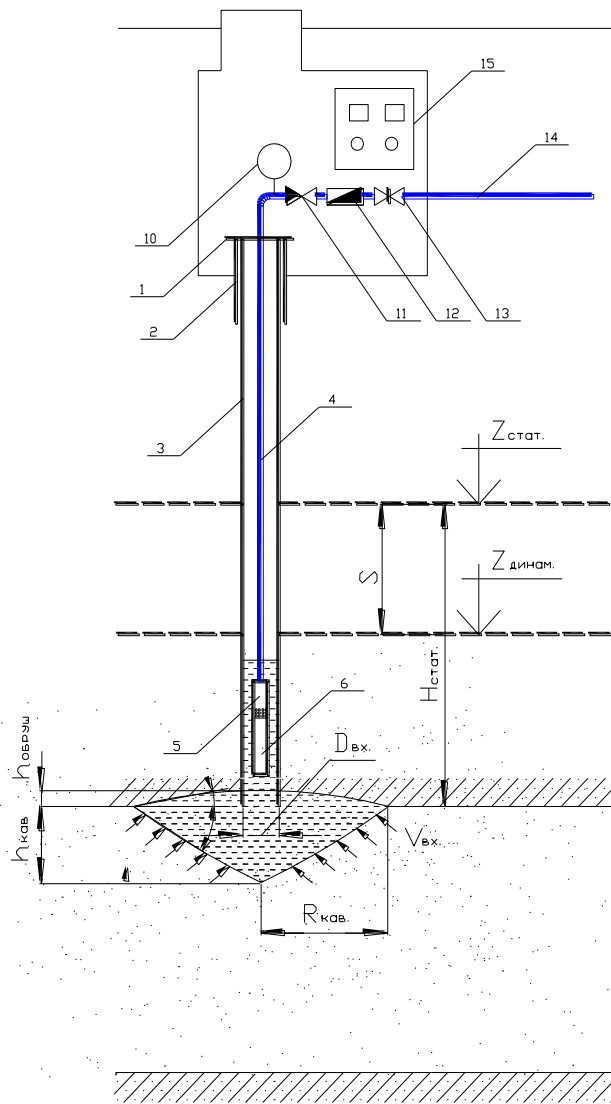


Рис 27. Разновидности конструкций разведочных, наблюдательных, разведочно-эксплуатационных и эксплуатационных бесфильтровых скважин: а, б, в — одноярусные; г, д — одноярусные с гравийной засыпкой; е, ж — многоярусные; з, и — многоствольные одноярусные



- 1- оголовок
- 2- защитная обсадная труба;
- 3- эксплуатационная обсадная труба;
- 4- водоподъемная труба;
- 5- погружной насос;
- 6- электродвигатель насоса;
- 10 -манометр;
- 11 обратный клапан;
- 12 водомер (счетчик воды);
- 13 задвижка;
- 14 напорный трубопровод;
- 15 электрический щит управления.

Рис.27.3. Расчетная схема бесфильтрового трубчатого колодца (скважины), сформировавшейся при определенном дебите Q и обеспечивающей отсутствие пескования скважины:

$$F = \frac{Q}{v_0}$$

Радиус верхнего основания конусообразной каверны можно легко определить, зная площадь каверны F и угол откоса. Глубину каверны h определяют через радиус каверны R :

$$h = R \operatorname{tg} \varphi$$

Расчетный объем каверны W находится по формуле:

$$w = \frac{1}{3} \pi R^2 h,$$

А для вычисления объема песка w_n , который должен был вынесен из скважины при формировании водопринимаемой каверны, в формулу вводится коэффициент μ , учитывающий степень разрыхления песка, равный 1,05-1,15:

$$W_n = \mu W$$

Устойчивость пород кровли обеспечивается при соблюдении условия:

$$\gamma(h_{CT} - S) \geq h_0 \left[(1 + P_{кр}) \gamma_{кр} + \gamma P_{кр} \right]$$

Величину h_0 вычисляют по формуле:

$$h_0 = \frac{R}{\operatorname{tg}\beta},$$

Где $\operatorname{tg}\beta$ - тангенс угла внутреннего трения породы кровли, который меняется от 0,78 для глин до 1,75 для сланцев

Требуемый радиус воронки

$$R_{\text{кав}} = \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot v_0 \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}}, \text{ м}$$

q – расчетный расход, м³/сут;

φ – угол естественного откоса;

v_0 – выходная скорость фильтрации (v_0), при которой прекращается вынос песка, вычисляется по формуле Н. А. Карамбирова:

$$v_0 = k_\phi \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot (1 - \rho), \text{ м/сут}$$

k_ϕ - коэффициент фильтрации водоносной породы

η_1 - коэффициент запаса (0,7 ... 0,8)

η_2 - коэффициент уменьшения допускаемых уклонов, (зависит от угла естественного откоса при

$\varphi = 25^\circ$, $\eta_2 = 0,84$);

ρ - пористость водоносной породы в долях

Глубину каверны $h_{\text{кав}}$ определяют через радиус каверны $R_{\text{кав}}$:

$$h_{\text{кав}} = R_{\text{кав}} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \text{ м}$$

Высота свода обрушения

$$h_{\text{обруш}} = \frac{R_{\text{кав}}}{\operatorname{tg}\alpha}$$

α - угол внутреннего трения породы кровли;

Допустимый радиус каверны определяется из условия необрушения кровли:

$$R_{\text{доп}} \leq \frac{\gamma_{\text{воды}} \cdot (H_{\text{стат}} - S) \cdot \operatorname{tg}\alpha}{(1 - P_{\text{кр}}) \cdot \gamma_{\text{кр}} + \gamma_{\text{воды}} \cdot P_{\text{кр}}}, \text{ м}$$

где $P_{\text{кр}}$ - пористость породы кровли, в частях.

28. Основные факторы, влияющие на выбор источника и месторасположения трубчатых колодцев.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Состав воды пресноводных подземных источников водоснабжения должен соответствовать следующим требованиям:

- сухой остаток – не более 1000 (1500)* мг/дм³;
- содержание хлоридов – не более 350 мг/дм³;
- содержание сульфатов – не более 500 мг/дм³;
- общая жесткость – не более 7 (10)* ммоль/дм³.

Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения с учетом их санитарной надежности выбирают в следующем порядке:

- межпластовые напорные воды;

- межпластовые безнапорные воды;
- грунтовые воды, искусственно наполняемые, и подрусловые подземные воды;
- поверхностные воды (реки, водохранилища, озера, каналы).

По качеству воды источники водоснабжения делятся на 3 класса, таблица 28.1. Возможность использования пригодных для питьевого водоснабжения подземных вод рассматривается и при недостаточных их запасах; восполнение дефицита потребности воды следует производить за счет менее надежных в санитарном отношении водных источников.

Выбор источника водоснабжения при наличии нескольких источников и равной возможности обеспечения требуемого качества и количества воды должен осуществляться путем технико-экономического сравнения вариантов схем обработки воды с учетом санитарной надежности источников.

Таблица 28.1.

Требования предъявляемые к качеству воды в источниках водоснабжения

Наименование показателя	Показатели качества источника		
	1 класс	2-й класс	3-й класс
Мутность, мг/дм ³ не более	1,5	1,5	13,0
Цветность, град. не более	20	20	50
Водородный показатель рН	6-9	6-9	6-9
Железо мг/дм ³ не более	0,3	10	20
Марганец, мг/дм ³ не более	0,1	1	2
Сероводород, мг/дм ³ не более	отсутствие	3	10
Фтор, мг/дм ³ не более	1,5-0,7	1.5-0.7	5
Окисляемость перманганатная. мгО ₂ /дм ³ не более	2	5	15
Общие колиформные бактерии в 100 см ³ , не более	отсутствие	100	1000

Из имеющихся источников водоснабжения выбирают лишь те, для которых возможны организация ЗСО и соблюдение соответствующего режима в пределах ее поясов.

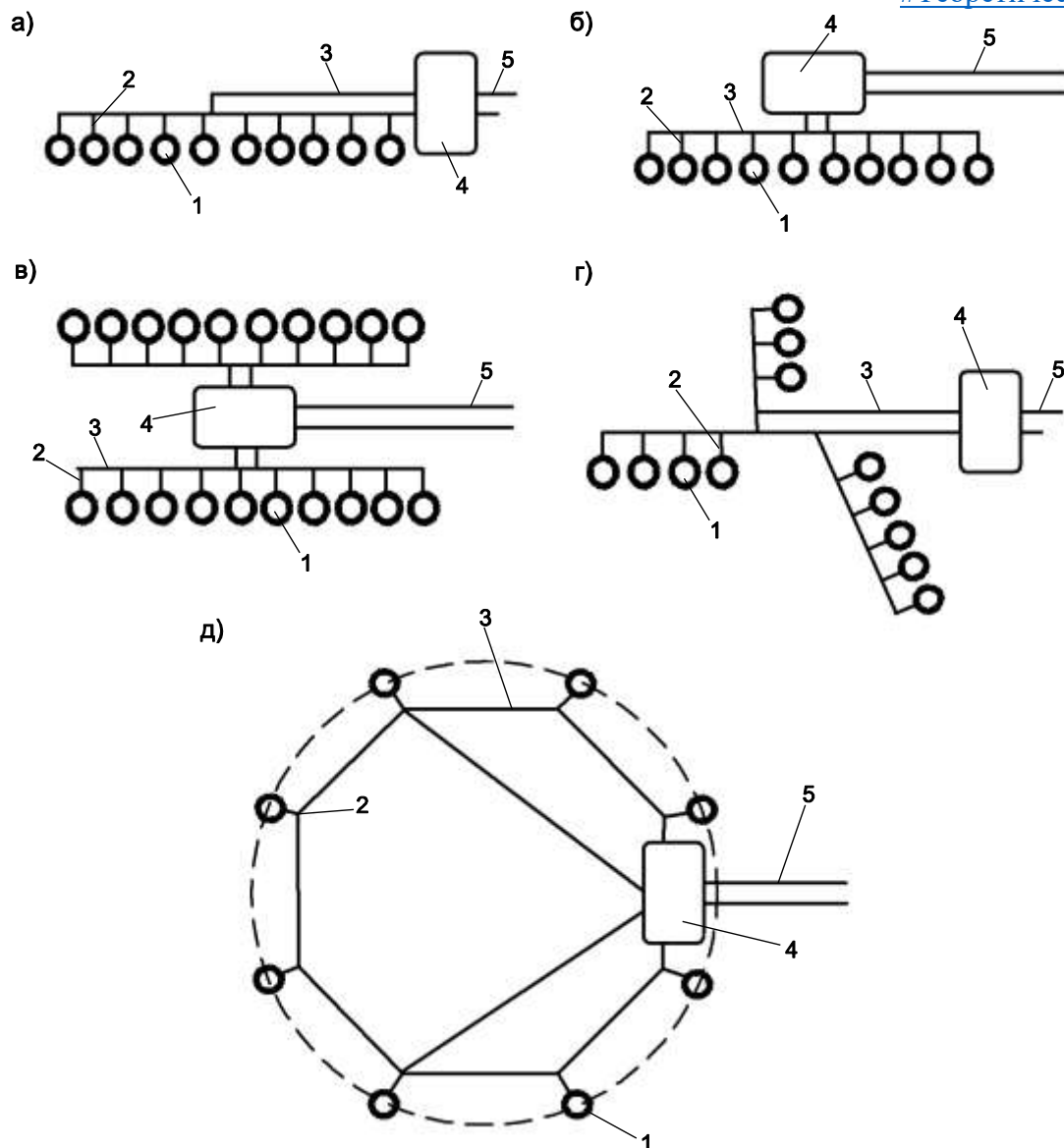
Выбор источника водоснабжения производится:

при подземном источнике водоснабжения - на основании анализов качества воды, гидрогеологической характеристики используемого водоносного горизонта, санитарно-гигиенической экспертизы местности в районе водозабора, существующих и потенциальных источников загрязнения почвы и водоносных горизонтов.

При этом учитываются балансовые запасы подземных вод, утвержденные в установленном порядке в соответствии с классификацией эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод.

29. Плановые схемы водозаборов, оборудованных трубчатыми колодцами.

[#ТеоретическийРаздел](#)



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

Рисунок 29.1 — Плановые схемы скважинных водозаборов:

а, б — линейный ряд скважин с расположением головных сооружений соответственно 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.

Плановое расположение отдельных сооружений скважинных водозаборов может быть подразделено на схемы, показанные на рисунке 29.1. Использование той или иной схемы обуславливается гидрогеологическими условиями, питанием водоносного горизонта.

30. Расчет взаимодействующих и не взаимодействующих трубчатых колодцев. [#ТеоретическийРаздел](#)

При отсутствии данных опытных откачек, дебит ($\text{м}^3/\text{сут}$) совершенного колодца (скважины) забирающего воду из напорного пласта (см. рис.30.1) определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут}} = 2.73 \cdot K_{\phi} \cdot \frac{m \cdot S_{\text{дон}}}{\lg \frac{R}{r}}$$

где

K_{ϕ} - коэффициент фильтрации (табл. 30.1);

m – мощность водоносного пласта, м

$S_{\text{дон}}$ – допустимое понижение статического уровня, м;

Из формулы следует, что расход воды из скважины прямо пропорционален понижению статического уровня (глубине откачки) S . Чем больше S , тем больше дебит одной скважины, следовательно, скважин потребуется меньше, строительная стоимость водозабора снизится. Однако с увеличением S , увеличивается высота подачи воду насосами и расход энергии, затрачиваемой на водоподъем. Оптимальное понижение уровня воды в скважине устанавливают технико-экономическими расчетами.

R – радиус влияния, м

r – радиус фильтра скважины, м.

Радиус влияния R , то есть расстояние от центра скважины до точки восстановления статического уровня, вычисляют по формуле;

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

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

t - срок эксплуатации, суток принимается не менее 25 лет.

Для напорных пластов:

$$a = K_{\phi} \cdot m / \mu ;$$

μ – показатель (коэффициент) водоотдачи, зависящий от пород и определяемый опытным путем или по эмпирическим формулам (табл.30.2);

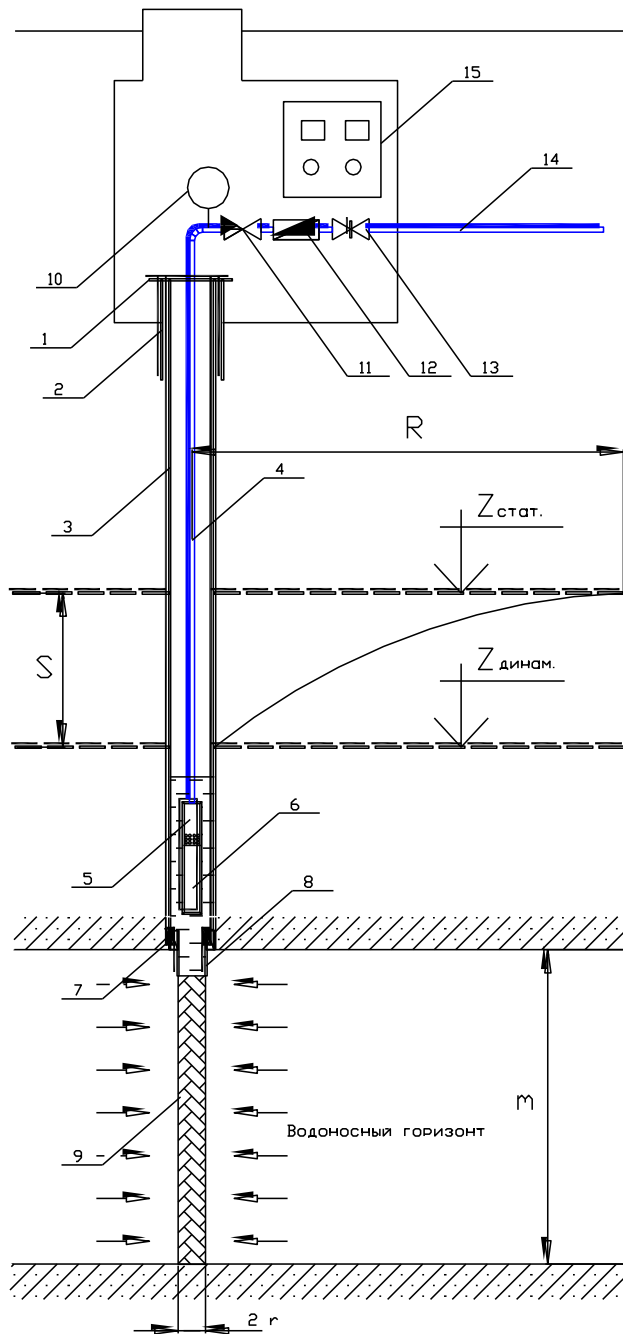


Рисунок 30.1. Схема совершенной водозаборной фильтровой скважины (трубчатого колодца).

- 1 – оголовок;
- 2 – защитная обсадная труба;
- 3 – эксплуатационная обсадная труба;
- 4 – водоподъемная труба;
- 5 – погружной насос;
- 6 – электродвигатель насоса;
- 7 – сальник;
- 8- надфильтровая труба;
- 9 – фильтр;
- 10 – манометр;
- 11 – обратный клапан;
- 12 – водомер (счетчик воды);
- 13 – задвижка;
- 14 – напорный трубопровод;
- 15 – электрический щит управления.

Таблица 30.1.

Примерное значение коэффициентов фильтрации K_{ϕ} в разных породах для практических расчетов

Водоносная порода	Преобладающая крупность частиц, мм	Коэффициент фильтрации, K_{ϕ} , м/сут
Песок:		
тонкозернистый	0,05...0,1	0,1..5

мелкий	0,1...0,25	5...10
средней крупности	0,25...0,5	10...25
крупный	0,5...1	25...75
гравелистый	1...2	75...100
Гравий:		
мелкий	2...3	75...100
средний	3...5	100...200
крупный	5...10	200...300

Таблица 30.2.

Ориентировочные значения коэффициентов водоотдачи μ

Породы	μ
Пески пылеватые, супеси	0,1...0,15
Пески мелкие	0,15...0,2
Пески средней крупности и гравелистые	0,2...0,25
Галечно-гравелистые отложения	0,25...0,3
Известняки	0,005...0,1
Песчанники	0,001...0,03

Таблица 30.3

Рекомендуемые расстояния между водозаборными скважинами (м)

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

Примечание: меньшие значения принимаются для высоконапорных водоносных пластов, большие – для малонапорных

Таблица 30.4.

Значения коэффициента взаимодействия $\alpha_{вз}$ от принятого расстояния между скважинами в зависимости от R

Отношение расстояния между скважинами к радиусу влияния:	2	1	0,5	0,2	0,02	0,002
----------------------------------------------------------	---	---	-----	-----	------	-------

$\frac{L_{скв}}{R}$						
$\alpha_{вз}$	1	0,97	0,9	0,81	0,64	0,53

Таблица 30.5.

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 %	—

Примечания

- 1 В зависимости от гидрогеологических условий и при соответствующем обосновании количество резервных скважин может быть увеличено.
- 2 Для водозаборов всех категорий следует предусматривать наличие на складе резервных насосов: один — при количестве рабочих скважин до 12; 10 % от количества рабочих скважин — то же — более 12.
- 3 Категории водозаборов по надежности подачи воды следует принимать согласно СНБ 4.01.01.

30.1. Подбор и расчет фильтров.

Основные параметры фильтра (диаметр, длина, размер проходных отверстий) должны определяться с некоторым запасом с учетом возможности внесения необходимых изменений в процессе сооружения скважины в соответствии с фактическими условиями.

Размеры проходных отверстий фильтров назначаются в зависимости от гранулометрического состава контактирующей породы водоносного пласта или гравийной обсыпки (табл. 30.6).

Таблица 30.6

Размеры проходных отверстий фильтра водозаборных скважин

Типы фильтров	Размеры отверстий, мм при K_H	
	≤ 2	≥ 2
Проволочные	$(2,5 \dots 3)d_{50}$	$(3 \dots 4)d_{50}$
Щелевые	$(1,25 \dots 1)d_{50}$	$(1,5 \dots 2)d_{50}$
Сетчатые	$(1,5 \dots 2)d_{50}$	$(2 \dots 2,5)d_{50}$

Размеры фильтра определяют исходя из условий создания допустимых

скоростей движения воды при поступлении ее из водоносного пласта в скважину:

$$Q_{\text{сут}} \leq FV_{\phi}$$

где $Q_{\text{сут}}$ – максимальный расход воды, забираемый из скважины, м³/сут;

F – площадь фильтрующей поверхности фильтра, м²;

$$F = \pi \cdot D_{\phi} \cdot l_{\phi},$$

где D_{ϕ} – диаметр фильтра (см. задание), м.

l_{ϕ} – длина рабочей части фильтра, м.

В водоносных пластах мощностью до 10 м можно принимать:

$$l_{\phi} = m - (1 \dots 2), \text{ м},$$

в пластах большей мощности:

$$l_{\phi} = \beta \cdot m, \text{ м}$$

где $\beta = 0,5 \dots 0,8$

$V_{\text{ex. доп.}}$ – допустимая скорость фильтрации при выходе воды из пласта в фильтр (входная скорость), м/сут, определяется по формулам:

- для дырчатых, щелевых, проволочных и сетчатых фильтров:

$$\triangleright V_{\text{ex. доп.}} = 65 \cdot \sqrt[3]{K_{\phi}}, \text{ м/сут},$$

- для гравийных и блочных фильтров:

$$V_{\text{ex. доп.}} = 1000 \cdot K_{\text{он. ф.}} \cdot \left(\frac{d_{50}}{D_{50}} \right)^2,$$

30.2. Определение понижения уровней в скважинах.

Понижение уровня для группы скважин зависит от расстояний между ними и определяется по формуле:

$$S = \frac{0,37}{K_{\phi} m} \sum_{i=0}^{i=n} q_{\text{скв. раб } i} \cdot \lg R / r$$

$$S_{\text{max}} = \frac{0,37}{K_{\phi} m} \left(Q_{\text{сут } 1} \lg R / r_0 + Q_{\text{сут } 2} \lg \frac{R}{r_{2-1}} + \dots + Q_{\text{сут } 5} \lg \frac{R}{r_{5-1}} \right),$$

где $Q_{\text{сут } 1-5}$ – дебиты скважин, м³/сут;

r_0 – радиус скважины, м;

r_{2-1}, \dots, r_{5-1} – расстояния от центральной скважины до скважины, в которой определяется понижение, м

При поступлении воды из водоносного пласта и движении ее в направлении к водоприемным отверстиям погружного насоса возникают потери напора в фильтре скважины и в щели между погруженным электродвигателем и эксплуатационной обсадной колонной, которые обуславливают дополнительное понижение уровня воды в скважине. Это понижение необходимо учитывать при расчете глубины погружения насоса.

Потери напора в фильтре:

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot \xi_2}{6,28 \cdot K_{\phi} \cdot m}, \text{ м}$$

где $Q_{\text{сут}}$ – расход воды из скважины, м³/сут

ξ_2 – фильтрационное сопротивление, величина которого принимается по рис 4 в зависимости от типа, конструкции фильтра и характеристики водоносных пород (коэффициента фильтрации K_f)

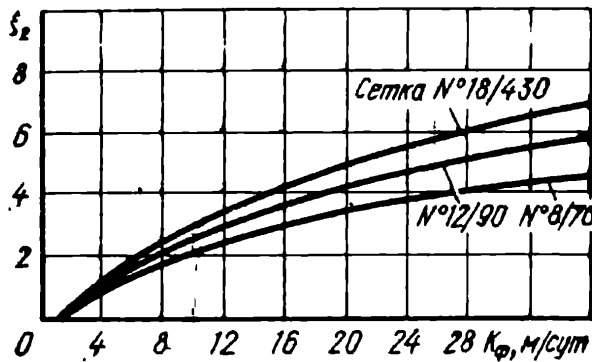


Рис.30.2. График функции ξ_2 для определения потерь напора в сетчатых фильтрах

30.3. Расчет основных параметров насосного оборудования и подбор насосов.

Вода из скважин погружными насосами подается в распределительную чашу фильтров станции очистки. Требуемый напор погружного насоса:

$$H_n = H_{\Gamma} + \Sigma h_{\text{скваж-о.с}}$$

где H_{Γ} - геометрическая высота подъема воды:

$\Sigma h_{\text{скваж-о.с}}$ - потери напора в трубопроводах от скважины до водоочистной станции

$$\Sigma h_{\text{скваж-о.с}} = h_{\text{водом}} + h_{\text{длине}} + h_{\text{излив}}$$

$h_{\text{водом}}$ - потери в водомере (счетчике воды), принять - 1 м.;

$h_{\text{длине}}$ - общие потери в трубопроводах при движении воды;

$h_{\text{излив}}$ - потери напора на излив, принять - 1,5 м;

Подача погруженного насоса соответствует дебиту скважины.

Потери напора в щели между погруженным электродвигателем и обсадной колонной:

$$h_{\text{щели}} = \frac{0,04 \cdot l_3 + 0,3(D_c - D_3)}{12,1 \cdot (D_c + D_3)^2 \cdot (D_c - D_3)^3} \cdot Q_c^2, \text{ м}$$

где l_3 – длина электродвигателя, м;

D_c – внутренний диаметр обсадной колонны, м;

D_3 – диаметр электродвигателя, м;

Q_c – расход воды, забираемой из скважины, м³/с;

30.4. Разработка схемы установки насосов в скважинах.

При установке насосов в скважине следует руководствоваться следующим

(рис.6):

- производительность насоса должна на 25% быть ниже дебита скважины;
- при расчете динамического уровня воды в обсадной трубе следует учитывать потери напора в фильтре и потери напора в щели между электродвигателем насоса и обсадной трубой;
- всасывающие отверстия насоса следует заглублять под динамический уровень на расстояние равное $A + (1...7)$ м, см. рис 30.3 и 30.4.
- длина надфильтровой трубы 3...5 м;
- минимальное расстояние между двигателем насоса и фильтром 1 м;
- расстояние между кровлей водоупора и фильтром не менее 0,5...1,0 м.

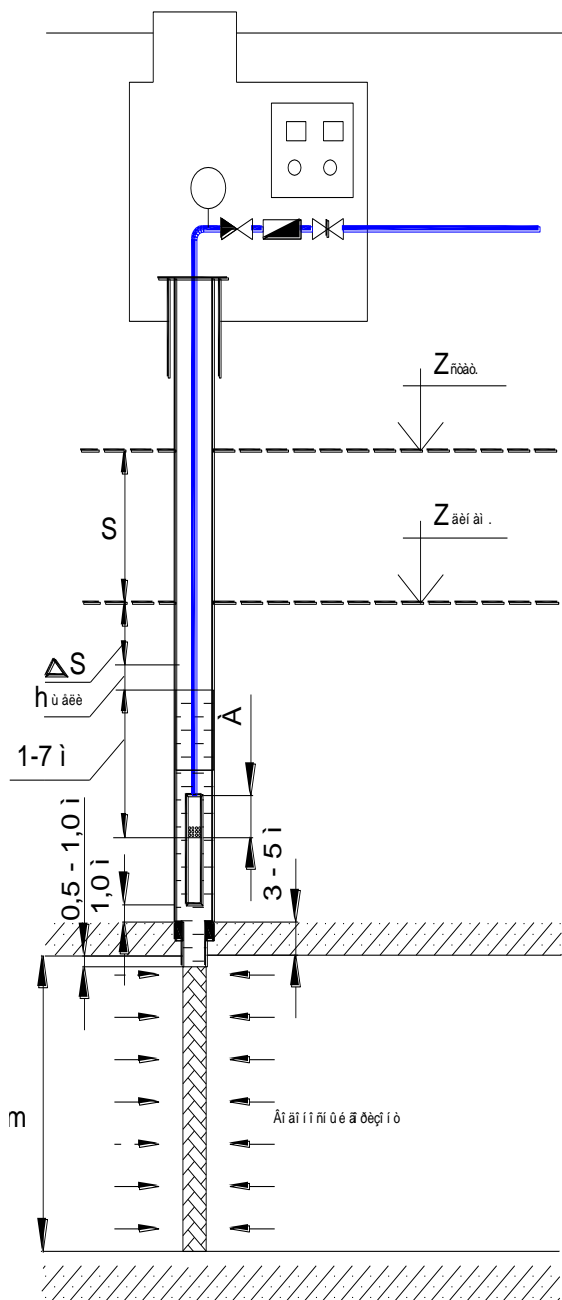


Рис. 30.4. Схема установки насоса в скважине.

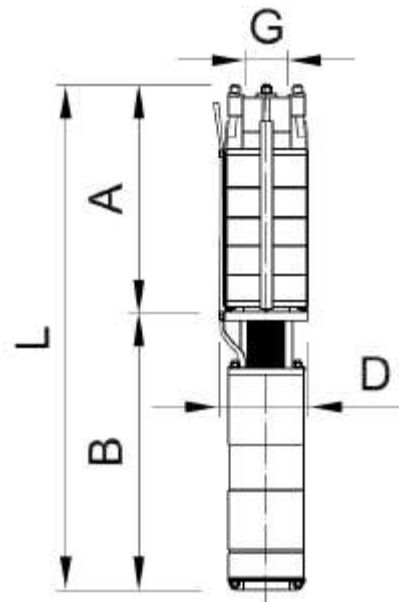


Рис. 30.3. Основные установочные размеры погружных скважинных насосов.

31. Область применения водозаборных сооружений из подземных источников.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Характеристика и область применения водозаборных сооружений в зависимости от условий залегания подземных вод приведена в таблице 31.1

Таблица 31.1

Краткая характеристика и примерная область применения водозаборных сооружений

№ п/п	Виды сооружений	Область применения	Краткая характеристика
1.	Водозаборные скважины	Для забора воды из напорных и безнапорных водоносных пластов, залегающих на глубине более 15-50 м от поверхности земли	Вертикальная выработка диаметром от 50 до 600 мм и более, глубиной до 500 м и более
2.	Шахтные колодцы	Для забора воды из маломощных пластов, залегающих на глубинах до 40 м от поверхности земли	Вертикальная выработка диаметром до 1-2 м и глубиной до 30-40 м
3.	Горизонтальные водосборы	Для забора воды из маломощных пластов, залегающих на глубине 6-8 м от поверхности земли, вблизи водотоков и водоемов	Горизонтальные дырчатые водосборные трубы или галереи, оборудованные гравийным фильтром; через 30-50 м на них установлены смотровые колодцы
4.	Лучевые водозаборы	Для забора воды из маломощных (до 10 м) водоносных пластов, залегающих на глубинах до 15-20 м от поверхности земли в песчано-галечниковых отложениях с содержанием валунов менее 10%, а 60% фракций в грунте должно быть менее 70 мм	Шахта, в нижней части которой в водоносные пласты вдавлены горизонтальные скважины, оборудованные фильтрующей поверхностью из сеток или зернистых обсыпок
5.	Каптаж родниковых вод	Применяются при наличии концентрированного выхода подземных вод на поверхность земли	Каменные или бетонные камеры с водоприемными отверстиями с гравийным фильтром, оборудованные водоотводными трубами

32. Шахтные колодцы, конструкция и основы расчета шахтных колодцев.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Шахтные колодцы применяют для забора сравнительно небольших количеств подземных вод залегающих на глубине до 40 метров из водоносных горизонтов небольшой мощности. В отличие от трубчатых колодцев диаметр шахтных составляет 1000...2000 мм, а глубина редко превышает 40 м. Традиционно они широко распространены в сельской местности. Рисунок 2.

Вода из водоносного горизонта проходит гравийный фильтр (7) и поступает в ствол колодца (6), откуда через всасывающий трубопровод (5), насосом (4) по напорному трубопроводу (8) подается потребителям. Насосная установка оборудуется контрольно-измерительной аппаратурой и предохранительно-запорной арматурой. Для предотвращения попадания атмосферных осадков, загрязнений в виде опавшей листвы и т.п. над шахтным колодцем сооружается павильон (3) с люком (2). Загрязнению воды в колодце поверхностным стоком препятствует замок из утрамбованной глины (9) и отмостка с уклоном от ствола. Производительность шахтного колодца может быть повышена путем увеличения площади фильтра, для этого в боковой нижней части ствола делают отверстия и устраивается гравийный фильтр.

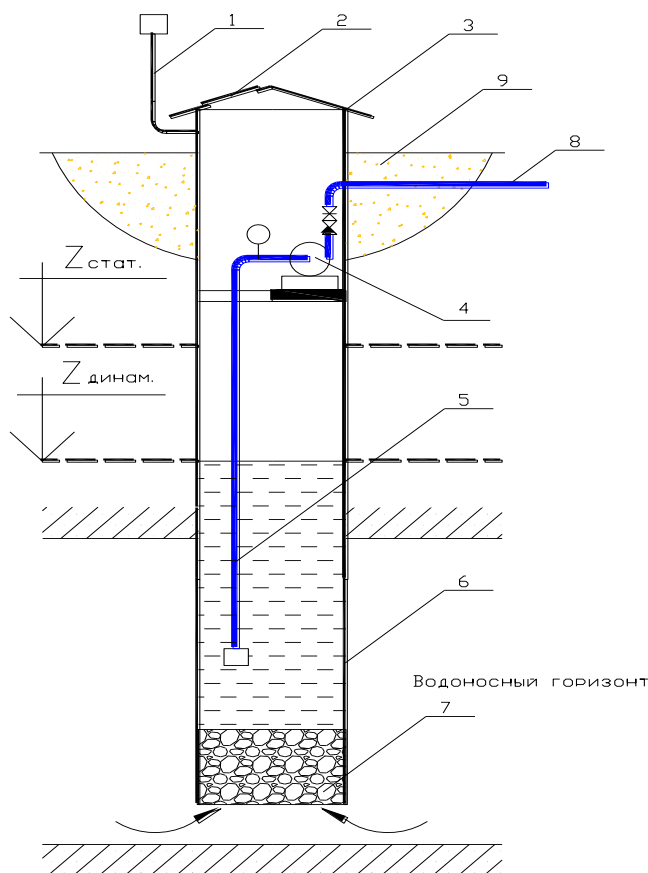


Рисунок 32.1. Схема шахтного колодца.

- 1- вентиляционная труба;
- 2- люк;
- 3- павильон;
- 4- насос;
- 5- всасывающий трубопровод;
- 6- ствол колодца;
- 7- гравийный фильтр;
- 8- напорный трубопровод;
- 9- «замок» из утрамбованной глины.

Расчет шахтных колодцев заключается в определении возможного притока воды к ним при заданных (принятых) параметрах колодцев и гидрогеологических данных о водоносных горизонтах или в определении диаметра и их количества по заданному расходу.

Для колодцев круглого сечения дебит шахтного колодца определяют по формуле:

$$Q = \frac{\pi \cdot K_{\phi} \cdot (2H - S)}{\ln \frac{1,65}{r} + \xi_x}, \text{ м}^3/\text{сут},$$

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации, м/сут; S – понижение уровня воды при откачке, м; $r = D/2$ – внутренний радиус колодца, м; R – радиус влияния колодца, м; H – мощность водоносного пласта, м; ξ_x – дополнительное сопротивление, учитывающее несовершенство колодца по степени вскрытия пласта.

Таблица 32.1

Значение функции ξ_x

$\pi \cdot r / m$	Значения ξ_x при $\pi \cdot \ell / m$		
	0,134	0,942	1,57
0,314	8,586	7,204	7,009
0,942	2,597	1,65	1,48
1,57	1,337	0,755	0,62
3,14	0,447	0,231	0,165
9,42	0,054	0,027	0,018
15,7	0,02	0,01	0,007

При неустановившемся движении подземных вод в условиях недостаточного водопитания пласта гидростатическое давление в нем уменьшается, в результате чего радиус влияния увеличивается, а удельный дебит уменьшается. В этом случае радиус влияния можно определить по формуле:

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

где t – срок эксплуатации колодца, сут., a – коэффициент пьезопроводимости, м²/сут, характеризующий скорость перераспределения подземных вод при откачке.

$$a = \frac{K_{\phi} \cdot H}{\mu_n}, \text{ м}^2/\text{сут},$$

где μ_n – показатель упругой водоотдачи напорного пласта, равный $(2-5) \cdot 10^{-6}$ для скальных трещиноватых пород и $20^{-6}-10^{-4}$ – для песков и рыхлых песчаников.

Значение ξ_x характеризует несовершенство колодца, в который вода поступает через дно. Эти значения определяются по табл. 32.1.

33. Схемы водозаборов при использовании шахтных колодцев.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Производительность одного колодца не всегда достаточна для удовлетворения потребности в воде. Поэтому вместо одного колодца устраивают несколько, образующих одну целостную группу.

Общая схема группового колодца представлена на рис. 33.1.

Расчет группы колодцев заключается в определении их числа, производительности и расстояния между ними.

Взаимодействие двух или нескольких колодцев в грунтовом потоке определяется положением зон питания и влияния. Возможны три основные схемы размещения колодцев.

Первая схема (рис. 33.2). Колодцы находятся друг от друга на расстоянии, равном или большем двух радиусов влияния ($2R$). Дебит каждого колодца не зависит от дебита и глубины откачки других колодцев и может быть определен по формулам дебита одиночного колодца.

Вторая схема (рис. 33.3). Колодцы находятся друг от друга на расстоянии двух радиусов питания ($2R_{пит}$). Если глубина откачки будет принята такой же, как и в первой схеме размещения, то дебит каждого колодца значительно не изменится. Поэтому и в этом случае возможно без большой погрешности вести расчеты по формулам одиночного колодца.

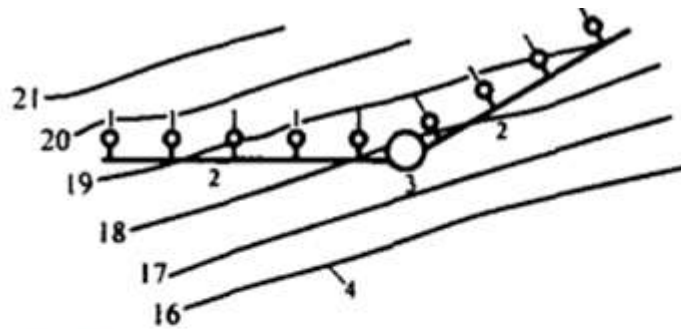


Рис. 33.1. Общая схема группового колодца:
1 – водозаборные колодцы; 2 – сборный водовод;
3 – сборный колодец; 4 – гидроизогипсы

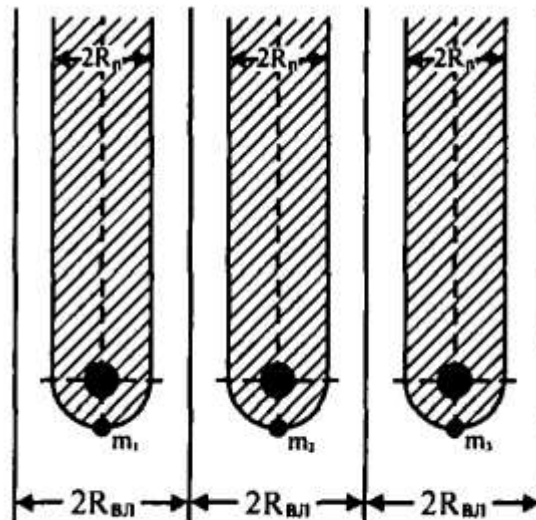


Рис. 33.2. Размещение колодцев на расстоянии $2R$ влияния

Третья схема (рис.33.4). Расстояние между колодцами – менее $2R$ питания. Зоны питания, соответствующие дебитам колодцев, определенным для первого и второго случаев размещения колодцев, перекрывают в плане друг друга.

Если сохранить в колодцах приблизительно такую же глубину понижения уровня воды при откачке, какая была принята в первом и втором случаях размещения колодцев, то суммарный дебит всех колодцев уменьшится.

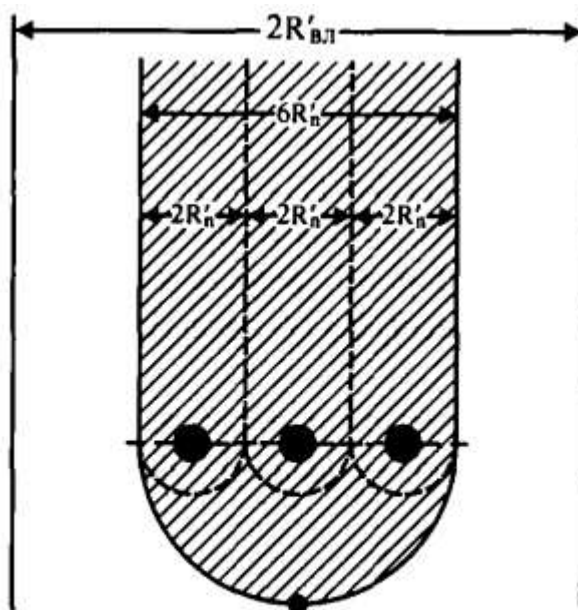


Рис 33.3 Размещение колодцев на расстоянии $2R$ питания

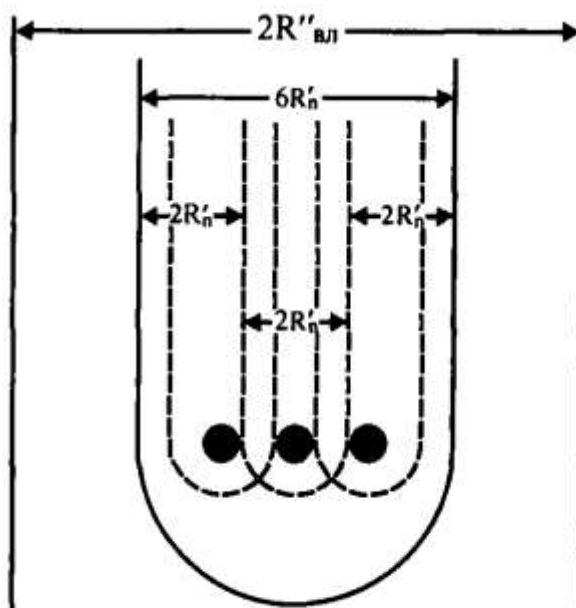


Рис.33.4 . Размещение колодцев на расстоянии менее $2R$ питания

34. Горизонтальные водозаборы, назначение, область применения

[#ТеоретическийРаздел](#)

Горизонтальные водозаборные сооружения (рис.34.1) рационально устраивать в тех случаях, когда необходимо забирать воду из маломощных по высоте, но широких подземных водоносных горизонтов, залегающих на глубинах 5-7 м от поверхности земли. По конструкции они делятся на траншейные, трубчатые и галерейные.

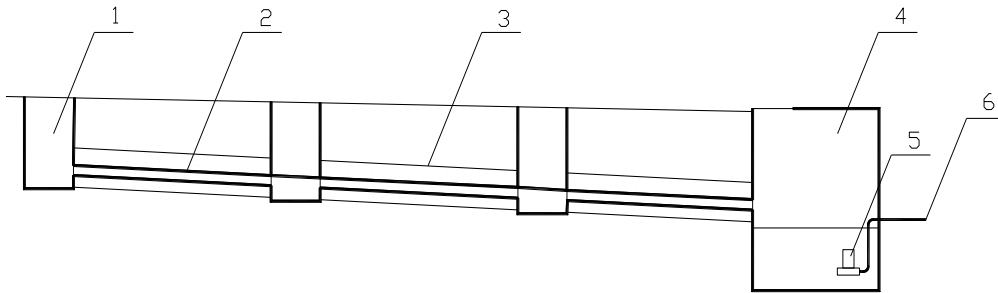


Рис.34.1 Схема горизонтального трубчатого водозаборного сооружения.

1 - смотровые колодцы, 2- перфорированная труба (дрена), 3 – обсыпка (гравий, щебень и т.п.), 4- водосборная камера, 5 – водоподъемное оборудование (насос), 6 – водовод подачи воды потребителям.

В сельскохозяйственном водоснабжении наиболее рациональными и экономичными при определенных условиях залегания подземных водоносных пород являются трубчатые водосборы с одно- или двусторонним притоком воды. Такие водосборы состоят из дырчатых керамических, асбестоцементных, бетонных или железобетонных труб диаметром 150-200 мм, фильтрующая поверхность которых обсыпана несколькими слоями гравия и песка. На расстоянии 50 м друг от друга устраивают смотровые колодцы. Все фильтрующие трубы соединены с общим водоприемным колодцем. Траншеи для сборных фильтрующих труб и фильтрующей обсыпки обычно разрабатывают драглайном. Размещают горизонтальные водосборы перпендикулярно движению грунтового потока.

Общий дебит горизонтального водозабора, заложенного на водоупоре, может быть ориентировочно определен по формуле

$$Q_{з.в.} = (0,6 - 1,5)l \cdot H \cdot i \cdot K_{\phi},$$

где l – длина водозаборных труб (галерей), м; H – мощность водоносного пласта, м; i – уклон зеркала грунтового потока; K_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунта, м/сут.

35. Лучевые водозаборы, назначение область применения, конструкция.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Лучевые водозаборы целесообразно применять:

- в водоносных пластах, кровля которых расположена от поверхности земли на глубине не более 15—20 м, а мощность водоносного пласта не превышает 20 м; для захвата подземных вод подрусловых вод, на берегах и под руслом рек;
- в неоднородных по высоте водоносных пластах, когда необходимо полнее использовать наиболее водообильные слои.

Не рекомендуется применять лучевые водозаборы:

- в галечниковых грунтах при крупности фракций $D_{60} > 70$ мм
- при наличии в водоносных породах включений валунов в количестве, превышающем 10%;

Во всех случаях применение лучевых водозаборов должно быть оправдано возможностью существенного увеличения производительности по сравнению со скважинами, шахтными колодцами и горизонтальными водозаборами и технико-экономическими преимуществами;

В состав лучевых водозаборов входят водосборный колодец (шахта), водоприемные лучи-фильтры (горизонтальные скважины), насосная установка (размещаемая обычно в водосборном колодце).

По конструкции лучевые водозаборы делят на:

- одноярусные;
- многоярусные;
- с наклонными лучами.

По характеру питания лучевые водозаборы бывают:

- подрусловые, с шахтой на берегу или в русле реки;
- береговые;
- с питанием из неограниченного пласта;

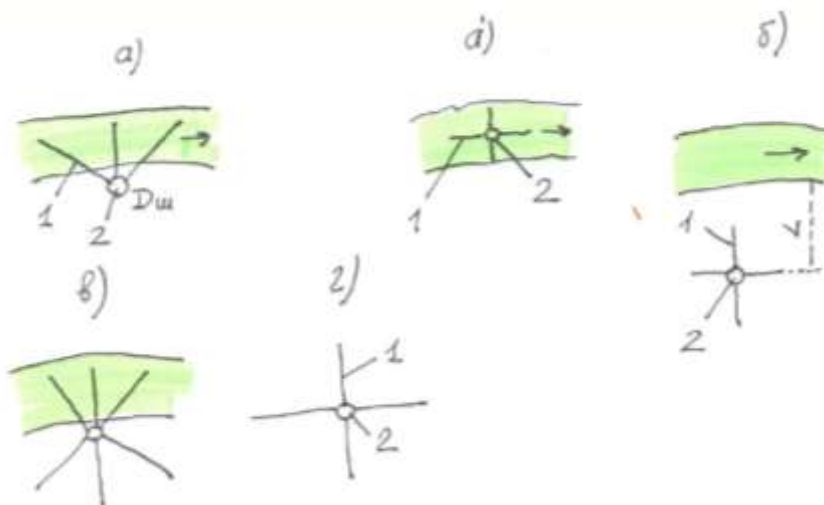
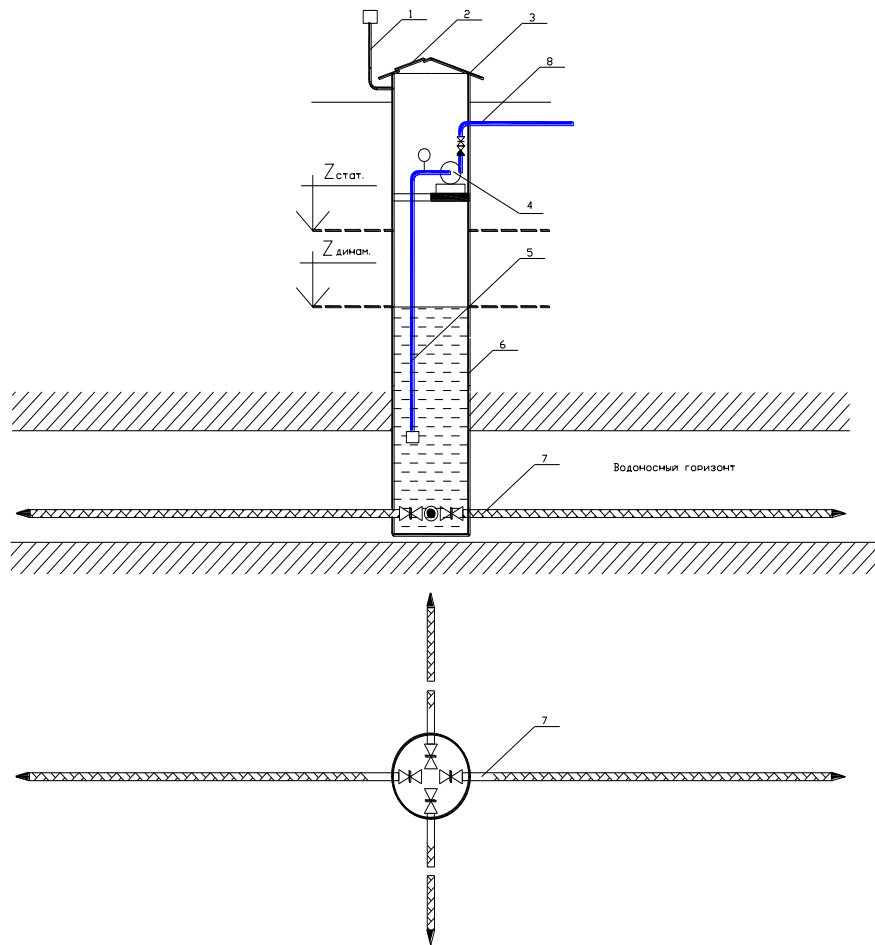


Рис. 35.1. Схемы захвата воды лучевыми водозаборами.

а) подрусловой — под дном реки (с шахтой на берегу или в русле); б) береговой — при расположении лучевого водозабора на берегу вблизи реки; в) комбинированный — когда водозабор находится на берегу

реки, а лучевые фильтры размещаются в береговой зоне и под руслом; г) водораздельный — при расположении лучевого водозабора на значительном удалении от источников пита-



ния.

Рис. 35.2. Схема лучевого водозабора.

- 1- вентиляционная труба;
- 2- люк;
- 3- павильон;
- 4- насос;
- 5- всасывающий трубопровод;
- 6- ствол колодца;
- 7- лучи (дрены);
- 8- напорный трубопровод;

Вода из водоносного горизонта через горизонтальный фильтр (луч, дренаж) (7) поступает в колодец(шахту) из которого насосом (4) по напорному трубопроводу (8) подается потребителям

Расчет лучевых водозаборов заключается в определении размеров водосборного колодца-шахты (или скважины), а также количества, длины и диаметров водозаборных лучей.

Для приближенных расчетов обычно используют формулу Абвезера:

$$Q = \alpha \cdot E \cdot l \cdot S \cdot K_{\phi} , \text{ м}^3/\text{сут}$$

где α - коэффициент, учитывающий условия размещения луча в водоносном пласте (его принимают в пределах 1-1,25); E - коэффициент, учитывающий гранулометрический состав водоносной породы и ее пористость (принимают в пределах от 1 до 2,6); l - длина луча, м.

Для более достоверных расчетов в настоящее время используют методику и расчетные зависимости, предложенные Г.А. Разумовым. Приведена в специальной литературе.

36. Каптажные водозаборные сооружения при использовании нисходящих и восходящих ключей.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Каптаж источников (родников) представляет собой сооружение для захвата подземных вод, выходящих на дневную поверхность. Применяются такие сооружения для систем водоснабжения небольших объектов. Каптаж источников во избежание их загрязнения осуществляется до их выхода на поверхность. Схема каптажного сооружения приведена на рисунке 1.6. Вода из водоносного горизонта поступает в отстойную часть каптажной камеры (4), отстаивается и переливается в водозаборную часть (5) откуда по трубопроводу (6) направляется потребителю. Во избежание переполнения каптажной камеры она оборудуется переливной трубой (3). Загрязнение отбираемой воды поверхностным стоком предотвращается устройством замка из утрамбованного глинистого грунта (7), а подтопление камеры сооружением нагорной канавы (8).

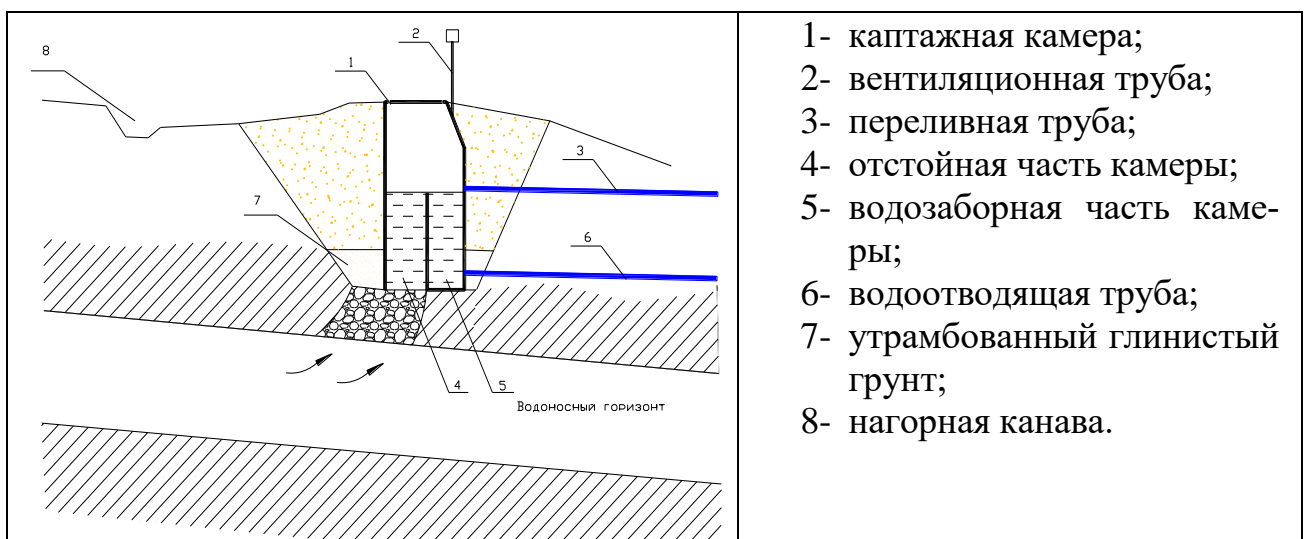


Рис.36.1. Схема каптажной камеры.

37. Системы искусственного пополнения подземных вод (ИППВ), назначение устройство.

[#ТеоретическийРаздел](#)

При недостатке подземных вод осуществляют искусственное их пополнение за счет поверхностных источников. Принципиальная схема (ИППВ) приведена на рисунке 37.1. Вода из поверхностного источника подается в инфильтрационный бассейн, откуда поступает в подземный горизонт.

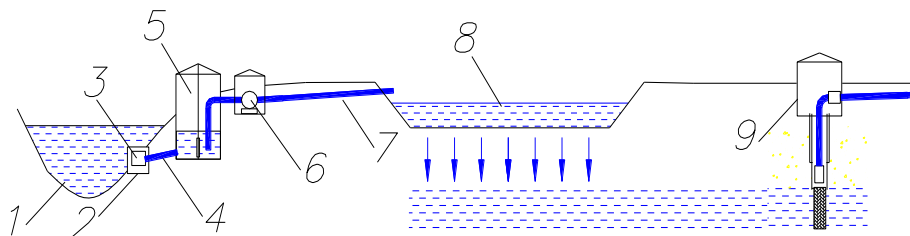


Рисунок 37.1. Принципиальная схема системы искусственного пополнения запасов подземных вод.

- 1- Поверхностный источник, 2-оголовок, 3 – водоприемные окна, 4 – самоотечная линия, 5- береговой колодезь, 6 – насосная станция, 7 – инфильтрационный бассейн, 9- водозаборная скважина.

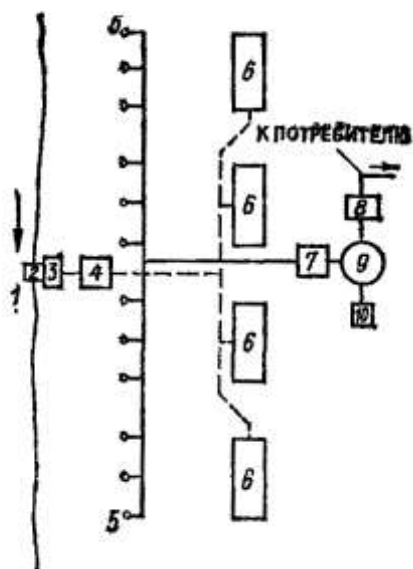


Рис. 37.2. Компонентная схема СИП при однорядном расположении каптажных и инфильтрационных сооружений

1 - поверхностный источник; 2 - водозабор; 3 - насосная станция 1-го подъема; 4 - сооружения предварительной подготовки; 5 - скважины; 6 - нефильтрационные сооружения; 7 - сооружения последующей обработки воды; 8 - насосная станция 2-го подъема; 9 - резервуар чистой воды; 10 - установка для обеззараживания.

Открытые инфильтрационные сооружения (бассейны, каналы, площадки, канавы, борозды и т. д.) применяются для пополнения запасов подземных вод первого от поверхности земли водоносного горизонта при отсутствии или малой мощности покровных слабопроницаемых отложений.

Открытые инфильтрационные сооружения являются наиболее подходящими для районов, характеризующихся короткими периодами отрицательных температур или их отсутствием.

В отдельных случаях может, однако, оказаться целесообразным использование открытых инфильтрационных сооружений и в районах - с суровым климатом, особенно при наличии в водоносном пласте большой регулирующей емкости.

Наибольшее применение в СИП получили инфильтрационные бассейны, реже - каналы.

В качестве открытых инфильтрационных сооружений могут также использоваться естественные и искусственные понижения рельефа (овраги, балки, староречья, высохшие озера, карьеры, пруды), а также русла временных и постоянных водотоков, которые расчищаются,

перегораживаются валами, земляными перемычками или каменными набросками.

При проектировании открытых инфильтрационных сооружений решаются следующие основные задачи:

- а) выбор типа инфильтрационных сооружений;
- б) назначение их габаритов и конструкций;

- в) установление режима эксплуатации;
- г) прогноз производительности отдельных инфильтрационных сооружений;
- д) определение способа регенерации сооружений и соответствующих технических средств.

Инфильтрационные бассейны имеют, как правило, прямоугольную форму в плане и трапецидальное (реже прямоугольное) поперечное и продольное сечения.

На крупных установках искусственного пополнения применяются бассейны шириной по дну 15-30 м, длиной 200-400 м. Глубина бассейна обычно не превышает 3-4 м (чаще до 2,5 м). При наличии слабопроницаемых покровных отложений днища бассейнов должны врезаться в хорошо фильтрующие породы на глубину не менее 0,5 м. Общая глубина бассейна от днища до верха откоса должна превышать глубину его наполнения не менее чем на 0,5 м.

Заложение откосов бассейнов принимается в пределах от 1 :1 до 1 :3,5. Один из торцевых откосов бассейна может быть более пологим, чем остальные. Заложение его определяется возможностью съездов и въездов машин и механизмов, используемых для чистки бассейна. Иногда съезды и въезды предусматриваются на продольных откосах бассейна.

Инфильтрационные бассейны могут устраиваться:

- а) без загрузки дна (рис. 37.3,а);
- б) с песчаной загрузкой дна (рис.37.3,б);
- в) с гравийной загрузкой дна (рис.37.3,в);
- г) с укладкой под днищем бассейна дренажных труб и последующей обсыпки слоями гравия и песка (рис. 37.3,г).

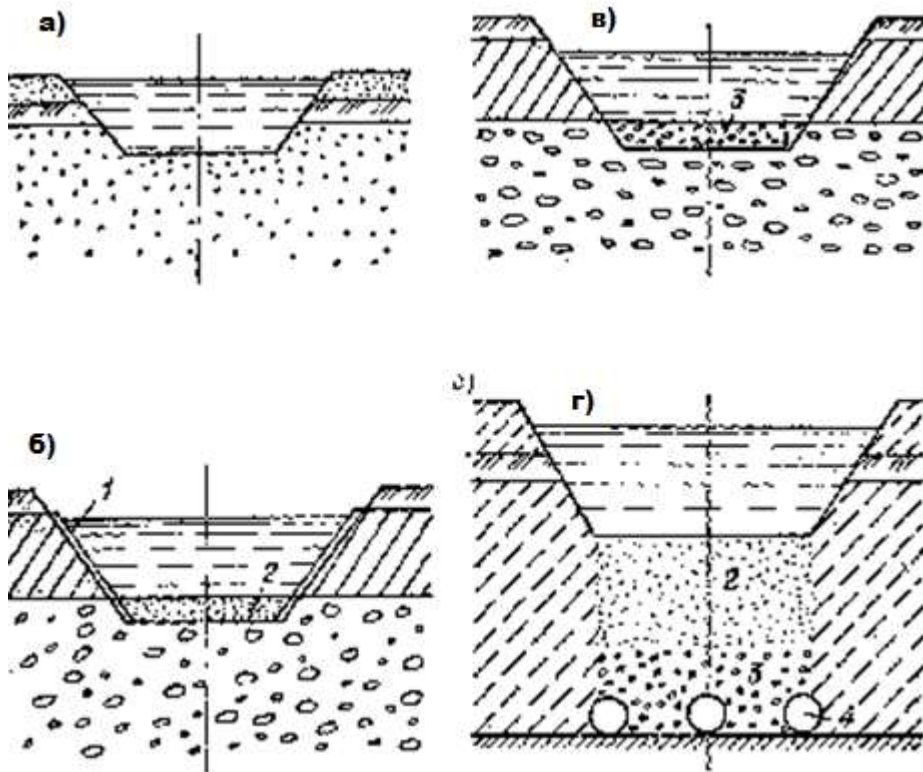


Рисунок 37.3. Схемы инфильтрационных бассейнов.

а - без загрузки дна; б - с песчаной загрузкой дна; в - с гравийной загрузкой; г - с дренами под днищем бассейна; 1 - крепление; 2 - песчаная загрузка; 3 - гравийная загрузка; 4 - дренажи.

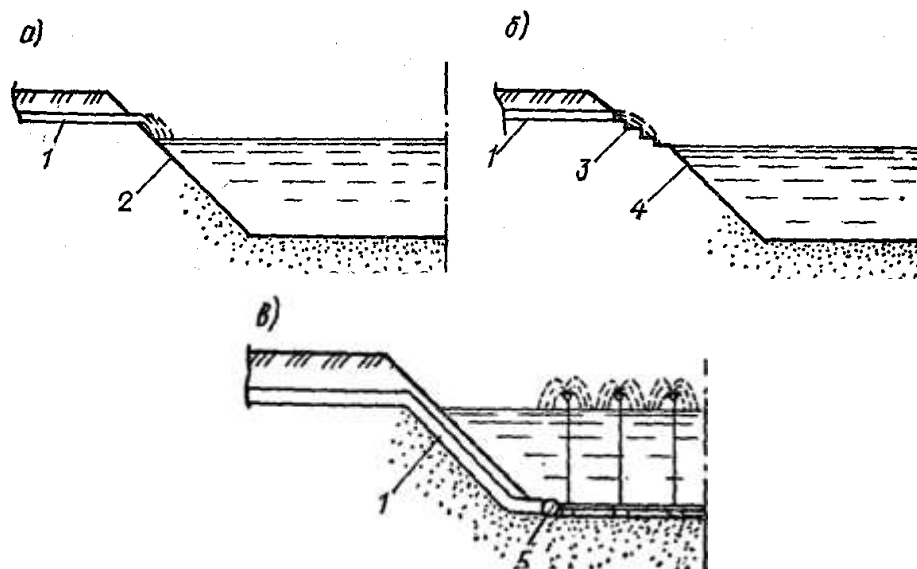


Рисунок 37.4. Типовые схемы подачи воды на инфильтрацию.

Песчаная и гравийная загрузка дна предусматривается при устройстве бассейнов в гравийно-галечниковых отложениях. Толщина загрузки составляет 0,5-0,8 м. Крупность зерен песчаной загрузки 0,5-2 мм, гравийной 3-8 мм.

Подача воды в Инфильтрационные бассейны может производиться с помощью (рис. 5):

а) одного или двух водовыпусков, размещенных в середине продольного откоса бассейна или в его торцевых откосах (рис.37.4, а);

б) аэрационных каскадов, устраиваемых на одном или обоих продольных откосах бассейна (рис.37.4, б);

в) разбрызгивающих сопел (рис.37.4, в).

38. Проектирование и устройство зон санитарной охраны водозаборных сооружений подземных вод.

[#ТеоретическийРаздел](#)

Согласно постановлению Центрального Исполнительного Комитета (ЦИК) и Совета Народных Комиссаров (СНК) Союза Советских Социалистических Республик (СССР) от 17 мая 1937 года в целях предотвращения загрязнения воды в окрестностях водозабора подземных вод установлены три пояса санитарной охраны.

В настоящее время зоны санитарной охраны проектируются в соответствии с Санитарными правилами и нормами СанПиН 10-113 РБ 99 ПИТЬЕВАЯ ВОДА И ВОДОСНАБЖЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения.

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 под-

земных вод.

Граница второго пояса.

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 (T_m). При определении границ второго пояса T_m принимается по таблице 38.1.

Граница третьего пояса.

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 расчетного T_x .

T_x принимается как срок эксплуатации водозабора (обычный срок эксплуатации водозабора - 25—50 лет).

Если запасы подземных вод обеспечивают неограниченный срок эксплуатации водозабора, третий пояс должен обеспечить соответственно более длительное сохранение качества подземных вод.

Расчет зон санитарной охраны достаточно сложен, целесообразно выполнять его на ЭВМ, например по программе «Zone».

Таблица 38.1

Время T_m расчета границ 2-го пояса ЗСО

Гидрогеологические условия	T_m (в сутках)	
	В пределах I и II климатических районов	В пределах III климатического района
1. Недостаточно защищенные подземные воды (грунтовые воды, а также напорные и безнапорные межпластовые воды, имеющие непосредственную гидравлическую связь с открытым водоемом)	400	400
2. Защищенные подземные воды (напорные и безнапорные межпластовые воды, не имеющие непосредственной гидравлической связи с открытым водоемом)	200	100

*Территория РБ в соответствии с СНБ 2.04.02 «Строительная климатология» – 2000 отнесена ко II климатическому району.

38.1. Расчет зон санитарной охраны из подземных источников по программе «ZONE»

Чтобы примеры выполнялись, необходимо с помощью программы «Zone» указать имена и путь выходных файлов применительно к Вашей конфигурации или развернуть архив в **C:\ZONE**.

Работа с программой начинается после запуска выполняемого файла **zone.exe**. В результате на экране появляется главная форма программы (рис. 3).

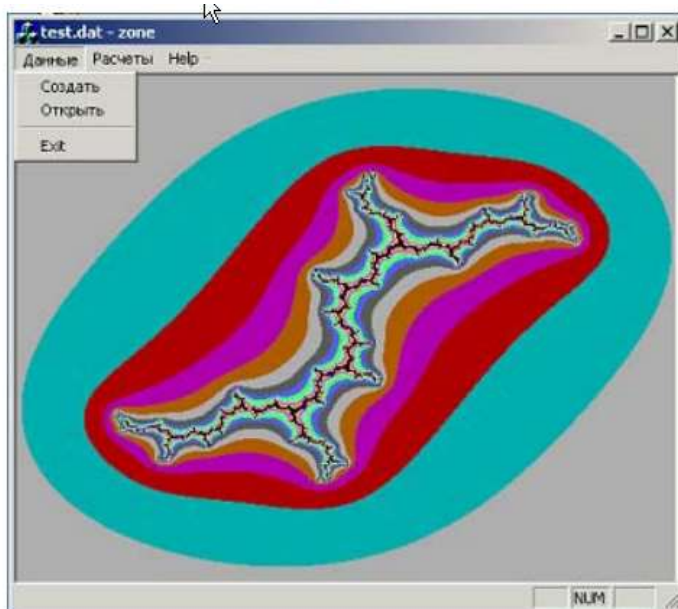


Рис. 3. Главная форма программы ZONE

3. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ

Подготовка данных производится нажатием кнопки 'Данные' на главной форме (рис. 3). Далее можно:

1. создать новый файл данных;
2. открыть или отредактировать существующий файл (расширение *.txt);
3. завершить выполнение программы.

В первых двух случаях на экране появляется следующая форма (рис. 4):

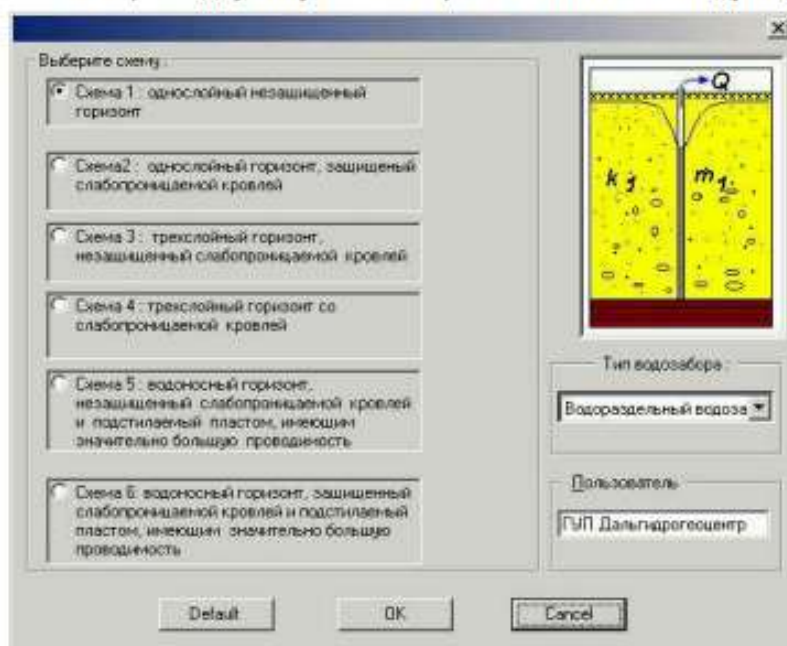


Рис. 4. ФОРМА ДЛЯ ВЫБОРА СХЕМЫ ФИЛЬТРАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Эта форма позволяет выбрать или откорректировать схему фильтрации подземных вод и тип водозабора. После выбора схемы нажатие кнопки 'ОК' позволяет перейти к следующей форме (рис. 5).

Рис. 5. ФОРМА ДЛЯ ЗАДАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОЛИЧЕСТВА СКВАЖИН

Форма, представленная на рис. 5, позволяет задать:

1. α – угол между направлением бытового потока и осью 'X' (см. рис. 1) измеряемый в градусах;
2. величину градиента бытового потока $i = \frac{(h_2 - h_1)}{L}$;
3. время движения частиц от границы второго пояса до водозаборных скважин T_2 ;
4. время движения частиц от границы третьего пояса до водозаборных скважин T_3 ;
5. размеры области отображаемой на экране;
6. координаты отрезка аппроксимирующего русло водоема;
7. общее количество водозаборных скважин.

Примечания:

- 1) Размеры области (пункт 4) трудно угадать заранее. Их можно уточнить после предварительных расчетов ЗСО
- 2) координаты отрезка (пункт 6) задаются только для береговых водозаборов.

Нажатие кнопки 'ОК' позволяет перейти к форме для задания фильтрационных параметров (рис 6).

Рис. 6. ФОРМА ДЛЯ ЗАДАНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

На этом этапе производится ввод фильтрационных параметров:

- 1) коэффициента фильтрации основного водоносного горизонта, $k1$;
- 2) мощности основного водоносного горизонта, $m1$;
- 3) эффективной пористости основного водоносного горизонта, $n1$;
- 4) коэффициента фильтрации слабопроницаемых отложений, экранирующих основной водоносный горизонт, kx ;
- 5) мощности слабопроницаемых отложений, экранирующих основной водоносный горизонт, mx ;
- 6) эффективной пористости слабопроницаемых отложений, экранирующих основной водоносный горизонт nx ;
- 7) коэффициента фильтрации питающего водоносного горизонта, $k2$;
- 8) мощности питающего водоносного горизонта, $m2$;
- 9) коэффициента фильтрации слабопроницаемых отложений, отделяющих основной водоносный горизонт от питающего, $kб$;
- 10) мощности слабопроницаемых отложений, отделяющих основной водоносный горизонт от питающего, $mб$.

Примечания:

- 1). Под основным водоносным горизонтом подразумевается тот, для водозаборных скважин которого, производится обоснование ЗСО.
- 2). Пункты 1-3 активны для всех схем. Остальные пункты активны при выборе соответствующих им схем.

Нажатие кнопки 'ОК' позволяет перейти к форме для задания скважин (рис. 7).

Информация об отключающих скважинах

Well 1 | Well 2

Координаты скважины

Xw, [m]: 346.546 Yw, [m]: 1329.3

Расход, [м³/сут.]: -100 +/-

Cancel

Default

OK

Имя выходного графического файла в формате dxf

Имя файла: C:\Zone\khab\output2.dxf

Browse...

Рис. 7. Форма для задания скважин

Нажатие кнопки 'OK' позволяет записать подготовленный файл данных в формате *.txt. На этом этапе подготовка данных заканчивается.

4. РАСЧЕТЫ ЗСО

Нажатие кнопок 'Расчеты' '>' 'Зоны санитарной охраны' на основной форме (рис. 3) приводит к запуску формы для открытия ранее подготовленных данных.



Рис. 8. Форма для открытия входных данных и завершения расчетов

Вместе с программой поставляются примеры:

- 1). *Input/test* расчеты ЗСО для одиночного берегового в изолированном пласте;
- 2). *Input/test1* расчеты ЗСО для одиночного берегового в пласте с перетеканием;
- 3). *Input/object* расчеты ЗСО для группы водозаборных скважин, пробуренных в изолированном водоносном горизонте

Если открыть файл *Input/object/object.txt*, на экране появляются водозаборные скважины (рис. 9).

На форме, представленной на рис. 9, первоначально активной является скважина с номером 1. Если расчеты ЗСО производятся для другой скважины, то ее можно выбрать щелчком левой кнопки мыши. На рис. 9 показано, что активной является скважина номер 12. Она выделена черным цветом. Если расчетных скважин несколько, то в процессе вычислений в произвольном порядке производится выбор всех скважин.

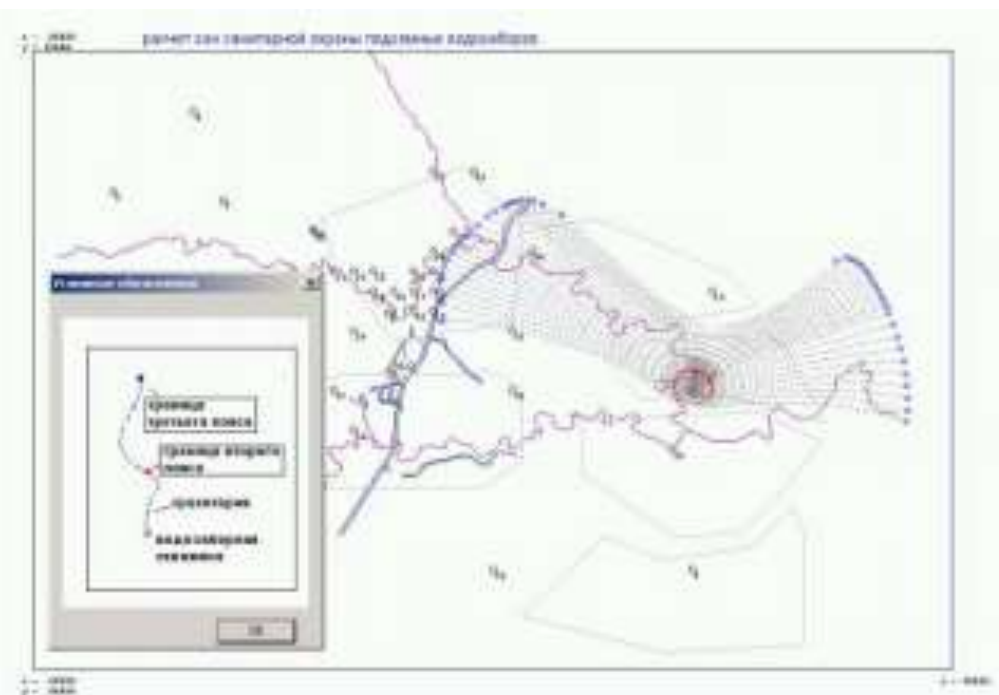


Рис. 11. Результаты расчетов

5. ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ

В результате расчетов формируется выходной файл в формате 'dxf' с траекториями и отметками на них, соответствующих второму и третьему поясам ЗСО. Имя выходного файла и путь к нему, ранее установлены при подготовке данных (см. форму, представленную на рис. 7)

Отметки на траекториях имеют следующий смысл:

- 1). красный кружок – граница второго пояса,
- 2). синий кружок – граница третьего пояса.

Для окончательного представления результатов в графических документах проекта файл 'dxf' может быть импортирован в большинство из известных ГИС. Далее по отметкам границ второго и третьего поясов необходимо провести линии соответствующие этим границам. На рис. 12 показано проведение границы второго пояса в ГИС Mapinfo.

2 Практический раздел

[#СтруктураЭУМК](#)

Министерство образования Республики Беларусь.
Учреждение образования "Брестский Государственный технический университет"
Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Водозаборные сооружения»

для студентов специальности 70 04 03 – водоснабжение, водоотведение и
охрана водных ресурсов
специализации 70 04 03 01 – системы водоснабжения и водоотведения для
дневной, заочной и сокращенной формы обучения

Брест 2016

УДК 628.5.543

Методические указания по дисциплине «Водозаборные сооружения» составлены для студентов специальности 70 04 03 – водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов, специализаций: 70 04 03 01 – системы водоснабжения и водоотведения. Настоящие указания содержат сведения по расчету и проектированию водозаборных сооружений из поверхностных и подземных источников водоснабжения, необходимый справочный материал, список рекомендуемой литературы.

Составители: профессор кафедры ВВиОВР Б.Н.Житенёв;
зав.каф. НГиИГ, м.т.н. Н.С. Винник;
ассистент кафедры ВВиОВР Е.С.Рыбак;
ассистент кафедры ВВиОВР Е.В. Сук

Рецензенты:

заместитель директора государственного предприятия КПУП «Брестводоканал» В.А.Вавринюк;

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой ТГВ УО БрГТУ В.Г.Новосельцев

©Учреждение образования «Брестский Государственный технический университет»

Содержание

- Введение
- 1 Объем и состав курсового проекта. Исходные данные.
- 2 Проектирование речного водозаборного сооружения.
 - 2.1 Выбор места расположения и типа речного водозаборного сооружения
 - 2.2 Разработка конструкций водозаборных сооружений и компоновка основного оборудования
 - 2.3 Гидравлический расчет сооружений водозабора
 - 2.3.1 Конструирование оголовка и расчет входных отверстий
 - 2.3.2 Расчет самотечных линий
 - 2.3.2.1 Потери напора в самотечных линиях при УНВ (работа в межень)
 - 2.3.2.2 Потери напора при аварийной работе водозабора в период отключения одной линии при УНВ
 - 2.3.2.3 Потери напора при пропуске расчетного расхода водозабора по одной линии в паводок (при УВВ)
 - 2.3.2.4 Промывка самотечных труб
 - 2.3.3 Проектирование сородерживающих решеток
 - 2.3.4 Определение размеров берегового колодца в плане при «сухой» установке насосов
 - 2.3.5 Определение уровней воды в береговом колодце
 - 2.4 Определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема
 - 2.4.1 Определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема в водозаборах раздельного типа
 - 2.4.2 Определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема в водозаборах совмещенного типа
 - 2.4.3 Определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема при мокрой установке насосов
 - 2.4.3.1 Определение размеров берегового колодца в плане при «мокрой» установке насосов
- 3 Проектирование водозаборного сооружения из подземного источника водоснабжения
 - 3.1 Требования предъявляемые к качеству воды в источниках водоснабжения, выбор места расположения водозабора и размещение сооружений.
 - 3.2 Расчет водозабора из подземного источника водоснабжения, оборудованного фильтраемыми совершенными скважинами, забирающими воду из напорного пласта.
 - 3.2.1 Расчет дебита одиночной скважины. в конкретных гидрологических условиях (согласно заданию);
 - 3.2.2 Подбор и расчет фильтров
 - 3.2.3 Определение понижения уровней в скважинах.

- 3.2.4 Расчет основных параметров насосного оборудования и подбор насосов
- 3.2.5 Разработка схемы установки насосов в скважинах.
- 3.3. Мероприятия по санитарной охране водозабора из подземных источников
 - 3.3.1 Границы первого пояса
 - 3.3.2 Границы второго пояса
 - 3.3.3 Границы третьего пояса
- 4 Пример. Расчет водозабора из подземного источника водоснабжения, оборудованного совершенными скважинами из напорного пласта.
Литература

Введение

Водозаборные сооружения – являются одним из ответственных элементов системы водоснабжения. Они должны обеспечивать бесперебойный отбор воды в нужном потребителю количестве. Надежность системы водоснабжения в значительной степени зависит от работы водозаборных сооружений, качественный уровень которой обеспечивается правильными проектными решениями в соответствии с действующими техническими нормами и правилами.

В Республике Беларусь имеются достаточные запасы водных ресурсов. Основные потребности на технологические нужды промышленности должны удовлетворяться за счет поверхностных источников. Подземные высококачественные воды следует использовать для питьевого водоснабжения населения.

1. Объем и состав курсового проекта, исходные данные

Курсовой проект выполняется на тему "Водозаборные сооружения". Предусматривается проектирование водозаборных сооружений из поверхностного и подземного источников водоснабжения.

Вода из поверхностного источника (водотока) используется для технологических нужд одного или нескольких предприятий. К проектированию следует принимать водозаборы руслового или берегового типа, совмещенные, раздельные или с погружными насосами (в соответствии с заданием, выдаваемым руководителем проекта).

При этом следует решить следующие вопросы:

- выбор места расположения и типа поверхностного водозабора;
- разработка конструкций водозаборных сооружений и компоновка основного оборудования;
- гидравлический расчет сооружений водозабора;
- конструирование оголовка и расчет входных отверстий;
- расчет самотечных линий;
- расчет потерь напора в самотечных линиях при УНВ (работа в межень);
- расчет потерь напора при аварийной работе водозабора в период отключения одной линии при УНВ;
- расчет потерь напора при пропуске расчетного расхода водозабора по одной линии в паводок (при УВВ);

- промывка самотечных труб;
- проектирование сороудерживающих решеток;
- определение размеров берегового колодца в плане при «сухой» установке насосов;
- определение уровней воды в береговом колодце;
- определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема;
- определение размеров берегового колодца в плане при «мокрой» установке насосов.

Графическая часть работы состоит из одного листа формата А1 или двух листов формата А2 и включает:

Поверхностный источник:

- ситуационный план с нанесением водозаборных сооружений;
- план и разрез берегового колодца (см. образец);

Вода из подземного источника используется на питьевые нужды, производственные нужды промышленных предприятий для которых требуется вода питьевого качества, а также обеспечения пожаротушения в объединенных системах водоснабжения населенного пункта.

При проектировании водозаборных сооружений из подземного источника следует решить следующие вопросы:

- Выбор места расположения водозабора и размещение сооружений;
- Расчет водозабора из подземного источника водоснабжения, оборудованного фильтрами совершенными скважинами, забирающими воду из напорного пласта;
- Подбор и расчет фильтров;
- Определение понижения уровня воды в центральной скважине;
- Подбор насосного оборудования;

Графическая часть водозабора подземных вод включает:

- Геологический разрез в месте размещения водозабора, $M_{\text{верт.}} = 1:500$ или $1:1000$;
- План, два разреза павильона (камеры) над скважиной $M 1:100$;
- Аксонометрическая схема трубопроводов одной скважины;
- Генплан сооружений 1-го подъема;
- Ситуационный план с нанесением границ первой и второй зон санитарной охраны;
- Схема установки насоса в скважине, $M 1:100$;
- Основные показатели по водозаборной скважине.

Пояснительная записка и графическая часть курсового проекта должны быть оформлены в соответствии со стандартом института СТ БГТУ – 01 – 2002.

[#ПрактическийРаздел](#)

2 Проектирование речного водозаборного сооружения

2.1 Выбор места расположения и типа речного водозаборного сооружения

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 и органов рыбоохраны;
- условия строительства сооружений, последующей эксплуатации их и перспективы водохозяйственных мероприятий на данном водоисточнике;
- экономическую целесообразность принятых решений.

2.2 Разработка конструкции водозаборных сооружений и

компоновка основного оборудования

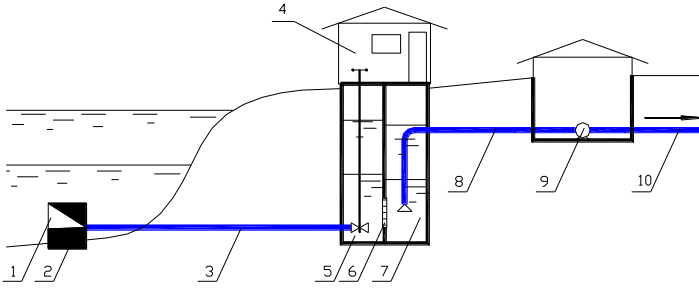
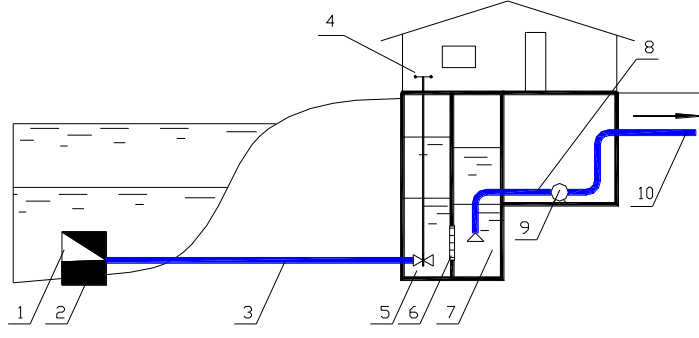
В соответствии с заданием на проектирование следует выполнить проект речного водозаборного сооружения. Тип водозабора (раздельный, совмещенный, с погружным насосом) принимается в соответствии с указаниями руководителя проекта по таблице 1.

В общем случае водозабор из поверхностных источников должен состоять из:

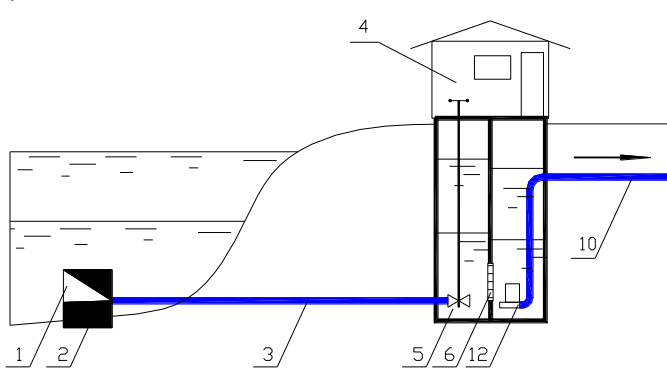
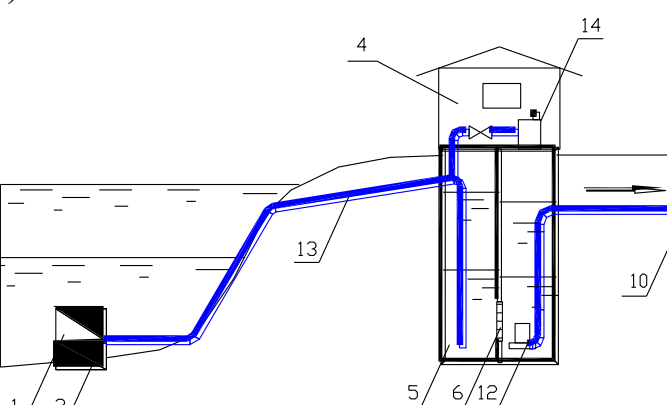
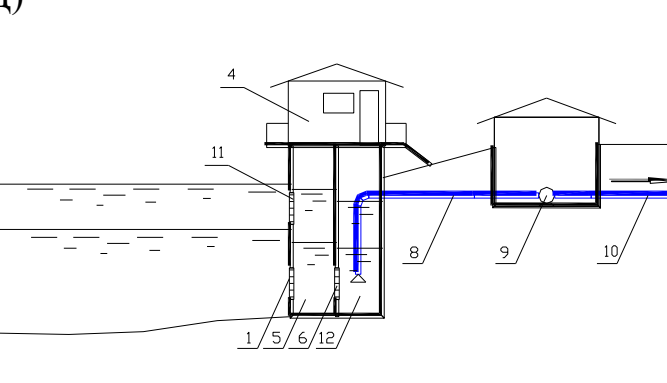
- водоприемника;
- водоводов (самотечных или сифонных);
- водоприемного колодца;
- насосной станции;
- оборудования и арматуры.

[#ПрактическийРаздел](#)

Таблица 2.1. Схемы водозаборных сооружений из поверхностных источников

Схема водозаборного сооружения	Тип водозаборного сооружения	Область применения
1	2 -	3
<p>А)</p> 	<p>Русловой водозабор разделного типа с самотечными линиями</p>	<p>Пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма. Насосная станция первого подъема отнесена на возвышенное место для предотвращения затопления.</p>
<p>Б)</p> 	<p>Русловой водозабор совмещенного типа с самотечными линиями</p>	<p>Пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма, хорошо изученные гидрологические характеристики водотока.</p>

Продолжение таблицы 2.1.

1	2	3
<p>В)</p> 	<p>Русловой водозабор с гружными насосами</p>	<p>Пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма. Не требует строительства здания насосной станции первого подъема.</p>
<p>Г)</p> 	<p>Русловой водозабор с си-фонными линиями</p>	<p>Пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая высокозатопляемая пойма, тяжелые условия прокладки самотечных линий.</p>
<p>Д)</p> 	<p>Береговой водозабор раздельного типа</p>	<p>Высокий крутой берег, наличие достаточных глубин у берега, амплитуда колебания уровней воды до 10 м, небольшая производительность, насосы с высотой всасывания более 3...4 м</p>

<p>Е)</p>	<p>Береговой водозабор совмещенного типа с заглубленной насосной станцией первого</p>	<p>Достаточная глубина у берега, небольшая амплитуда колебания уровней воды, насосы с высотой всасывания менее 3...4 м</p>
<p>Ж)</p>	<p>Береговой водозабор с погружными насосами</p>	<p>Высокий крутой берег, наличие достаточных глубин у берега, амплитуда колебания уровней воды любая,</p>
<p>З)</p>	<p>Комбинированный водозабор с самотечными линиями и водопримемными отверстиями в</p>	<p>Большая амплитуда колебания уровней воды, пологий берег, широкая пойма.</p>

Примечание. 1 – водопримемные отверстия с сороудерживающими решетками; 2 – оголовок; 3 – самотечная линия; 4 – береговой колодец; 5 –

водоприемная камера берегового колодца; 6 – сетка; 7 – всасывающая камера берегового колодца; 8 – всасывающие трубопроводы насосов первого подъема; 9 – насосы первого подъема; 10 – водоводы первого подъема; 11 – верхние водоприемные отверстия; 12 – погружные насосы первого подъема; 13 – сифонные линии; 14 – вакуумные насосы для «зарядки» сифона.

2.3 Гидравлический расчет сооружений водозабора

2.3.1 Конструирование оголовка и расчет входных отверстий

В состав руслового водозабора входят: оголовок, самотечные линии и береговой колодец. В курсовом проекте следует принять оголовок незащищенного типа, так как река несудоходная и не используется для лесосплава. Выбор месторасположения водоприемника существенно влияет на инвестиции при строительстве так, как чем дальше отнесен водоприемник в русло реки тем длиннее самотечная или сифонная линия, а это существенно удорожает строительство, поэтому стремятся расположить водоприемник в таком месте при котором длина самотечной линии будет минимальна. Согласно ТКП 45-4.01-30-2009 (02250) «Водозаборные сооружения» верх оголовка должен размещаться ниже кромки льда на расстоянии не менее чем 0,2 м, а низ входных отверстий должен быть выше дна водоема не менее чем на 0,5 м. Для правильного выбора места расположения водоприемника необходимо выполнить расчет высоты решетки которой перекрывается входное отверстие. (рис.1).

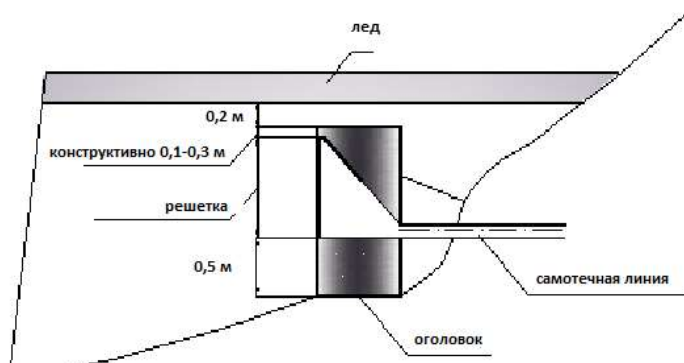


Рис 1. Схема к определению месторасположения оголовка в русле водотока

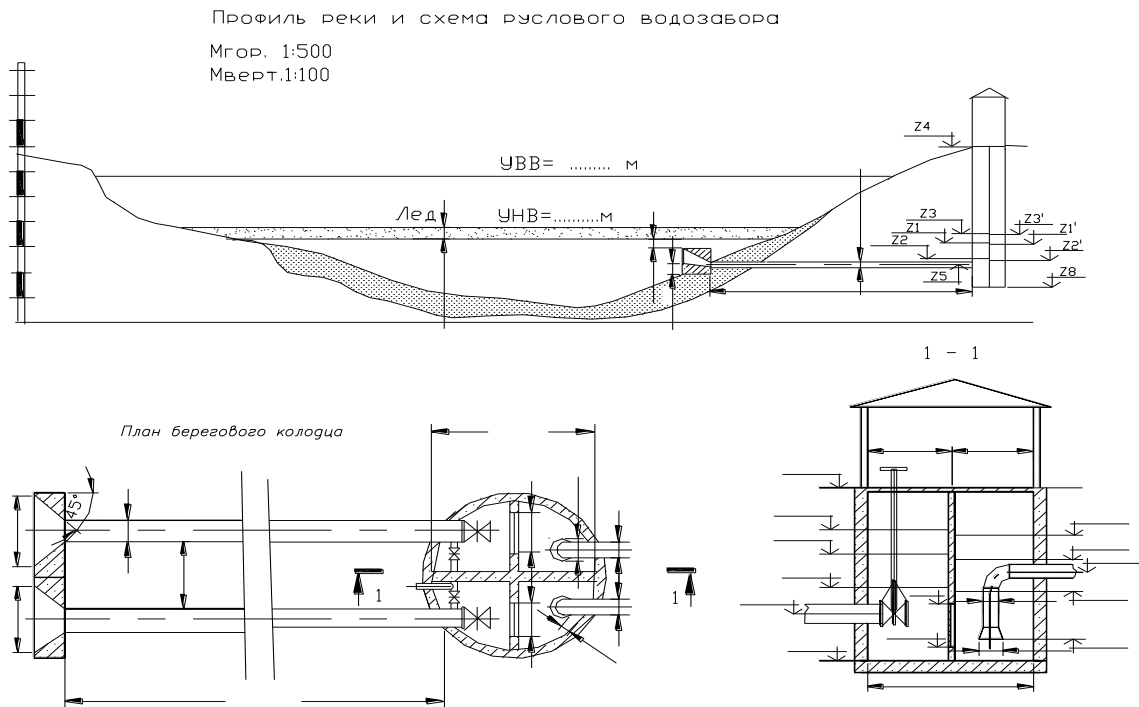


Рис. 2. Профиль реки и схема руслового водозабора

Решетки обычно представляют собой металлическую раму, сваренную из угловой стали или швеллера с металлическими стержнями из полосовой или круглой стали.

Для борьбы с обмерзанием решеток применяют покрытие стержней решеток гидрофобными материалами (каучуком, эбонитом, резиной) либо применяют обогрев ее элементов.

Размеры водоприемных отверстий следует определять по средней скорости втекания воды в отверстия (в свету) сороудерживающих решеток

Допустимая скорость втекания воды в водоприемные отверстия береговых незатопляемых водоприемников, без учета требований рыбозащиты, не должна превышать, м/с:

- 0,6 — для средних условий забора воды;
- 0,2 — для тяжелых условий забора воды.

Для затопленных водоприемников:

- 0,3 — для средних условий забора воды;
- 0,1 — для тяжелых условий забора воды.

Определение площади водоприемного отверстия (брутто) одной секции $F_{бр}$, m^2 , следует производить из условия одновременной работы всех секций водозабора (кроме резервных) по формуле

$$F_{бр} = 1.25 \cdot \frac{q_{расч}}{v_{вх}} \cdot K, м$$

где 1.25 – коэффициент, учитывающий засорение отверстий;
 $q_{расч}$ – расчетный расход одной секции, одного трубопровода, m^3/c ;

$$q_{расч} = \frac{a \cdot Q_{max\ сут}}{3600 \cdot T_1 \cdot n}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где α – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды водопровода, принимаем $\alpha = 1,09 \dots 1,1$;

$Q_{max\ сут}$ – максимальный суточный расход, $\text{м}^3/\text{сут}$;

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

n – число секций, трубопроводов;

$V_{вх}$ – скорость входа воды в водоприемные отверстия, рекомендуется $V_{вх} = 0,1 \dots 0,3$ $\text{м}/\text{с}$;

K – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решеток;

$$K = (a + c) / a$$

где a – расстояние между стержнями в свету, мм ($a = 30 \dots 50$ мм);

c – толщина стержней, мм ($c = 6 \dots 12$ мм)

По полученной площади $F_{бр}$ (по табл. 2) принимают стандартную решетку, представляющую собой металлическую раму (из уголков и швеллеров) с металлическими вертикальными стержнями.

Таблица 2.2

Съемные сороудерживающие решетки

Размер водоприемного	400x60 0	600x80 0	800x100 0	1000x120 0	1200x140 0	1260x200 0	1250x250 0
Площадь водоприемного отверстия $F_{табл\ бр}$, м^2	0,24	0,48	0,8	1,2	1,68	2,52	3,125
Размер решетки, $\text{мм} \times \text{Н}$	500x70 0	700x90 0	930x113 0	1100x132 0	1300x152 0	1424x220 0	1424x270 0
Масса решетки, кг	20	33	52	90	120	253	300

Размеры входных отверстий принимаются по стандартным размерам решеток (табл. 2.2). Принятые решетки проверяются на скорость движения воды на случай отключения при аварии одной линии самотечных труб, приняв расход по одной линии $0,7q_{расч.водоз}$, $\text{м}^3/\text{с}$, ($q_{расч.водоз} = 2 \cdot q_{расч.}$, $\text{м}^3/\text{с}$).

$$V_{вх} = \frac{1,25 \cdot 0,7 \cdot q_{расч.водоз} \cdot K}{F_{бр}^{табл}}, \text{ м}/\text{с}$$

Полученное значение V_{ex} должно быть не более 0,3 м/с для средних условий и 0,1 м/с для тяжелых условий забора воды.

Размеры оголовка принимаются в соответствии с рис.3 и 4.

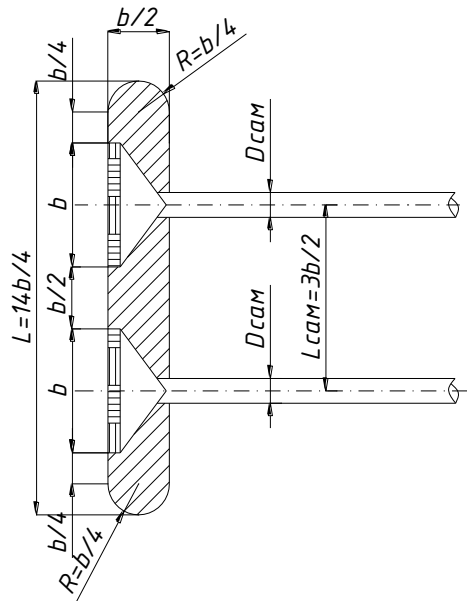


Рис. 3 Оголовок, вид сверху.
 b -ширина водоприемного отверстия (табл.2); L -длина оголовка; $D_{сам}$ - диаметр самотечной линии(см. п.2.3.2.); $L_{сам}$ - расстояние между самотечными линиями.

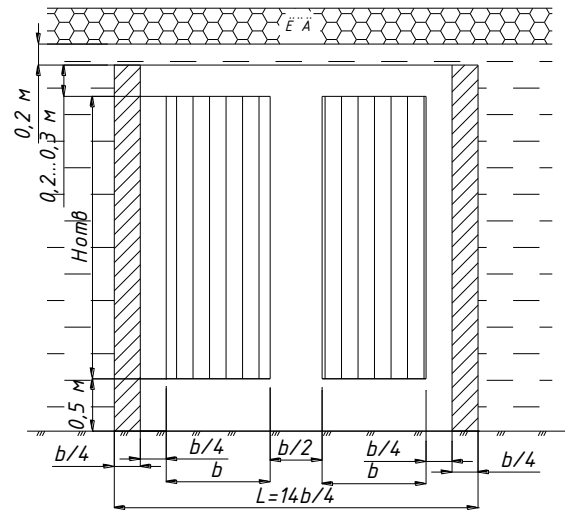


Рис. 4 Оголовок, вид со стороны водоприемных отверстий.
 $H_{отв}$ - высота водоприемного отверстия (табл.2).

[#ПрактическийРаздел](#)

Пример расчета:

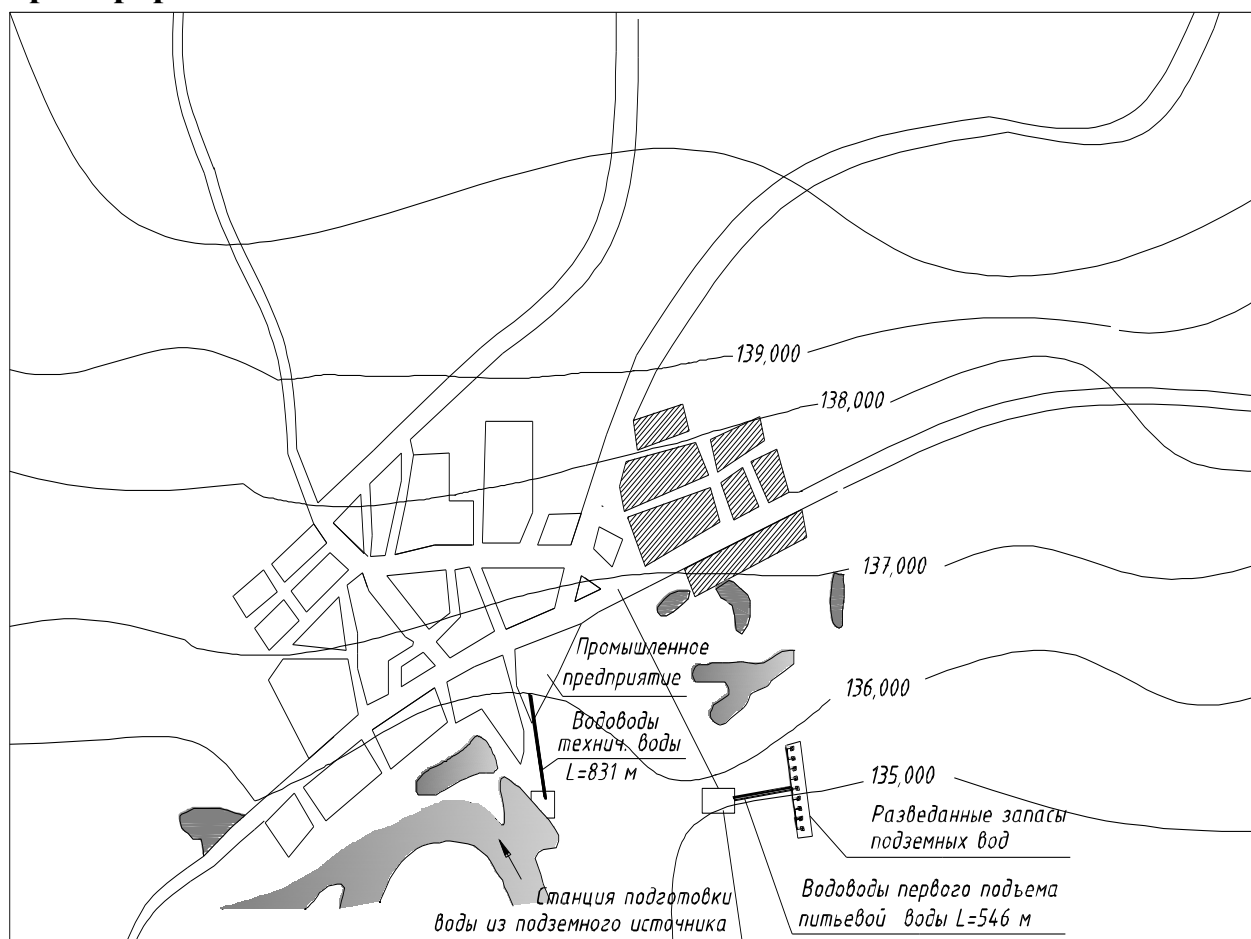


Рис. 5. Ситуационный план водозаборных сооружений из поверхностного и подземного источников водоснабжения

Исходные данные

Проектирование водозаборного сооружения из поверхностного источника водоснабжения.

Запроектировать водозабор технической воды с погружными насосами для водоснабжения промышленного предприятия.

Максимальное суточное водопотребление технической воды - $7384 \text{ м}^3/\text{сут}$;

Относительная отметка «0» соответствует абсолютной – 106 м;

Отметка уровня нижних вод (УНВ) - 109,6 м;

Отметка уровня верхних вод (УВВ) – 110,9 м;

Диаметр вымываемых частиц – 0,1 мм;

Длина водоводов первого подъема – 831 м

Отметка земли у берегового колодца – 111,9 м.

Отметка земли у станции водоподготовки – 136,0 м.

Профиль водотока в месте строительства – рис 2.

Из профиля реки в месте водозаборного сооружения видно, что берега пологие, сложенные слабыми грунтами, поэтому к проектированию принимается водозабор руслового типа с погружными насосами. [#ПрактическийРаздел](#)

Пример 1. Конструирование оголовка и расчет входных отверстий.

Проектируемый водозабор относится к первой категории надежности, поэтому

предусматривается две секции.

расчетный расход одной секции, одной самотечной линии:

$$q_{расч} = \frac{a \cdot Q_{\max см}}{T_1 \cdot n} = \frac{1,1 \cdot 7384}{3600 \cdot 24 \cdot 2} = 0,047 м^3 / с$$

Водоприемное отверстие перекрывается решеткой со стержнями толщиной $c=6$ мм и расстоянием между стержнями в свету $a=30$ мм;

коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решетки

$$K = (a+c)/a = (30+6)/30 = 1,2$$

Площадь водоприемного отверстия (брутто) одной секции $F_{бр}$:

$$F_{бр} = 1,25 \cdot \frac{q_{расч}}{v_{вх}} \cdot K = 1,25 \cdot \frac{0,047}{0,1} \cdot 1,2 = 0,7 м^2,$$

По таблице 1 принимаем стандартную решетку, площадью $0,8 м^2$ с размером водоприемного отверстия 800×1000 мм, габаритным размером решетки 930×1130 мм. Принятые решетки проверяются на скорость движения воды на случай отключения при аварии одной линии самотечных труб:

$$V_{вх} = \frac{1,25 \cdot 0,7 \cdot 0,047 \cdot 1,2}{0,8} = 0,062 м/с < 0,3 м/с$$

Высота оголовка составит:

$$h_{огол} = 0,5 + 1,00 + 0,15 = 1,65 м,$$

Где

0,5 м - минимальное расстояние между низом входных отверстий и дном водоема;

1,00 м – высота водоприемного отверстия;

0,15 м – толщина верхней части оголовка принята конструктивно.

Учитывая, что верх оголовка должен размещаться ниже кромки льда на расстоянии не менее чем 0,2 м, оголовок следует разместить в месте водотока, в котором расстояние от дна до кромки льда составляет:

$$h = 1,65 + 0,2 = 1,85 м$$

Длина самотечных линий от оголовка до берегового колодца в соответствии с профилем составляет 35 м.

2.3.2 Расчет самотечных линий

Береговой колодец следует размещать на берегу в месте, где отметка земли на 1 м (см. рис.2) превышает отметку верхнего уровня воды в источнике. Для

водозаборов I и II категорий надежности принимается не менее двух секций т.е. двух самотечных линий, проложенных с обратным уклоном из стальных труб. Стальные трубы хорошо сопротивляются ударам плавающих предметов и не разрушаются при образовании под ними местных временных промоин. Допускается использование пластмассовых и железобетонных труб.

Расчет самотечной линии заключается в определении диаметра водовода и потерь напора в нем. Расчет диаметров водоводов следует производить по значениям допускаемых скоростей в условиях нормального режима работы водозабора. Скорость движения воды в самотечных и сифонных водоводах при нормальном режиме работы водозаборных сооружений следует принимать по таблице 2.3.

Сифонные водоводы допускается применять в водозаборах II и III категории. Применение сифонных водоводов в водозаборах I категории должно быть обосновано.

Таблица 2.3

Диаметр водоводов, мм	Скорость движения воды, м/с, в водозаборах категории	
	I	II и III
до 500	0,7–1,0	1,0–1,5
“ 500 “ 800	1,0–1,4	1,5–1,9
Св.800	1,5	2,0

Примечание — При возможном обрастании водоводов дрейсенной, балянусом, мидиями и т. д. расчет потерь в водоводе следует производить при значении коэффициента шероховатости, равном 0,02.

$$d = \sqrt{\frac{q_{расч}}{0,785 \cdot V_{расч}}}, \text{ м}$$

Принимается стандартный диаметр, округляя полученный по расчету в меньшую сторону, и проверяется скорость движения воды в трубе

$$V = \frac{q_{расч}}{F_{сам}}, \text{ м/с} > 0,7 \text{ м/с}$$

Пример 2. Расчет самотечных линий.

Для расчета принимается $v_{расч.} = 0,7$ м/с, тогда диаметр самотечных труб:

$$d = \sqrt{\frac{0,047}{0,785 \cdot 0,7}} = 0,292 \text{ м}$$

Принимается стандартный диаметр, округляя полученный по расчету в меньшую сторону, $d = 250 \text{ мм} = 0,25 \text{ м}$, скорость в трубе составит:

$$v_{\text{вх}} = \frac{0,047}{0,785 \cdot 0,25^2} = 0,96 \text{ м/с} > 0,7 \text{ м/с} \text{ условие выполняется}$$

2.3.2.1 Расчет потерь напора в самотечных линиях при УНВ (работа в межень).

Потери напора определяют как сумму потерь на местные сопротивления $\sum h_{\text{мест.}}$, поскольку при малой длине трубопровода (самотечных труб), они составляют значительную величину, и потери напора по длине:

$$\sum h_{\text{УНВ}} = \sum h_{\text{мест}} + h_{\text{дл}};$$

$$\sum h_{\text{мест}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4;$$

где h_1 – потери напора в решетке (на входе), принимают $h_1 = 0,1 \text{ м}$;
 h_2 – потери на вход;

$$h_2 = \zeta \frac{v^2}{2 \cdot g};$$

ζ – коэффициент гидравлического сопротивления при входе в рас-
 труб; $\zeta = 0,1$;

V – скорость движения воды, после сопротивления, м/с;

h_3 – потери напора в фасонных частях (тройнике) и арматуре (за-
 движке) на самотечных линиях ($\zeta_{\text{тр}} = 0,1$, $\zeta_{\text{зadv}} = 0,1$):

$$h_3 = \sum \zeta \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{(\zeta_{\text{тр}} + \zeta_{\text{зadv}})}{2 \cdot g} v^2, \text{ м}$$

h_4 – потери напора на выходе (на вход в колодец, $\zeta = 1$);

$$h_4 = \zeta \frac{v^2}{2 \cdot g},$$

$h_{\text{дл}}$ – потери напора по длине, определяют при работе двух линий
 самотечных труб;

$$h_{\text{дл}} = A \cdot K \cdot l \cdot q_{\text{расч}}^2, \text{ м}$$

где A – удельное сопротивление, $\text{с}^2/\text{м}^6$ (табл. 2.4);

K – поправочный коэффициент (табл. 2.5);

l – длина трубопровода, м., (определяется по профилю после
 назначения места расположения оголовка и берегового колодца);

$q_{\text{расч}}$ – расчетный расход через одну секцию, $\text{м}^3/\text{с}$.

[#ПрактическийРаздел](#)

Табл 2.4. Удельные сопротивления А для стальных труб

Условный проход d_y , мм	Наружный диаметр d_n , мм	Новые трубы при $v=1\text{ м/с}$	
		d_p , мм	A , $\text{с}^2/\text{м}^6$
100	108	102	224.249
125	133	126	74.326
150	159	152	27.884
200	219	211	5.023
250	273	265	1.527
300	325	315	0.6187
350	377	367	0.2784
400	426	414	0.1483
450	480	468	0.07816
500	530	518	0.04598
600	630	616	0.01859
700	720	704	0.009253
800	820	804	0.004622
900	920	900	0.002563
1000	1020	1000	0.001478

Табл 2.5. Поправочные коэффициенты К к значениям удельных сопротивлений А

V , м/с	К	V , м/с	К
0,2	1,244	1,4	0,972
0,3	1,163	1,5	0,968
0,4	1,113	1,6	0,965
0,5	1,081	1,7	0,961
0,6	1,057	1,8	0,958
0,7	1,039	1,9	0,954
0,8	1,021	2	0,951
0,9	1,011	2,2	0,946
1	1	2,4	0,941
1,1	0,993	2,6	0,937
1,2	0,986	2,8	0,934
1,3	0,979	3	0,932

Пример 3. Расчет потерь напора в самотечных линиях при УНВ (работа в межень).

$$\sum h_{УНВ} = \sum h_{мест} + h_{дл}, \text{ м}$$

$$\sum h_{мест} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \text{ м}$$

где h_1 – потери напора в решетке (на входе), принимают $h_1=0,1$ м;
 h_2 – потери на вход;

$$h_2 = \zeta \cdot \frac{v_{расч}^2}{2 \cdot g}, \text{ м,}$$

ζ – коэффициент гидравлического сопротивления при входе в рас-
 труб; $\zeta=0,1$;

$$h_2 = 0,1 \frac{0,96^2}{2 \cdot 9,81} = 0,005 \text{ м}$$

h_3 – потери напора в фасонных частях (тройнике) и арматуре (за-
 движке) на самотечных линиях;

$$h_3 = \sum \zeta \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{(\zeta_{тр} + \zeta_{зadv})}{2 \cdot g} v^2 = \frac{(0,1+0,1)}{2 \cdot 9,81} 0,96^2 = 0,009 \text{ м}$$

h_4 – потери напора на выходе (на вход в колодец, $\zeta=1$);

$$h_4 = \zeta \frac{v^2}{2 \cdot g} = 1 \cdot \frac{0,96^2}{2 \cdot 9,81} = 0,047 \text{ м}$$

$h_{дл}$ – потери напора по длине, определяют при работе двух линий

самотечных труб.

$$h_{\text{дл}} = A \cdot K \cdot l \cdot q_{\text{расч}}^2 = 1,527 \cdot 1,0 \cdot 35 \cdot 0,047^2 = 0,12 \text{ м},$$
$$\sum h_{\text{УНВ}} = 0,1 + 0,005 + 0,009 + 0,047 + 0,12 = 0,28 \text{ м}$$

2.3.2.2 Расчет потерь напора в самотечных линиях при аварийной работе водозабора в период отключения одной линии при УНВ

Согласно ТКП 45-4.01-30-2009 (02250) «Водозаборные сооружения» при аварийной работе должен быть подан расход не менее 70% расчетного расхода водозабора для всех трех категорий надежности:

$$Q_{\text{ав}} = 0,7 \cdot q_{\text{расч. водоз.}}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

При аварии работает одна самотечная линия, тогда скорость движения воды в ней при аварии составит:

$$V_{\text{ав}} = \frac{Q_{\text{ав}}}{F_{\text{сам}}}, \text{ м/с}$$

потери напора (см. п. 2.3.2.1):

$$\sum h_{\text{ав}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_{\text{дл}}, \text{ м}$$

Пример 4. Расчет потерь напора в самотечных линиях при аварийной работе водозабора в период отключения одной линии при УНВ

$$Q_{\text{ав}} = 0,7 \cdot 0,094 = 0,067 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$V_{\text{ав}} = \frac{0,067}{0,785 \cdot 0,25^2} = 1,37, \text{ м/с}$$

потери напора:

$$\sum h_{\text{ав}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_{\text{дл}};$$

$$h_1 = 0,1 \text{ м};$$

$$h_2 = 0,1 \frac{1,37^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0095 \text{ м};$$

$$h_3 = (0,1 + 0,1) \frac{1,37^2}{2 \cdot 9,81} = 0,019 \text{ м};$$

$$h_4 = 1 \frac{1,37^2}{2 \cdot 9,81} = 0,095 \text{ м};$$

$$h_{\text{дл}} = 1,527 \cdot 0,972 \cdot 35 \cdot 0,067^2 = 0,233 \text{ м};$$

$$\sum h_{\text{ав}} = 0,1 + 0,0095 + 0,019 + 0,095 + 0,233 = 0,46 \text{ м}.$$

2.3.2.3 Расчет потерь напора при пропуске расчетного расхода водозабора по одной линии в паводок (при УВВ).

Скорость в самотечной линии должна быть больше, чем скорость в реке $V_{\text{реки}}$ при УВВ, поэтому весь расход идет по одной линии (одна отключается).

[#ПрактическийРаздел](#)

$$V_{YBB} = \frac{q_{расч.водоз.}}{F}, \text{ м/с}$$

потери напора:

$$\sum h_{YBB} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_{ол}, \text{ м};$$

Пример 5. Расчет потерь напора при пропуске расчетного расхода водозабора по одной линии в паводок (при УВВ).

Скорость в самотечной линии

$$V_{YBB} = \frac{0,094}{0,785 \cdot 0,25^2} = 1,92, \text{ м/с}$$

Потери напора

$$h_1 = 0,1 \text{ м};$$

$$h_2 = 0,1 \frac{1,92^2}{2 \cdot 9,81} = 0,019 \text{ м};$$

$$h_3 = (0,1 + 0,1) \frac{1,92^2}{2 \cdot 9,81} = 0,038 \text{ м};$$

$$h_4 = 1 \frac{1,92^2}{2 \cdot 9,81} = 0,19 \text{ м};$$

$$h_{ол} = 1,527 \cdot 0,954 \cdot 35 \cdot 0,094^2 = 0,45 \text{ м};$$

$$\sum h_{YBB} = 0,1 + 0,019 + 0,038 + 0,19 + 0,45 = 0,68 \text{ м}.$$

2.3.3 Проектирование сороудерживающих сеток

Между приемным и всасывающим отделениями берегового колодца устанавливается сетка (плоская съемная, либо вращающаяся с автоматической промывкой), размеры которой определяются по скорости V_c прохода воды через ячейки в свету (принимают не более 0,4 м/с при отсутствии внешних рыбаградиентов):

$$F_{\sigma p} = 1,25 \frac{q_{расч.}}{V_c} K_c$$

Коэффициент, учитывающий стеснение входа воды стержнями сеток вычисляется по формуле

$$K_c = \left(\frac{a+c}{a} \right)^2,$$

где a – расстояние между проволоками сетки, (2...5 мм);

c – диаметр проволоки (1,0...1,5 мм);

По вычисленному значению $F_{\sigma p}$ и принимается стандартная сетка (табл.2.6), скорость входа $V_{вх}$ проверяется с новой площадью подобранной сетки, она должна быть не более 0,4 м/с.

$$V_{ax} = \frac{1,25 \cdot q_{расч} \cdot K_c}{F_{бр}^{табл}}, \text{ м/с}$$

Затем проверяется скорость прохождения воды при отключении одной линии самотечных труб (при аварии) $V_{ав}$.

$$V_{ax} = \frac{1,25 \cdot 0,7 \cdot q_{расч.водоз.} \cdot K_c}{F_{бр}^{табл}} \leq 0,4 \text{ м/с}$$

При расчете полученное значение должно быть не более 0,4 м/с. В этом случае сетка выбрана правильно.

Табл.2.6. Размеры сеток плоских съемных.

Размеры отверстия, мм		Размеры сетки, мм	
Ширина	Высота	Ширина	Высота
800х	800	930	930
	1000		1130
	1250		1380
	1500		1630
1000х	800	1130	930
	1000		1130
	1250		1380
	1500		1630
	2000		2130
1250х	1000	1380	1130
	1500		1630
1500х	800	1630	930
	1000		1130
	1250		1380
	1500		1630
	2000		2130
	2500		2630

[#ПрактическийРаздел](#)

Пример 6. Проектирование сороудерживающих сеток.:

Коэффициент, учитывающий стеснение входа воды стержнями сеток:

$$K_c = \left(\frac{4+1}{4} \right)^2 = 1,56$$

$$F_{бр} = \frac{1,25 \cdot 0,047 \cdot 1,56}{0,2} = 0,46 \text{ м}^2$$

Принимаем отверстие для установки сетки размером 800 × 800 мм и $F=0,64 \text{ м}^2$, тогда скорость входа

$$V_{ax} = \frac{1,25 \cdot 0,047 \cdot 1,56}{0,64} = 0,14 \text{ м/с} < 0,4 \text{ м/с.}$$

Скорость воды при отключении одной линии самотечных труб:

$$V_{ав} = \frac{1,25 \cdot 0,7 \cdot 0,094 \cdot 1,56}{0,64} = 0,2 \text{ м/с} < 0,4 \text{ м/с}$$

Следовательно, сетка выбрана правильно.

2.3.4 Определение размеров берегового колодца в плане

2.3.4.1 Определение размеров берегового колодца в плане с «сухой» установкой насосов

Площадка для строительства берегового водоприемника (колодца) должна быть выбрана выше на 1,0 м отметки УВВ расчетной. Глубина заложения водоприемного колодца берегового водозабора принимается с таким расчетом, чтобы он не был подмыт течением реки. Береговой колодец состоит из наземной и подземной частей. Подземная часть колодца обычно круглая в плане, имеет не менее двух водоприемных и двух всасывающих камер, по количеству секций. Высота отверстия и сетки подбирается по данным расчетов. Размеры колодца в плане назначаются из условия размещения оборудования в приемных и всасывающих секциях (отделениях) и конструктивно принимаются 3; 3,5; 4,0; 4,5 м и т.д.

При «сухой» установке насосов они размещаются в отдельных помещениях, сблокированных с береговым колодцем (совмещенные) или отдельно стоящих (водозаборные сооружения раздельного типа).

Размеры и число секций всасывающего отделения зависят от диаметра всасывающих труб и их количества. При установке крупных насосных агрегатов число секций и труб принимается равным числу насосов. В одной секции можно располагать одну или несколько всасывающих труб небольших диаметров, расстояние между которыми необходимо принимать в соответствии с рис. Компоновка труб в плане диктует размеры секций всасывающего отделения. При этом приемное отделение рекомендуется принимать несколько больших размеров в плане, чем всасывающее.

Диаметр самотечных труб, тип и размеры промывного оборудования определены выше. При проектировании всасывающих труб учитываются требования: трубы не должны иметь резких поворотов и внезапных расширений. Диаметр всасывающей линии определяется по расчетному расходу одной секции и скорости во всасывающей трубе $V_{вс}$:

$$d_{вс} = \sqrt{\frac{q_{расч}}{0,785 \cdot V_{вс}}},$$

Скорости движения воды в трубопроводах насосных станций принимаются в соответствии с таблицей 7.

Табл. 2.7. Скорости движения воды в трубопроводах насосных станций

Диаметр труб, мм	Скорости движения воды в трубопроводах насосных станций, м/с	
	во всасывающем	в напорном
≤250	0,6...1	0,8...2
300...800	0,8...1	1,0...3
≥800	1,2...2	1,5...4

Полученный диаметр округляют до ближайшего стандартного $d_{вс}$. Диаметр воронки на концах всасывающих труб принимается:

$$D_{вор} = (1,3 \dots 1,5) d_{вс}, \text{ м}$$

Расстояние от дна колодца до раструба всасывающей трубы принимается:

$$h_1 = 0,8 \cdot D_{вор}, \text{ но не менее } 0,5 \text{ м}$$

Расстояние от стенки колодца до раструба: $a = (0,8 - 1,0) D_{вор}$, расстояние между всасывающими линиями в осях: $2,0 D_{вор}$;

между раструбами: $b = D_{вор}$

раструбы должны быть заглублены на величину: $h_2 = (0,6 - 1,2) D_{вор}$

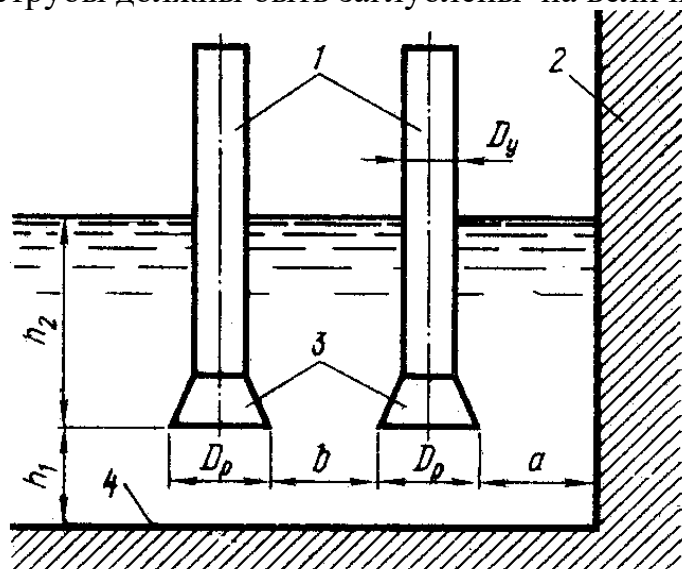


Рис.6. Схема расположения всасывающих труб в береговом колодце.

1-всасывающие трубы, 2 – стенки колодца, 3 – раструб, 4 – дно колодца.

При определении размеров колодцев минимальные расстояния до внутренних поверхностей колодца надлежит принимать:

- от стенок труб при диаметре труб до 400 мм – 0,3 м, от 500 до 600 мм – 0,5 м, более 600 мм – 0,7 м;
- от плоскости фланца при диаметре труб до 400 мм – 0,3 м, более

400 мм – 0,5 м;

- от края раструба, обращенного к стене, при диаметре труб до 300 мм – 0,4 м, более 300 мм – 0,5 м;

- от низа трубы до дна при диаметре труб до 400 мм – 0,25 м, от 500 до 600 мм – 0,3 м, более 600 мм – 0,35 м.

Расстояние от перегородки разделяющей водоприемную и всасывающие камеры до фланца задвижки на самотечной линии – 0,7 – 1,0 м.

Расстояние от перегородки разделяющей водоприемную и всасывающие камеры до раструба всасывающего трубопровода – 0,7 – 1,0 м.

Из условия монтажа оборудования и эксплуатации назначается диаметр колодца, толщина стен принимается равной 10% от глубины колодца. В проекте толщину стен принять 0,4...0,5 м, а толщину перегородок 0,2...0,3 м, бетонного основания 0,8...1,0 м. Для удобства эксплуатации над водоприемником устраивается павильон из кирпича или сборных железобетонных элементов. В береговых водоприемниках предусматривается следующее оборудование: затворы, задвижки и колонки управления ими, устройства для очистки и промывки сеток, удаления осадков, подъема решеток и сеток, лестницы, насосные агрегаты и электрические щиты управления

Табл. 2.8. Строительные размеры задвижек чугунных, параллельных с выдвигным шпинделем

Диаметр условного прохода задвижки, мм	100	125	150	200	250	300	Э50	400
Строительная длина задвижки, мм	190	200	210	230	250	270	290	310

Расчет размеров берегового колодца может быть выполнен по программе: **«Расчет размеров берегового колодца.xlsx»**.

Размеры берегового колодца в плане с «мокрой» установкой насосов (с погружными насосами) определяются после вычисления основных параметров рабочих насосов, подбора марки и габаритных размеров (см.п. 2.5).

Из условия монтажа оборудования и эксплуатации назначается диаметр колодца, толщина стен принимается равной 10% от глубины колодца. В проекте толщину стен принять 0,4...0,5 м, а толщину перегородок 0,2...0,3 м, бетонного основания 0,8...1,0 м. Для удобства эксплуатации над водоприемником устраивается павильон из кирпича или сборных железобетонных элементов. В береговых водоприемниках предусматривается следующее оборудование: затворы, задвижки и колонки управления ими, устройства для очистки и промывки сеток, удаления осадков, подъема решеток и сеток, лестницы, насосные агрегаты и электрические щиты управления.

[#ПрактическийРаздел](#)

2.3.5 Определение уровней воды в береговом колодце

Уровни воды в береговом колодце составят:

- в межень (УНВ) при работе двух линий

$$\nabla Z_1 = \nabla Z_{YHB} - \Sigma h_{YHB}, \text{ м}$$

- в межень при аварийной работе одной линии

$$\nabla Z_2 = \nabla Z_{YHB} - \Sigma h_{AB}, \text{ м}$$

- в паводок при работе одной линии

$$\nabla Z_3 = \nabla Z_{YBB} - \Sigma h_{YBB}, \text{ м.}$$

Отметки уровней воды в отделении всасывающих линий принимают ниже, чем в приемном, на 0,1 м:

$$\nabla Z_1' = \nabla Z_1 - 0.1, \text{ м};$$

$$\nabla Z_2' = \nabla Z_2 - 0.1, \text{ м};$$

$$\nabla Z_3' = \nabla Z_3 - 0.1, \text{ м.}$$

Отметка пола берегового колодца:

$$\nabla Z_4 = Z_{YBB} + 1, \text{ м};$$

Отметка выхода верха самотечных труб в приемное отделение берегового колодца должна быть ниже самого низкого уровня воды в нем не менее чем на 0,3 м:

$$\nabla Z_5 = Z_{\min \text{ прием}} - 0,3 = \nabla Z_2 - 0,3, \text{ м}$$

Глубина прокладки самотечных линий в пределах берега должна быть более глубины промерзания.

Верх сетки между приемным и всасывающим отделениями должен находиться на 0,1 м ниже низшего уровня воды во всасывающем отделении:

$$\nabla Z_6 = \nabla Z_2' - 0.1, \text{ м}$$

Нижнее основание будет ниже на высоту сетки P_c (м) на отметке:

$$\nabla Z_7 = \nabla Z_6 - P_c, \text{ м}$$

Отметка дна колодца принимается на 0.5 м ниже, чем отметка нижнего основания сетки

$$\nabla Z_8 = \nabla Z_7 - 0.5, \text{ м}$$

$$\nabla Z_9 = \nabla Z_2' - h_2, \text{ м}$$

где h_1 – расстояние между низом воронки и дном колодца, м
 h_2 – расстояние между самым низким уровнем воды во всасывающем отделении и низом воронки, м.

При вычислении отметок отдельных конструкций и оборудования, приведенные цифровые значения могут быть изменены в зависимости от конкретных условий размещения оборудования, при этом необходимо учитывать, чтобы высота приемной секции от выхода самотечных труб (∇Z_5) до дна ко-

лодца (Z_8) была не менее 1 м из условия накопления выпадающих в осадок взвешенных частиц, захваченных из реки водоприемником. По условиям монтажа оборудования допускается округление отметок.

Для удаления песка и ила приемное отделение берегового колодца периодически промывается при помощи эжекторной установки, работающей от напорной линии насосной станции первого подъема.

#ПрактическийРаздел

Пример 9. Определение уровней воды в береговом колодце.

В межень (УНВ) при работе двух линий:

$$\nabla z_1 = \nabla z_{УНВ} - \sum h_{УНВ} = 109,6 - 0,28 = 109,32 \text{ м.}$$

В межень при аварийной работе одной линии:

$$\nabla z_2 = \nabla z_{УНВ} - \sum h_{ав} = 109,6 - 0,46 = 109,14 \text{ м.}$$

В паводок при работе одной линии:

$$\nabla z_3 = \nabla z_{УНВ} - \sum h_{УНВ} = 110,9 - 0,68 = 110,22 \text{ м.}$$

Отметки уровней воды в отделении всасывающих линий принимают ниже, чем в приемном, на 0,1 м:

$$\nabla z'_1 = \nabla z_1 - 0,1 = 109,32 - 0,1 = 109,22 \text{ м;}$$

$$\nabla z'_2 = \nabla z_2 - 0,1 = 109,14 - 0,1 = 109,04 \text{ м;}$$

$$\nabla z'_3 = \nabla z_3 - 0,1 = 110,22 - 0,1 = 110,12 \text{ м.}$$

Отметка пола берегового колодца

$$\Delta Z_4 = \nabla z_{УНВ} + 1 = 110,9 + 1 = 111,9 \text{ м}$$

Отметка выхода самотечных труб в приемное отделение берегового колодца должна быть ниже самого низкого уровня воды в нем не менее чем на 0,3 м:

$$\Delta Z_5 = Z_{\min \text{ пр.}} - 0,3 = \Delta Z_2 - 0,3 = 109,14 - 0,3 = 108,84 \text{ м. (из условия горизонтальности прокладки самотечных линий)}$$

Верх сетки устанавливается на 10 см ниже минимального уровня воды во всасывающем отделении, поэтому

$$\Delta Z_6 = \Delta Z'_2 - 0,1 = 109,04 - 0,1 = 108,94 \text{ м.}$$

Нижнее основание будет ниже на высоту сетки $P_c = 0,93$ м на отметке:

$$\Delta Z_7 = \Delta Z_6 - P_c = 108,94 - 0,93 = 108,01 \text{ м.}$$

Отметка дна колодца на 1 м ниже:

$$\Delta Z_8 = \Delta Z_7 - 0,5 = 108,01 - 1 = 107,01 \text{ м,}$$

$$\Delta Z_9 = \Delta Z'_2 - (h_1 + h_2) = 109,04 - (0,5 + 0,76) = 107,78 \text{ м}$$

В качестве отметки дна принимаем минимальную отметку ΔZ_8

2.4 Определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема

Подача насосной станции ($\text{м}^3/\text{с}$) равна расчетному расходу водозабора $Q_{\text{расч. водоз.}}$:

$$Q_{\text{нсл}} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{max сум}}}{T_1 \cdot 3600},$$

где T_1 - время работы насосной станции первого подъема, $T_1=24$ ч.

В насосной станции располагаются рабочие и резервные насосы, которые подают воду на очистную станцию. В зависимости от класса сооружений и категории насосной станции в соответствии с ТКП 45- 4.01-200-2010 (02250) «Насосные станции систем водоснабжения. Правила проектирования», принимается требуемое количество рабочих ($n_{раб.нас}$) и резервных насосов. Поддача одного рабочего насоса составит:

$$Q_{раб.нас.} = Q_{нс1} \cdot n_{раб.нас.}$$

Напор насосов насосной станции:

$$H_n = H_\Gamma + \Sigma h_{нас.см-о.с}$$

где H_Γ – геометрическая высота подъема, м;

$\Sigma h_{нас.см-о.с}$ – суммарные потери напора при движении воды от берегового колодца до очистных сооружений, м.

$$H_\Gamma = Z_{см} - Z_{мин\epsilon c} = Z_{см} - Z_2',$$

где $Z_{см}$ – отметка воды в смесителе:

$$Z_{см} = Z_{oc} + (4 \dots 4,5), \text{ м}$$

Z_{oc} – отметка земли очистных сооружений, принимают в соответствии с заданием на курсовое проектирование;

$Z_{мин\epsilon c}$ – минимальная отметка воды во всасывающем отделении берегового колодца, м;

$$Z_{мин\epsilon c} = \nabla Z_2'$$

2.4.1 Определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема в водозаборах раздельного типа.

В водозаборных сооружениях раздельного типа насосная станция первого подъема расположена в отдельном сооружении, отнесенном от берегового колодца иногда на значительное расстояние, что обуславливает значимые потери напора по длине во всасывающих трубопроводах (рис. 7):

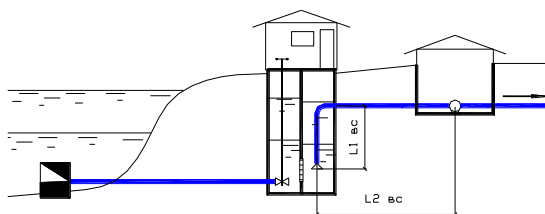


Рис. 7.

$$\Sigma h_{в.с.} = h_{мест.вс} + h_{дл.вс}$$

$$h_{\text{мест.вс}} = \frac{(\zeta_{\text{растр}} + \zeta_{\text{повор}})}{2 \cdot g} v_{\text{вс}}^2$$

$\zeta_{\text{растр}}$ - коэффициент потерь напора при входе в раструб, равный 0,1;

$\zeta_{\text{повор}}$ - коэффициент потерь напора при повороте на 90 градусов, равный 0,4;

$v_{\text{вс}}^2$ - скорость движения воды во всасывающей линии

$l_{\text{вс}} = L1_{\text{вс}} + L2_{\text{вс}}$ см. рис.8

$$h_{\text{дл.вс}} = A_{\text{вс}} \cdot K_{\text{вс}} \cdot l_{\text{вс}} \cdot (q_{\text{расч}})^2$$

$$\Sigma h_{\text{бер.кол.-о.с}} = \Sigma h_{\text{в.с.}} + h_{\text{КОМ}} + h_{\text{водом}} + h_{\text{н.ст.-о.с}} + h_{\text{излив}}$$

$h_{\text{КОМ}}$ – потери в коммуникациях насосной станции первого подъема, $h_{\text{КОМ}} = 1$ м;

$h_{\text{водом}}$ – потери напора в водомере, $h_{\text{водом}} = 1$ м;

$h_{\text{н.ст.-о.с}}$ – потери напора при движении воды от берегового колодца до очистных сооружений:

$$h_{\text{н.ст.-о.с}} = 1,1 \cdot h_{\text{дл}} = 1,1 A K l (q_{\text{расч}})^2, \text{ м.}$$

$h_{\text{излив}}$ – потери напора на излив воды на станции водоподготовки, $h_{\text{излив}} = 1,5$ м;

1,1 – коэффициент, учитывающий местные потери напора.

Для вычисления суммарных потерь определяется диаметр водовода, идущего к очистным сооружениям, который вычисляется, по расходу и рекомендуемой скорости, см. табл.7.

$$q_{\text{водов}} = \frac{Q_{\text{исл}}}{2}, \text{ м}^3/\text{с.}$$

Принимается две нитки водовода и задается скорость.

Диаметр одной нитки водовода

$$d_{\text{водов}} = \sqrt{\frac{q_{\text{водов}}}{0,785 \cdot V_{\text{г}}}}, \text{ м.}$$

Принимается стандартный диаметр $d_{\text{водов}}$, при этом диаметре необходимо удостовериться, что скорость находится в рекомендуемых пределах, табл.7.

$$H_{\text{н}} = H_{\text{г}} + \Sigma h_{\text{бер.кол.-о.с}}$$

2.4.2 Определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема в водозаборах совмещенного типа.

[#ПрактическийРаздел](#)

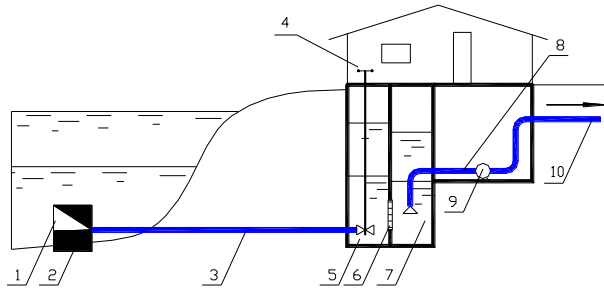


Рис.8. Русловой водозабор совмещенного типа с полузаглубленной насосной станцией первого подъема.

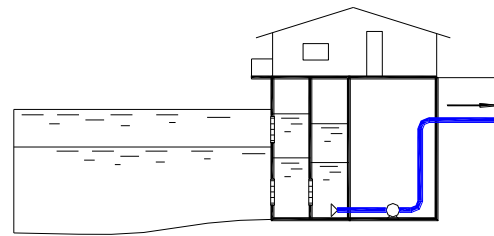


Рис.9. Береговой водозабор совмещенного типа с заглубленной насосной станцией первого подъема.

В водозаборных сооружениях совмещенного типа насосная станция расположена в одном сооружении с береговым колодцем. Это обуславливает небольшую длину всасывающих трубопроводов, а значит и малые потери в них. Помещение насосной станции может быть полузаглубленным, заглубленным, незаглубленным. В этом случае потери во всасывающих трубопроводах можно принять 0,1 м для заглубленных, до 0,5 м для незаглубленных.

$$\Sigma h_{\text{нас.ст-о.с}} = h_{\text{в.с.}} + h_{\text{ком}} + h_{\text{водом}} + h_{\text{б.к-о.с}} + h_{\text{излив}},$$

$h_{\text{в.с.}}$ - потери во всасывающих трубопроводах (0,1-0,5 м);

$h_{\text{ком}}$ – потери в коммуникациях насосной станции первого подъема, $h_{\text{ком}} = 1$ м;

$h_{\text{водом}}$ – потери напора в водомере, $h_{\text{водом}} = 1$ м;

$h_{\text{б.к-о.с}}$ – потери напора по длине при движении воды от берегового колодца до очистных сооружений:

$$h_{\text{б.к-о.с}} = 1,1 \cdot h_{\text{дл}} = 1,1AKl (q_{\text{расч}})^2, \text{ м.}$$

$h_{\text{излив}}$ – потери напора на излив воды на станции водоподготовки, $h_{\text{излив}} = 1,5$ м;

1,1 – коэффициент, учитывающий местные потери напора.

Для вычисления суммарных потерь определяется диаметр водовода, идущего к очистным сооружениям, который находится, по расходу и рекомендуемой скорости, см. табл. 7.

$$q_{\text{водов}} = \frac{Q_{\text{нчл}}}{2}, \text{ м}^3/\text{с.}$$

Принимается две нитки водовода и задается скорость.

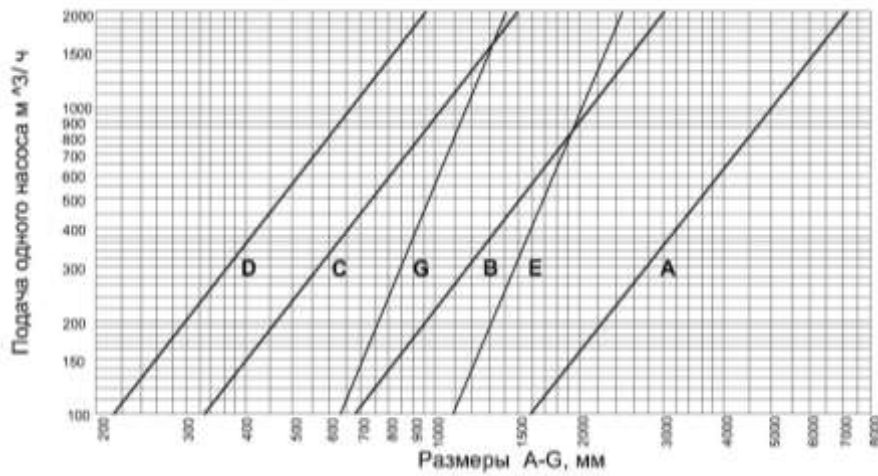
Диаметр одной нитки водовода

$$d_{\text{водов}} = \sqrt{\frac{q_{\text{водов}}}{0,785 \cdot V_g}}, \text{ м.}$$

Принимается стандартный диаметр $d_{\text{водов}}$, при этом диаметре необходимо удостовериться, что скорость находится в рекомендуемых пределах, табл.7.

2.4.3 Определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема в водозаборах с «мокрой» установкой насосов (с погружными насосами).

При проектировании всасывающего отделения берегового колодца с погружными насосами важнее всего заложить благоприятные гидравлические условия для работы агрегатов. Поток воды должен быть однородным и установившимся, без завихрений и вовлечения воздуха



ха.

Рис. 10. Определение основных размеров всасывающей камеры при «мокрой» установке насосов.

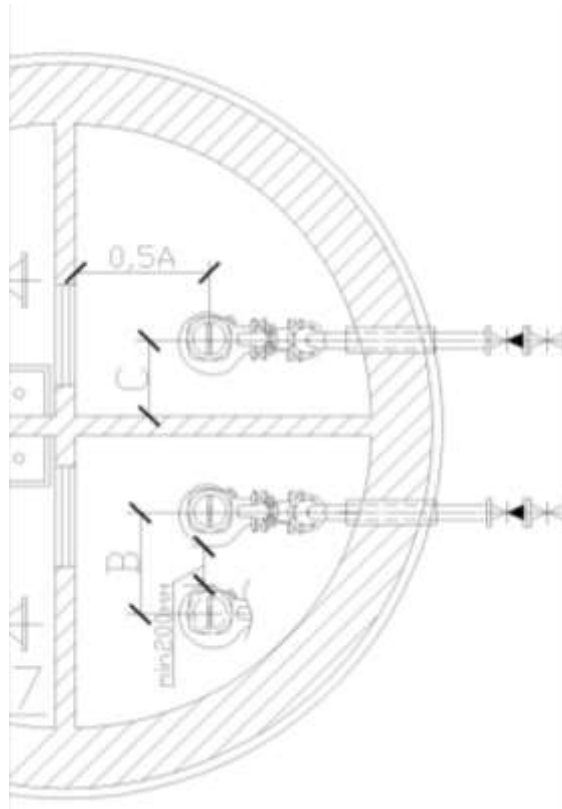


Рис. 11. Схема всасывающей камеры при «мокрой» установке насосов.

На диаграмме оптимальные размеры в зависимости от подачи единичного насоса.

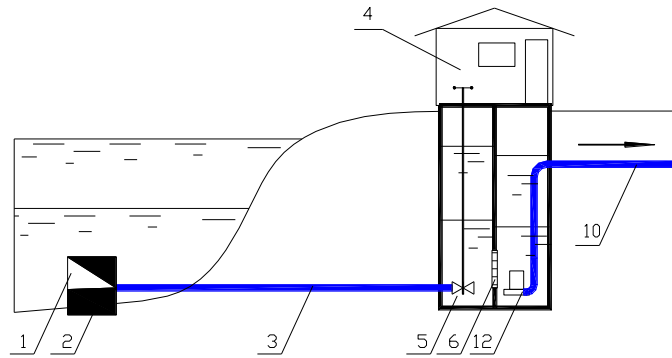


Рис.12. Схема руслового водозабора с «мокрой» установкой насосов.

При «мокрой» установке насосов (рис.12), потери напора следует вычислять по формуле:

$$\sum h = h_{обв} + h_{водом} + h_{б.к-о.с} + h_{излив},$$

где $h_{обв}$ – потери в отдельных элементах обвязки насоса (рис.13), м

$$h_{обв} = \sum \zeta \frac{v_6^2}{2 \cdot g} = \frac{(2 \cdot \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4)}{2 \cdot g} v_6^2, \text{ м}$$

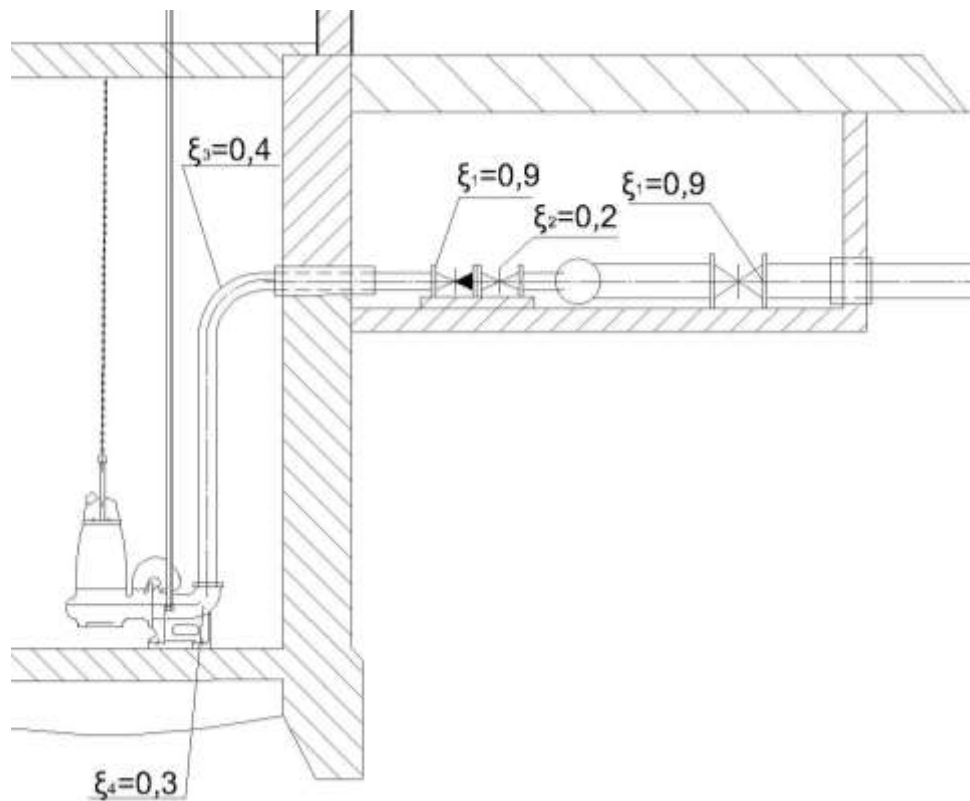


Рис.13. Местные потери напора в элементах обвязки при «мокрой» установке насосов.

$h_{водом}$ – потери напора в водомере, $h_{водом} = 1 \text{ м}$, (учитываются при наличии водомера);

$h_{б.к-о.с}$ – потери напора при движении воды от берегового колодца до очистных сооружений:

$$h_{б.к-о.с} = 1,1 \cdot h_{дл} = 1,1AKl (q_{расч})^2, \text{ м.}$$

$h_{излив}$ – потери напора на излив воды на станции водоподготовки,
 $h_{излив}=1.5$ м;
 l, l – коэффициент, учитывающий местные потери напора.

Зная диаметр d_g и длину водовода l (см. исходные данные), определяют потери напора, $\Sigma h_{б.к-о.с.}$ и вычисляют напор насосов 1-го подъема. По напору и расходу по полям Q – Н подбирается насос и рассчитывается установочная мощность на насосной станции I подъема:

$$N_{уст}^I = n_{раб} \cdot N_{эл} + n_{рез} \cdot N_{эл}, \text{ кВт}$$

Пример 10. Расчет основных технических параметров работы насосной станции первого подъема в водозаборах с «мокрой» установкой насосов (с погружными насосами).

$$Q_{н.с. I} = \frac{1,1 \cdot 7384}{24 \cdot 3600} = 0,094 \text{ м}^3/\text{с}$$

Для повышения надежности на водозаборе предусматривается две независимых секции с установкой одного насоса в каждой, откуда подача одного насоса составит: $Q_{погруж.нас.} = \frac{0,094}{2} = 0,047 \text{ м}^3/\text{с} = 47 \text{ л/с} = 169,2 \text{ м}^3/\text{ч}$;

Напор насосов определяется:

$$H_z = Z_{см} - Z_{min \text{ в с}} = Z_{см} - Z'_2 = 140,0 - 109,04 = 30,96 = 31 \text{ м}$$

$$Z_{см} = Z_{ос} + (4 \dots 4,5) = 136,0 + 4 = 140,0 \text{ м};$$

Водовод технического назначения прокладывается в две нитки Диаметр одной нитки водовода

$$d_g = \sqrt{\frac{q_g}{0,785 v_g}} = \sqrt{\frac{0,047}{0,785 \cdot 0,9}} = 0,25 \text{ м.}$$

Принимается стандартный $d_g = 250 \text{ мм}$, при этом диаметре фактическая скорость в водоводе $v_g = 1,04 \text{ м/с}$, что находится в рекомендуемых пределах.

Потери напора по длине:

$$\sum h = h_{обв} + h_{водом} + h_{б.к-о.с} + h_{излив}$$

$$h_{обв} = \sum \zeta \frac{v_g^2}{2 \cdot g} = \frac{(0,9 + 2 \cdot 0,2 + 0,4 + 0,3)}{2 \cdot 9,81} 1,04^2 = 0,11, \text{ м}$$

$$h_{б.к-о.с} = 1,1 \cdot 0,2784 \cdot 1 \cdot 831 \cdot 0,094^2 = 2,24 \text{ м.}$$

Суммарные потери:

$$\sum h = 0,11 + 1 + 2,24 + 1,5 = 4,85 \text{ м.}$$

Напор насосов:

$$H_n = 31,00 + 4,85 = 35,85 \text{ м.}$$

Подача насоса:

$$Q_{\text{погруж.нас.}} = 47 \text{ л/с;}$$

По графику полей насосов, например фирмы Flygt, (рис.14) по данным параметрам подходит насос 3202, принимается полустационарная установка (рис. 15).

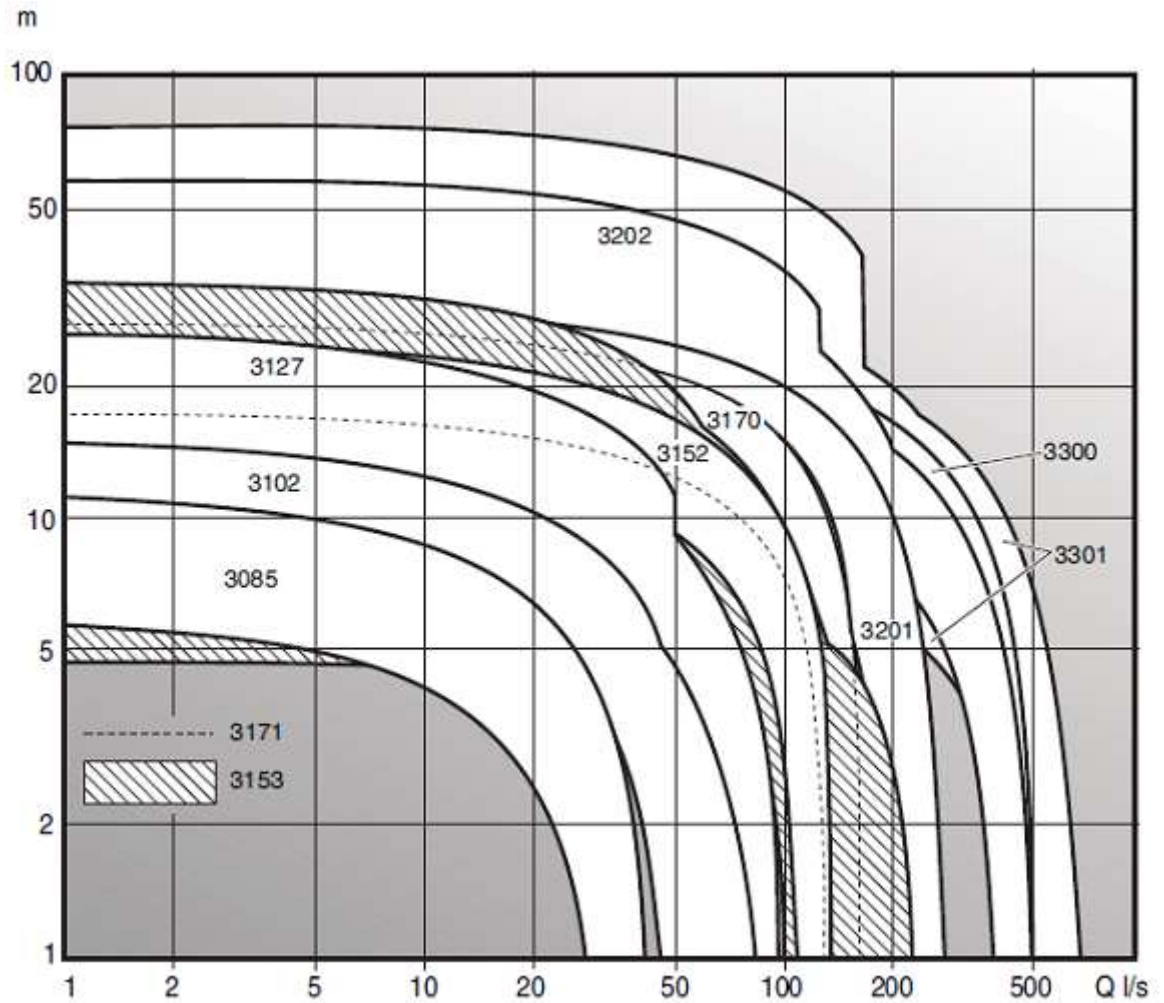
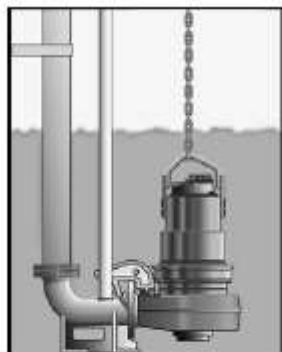


Рис.14.



Р Для полустационарной установки в водоприёмных колодцах. Насос устанавливается с двойными направляющими стержнями на нагнетательном патрубке.

Рис.15.

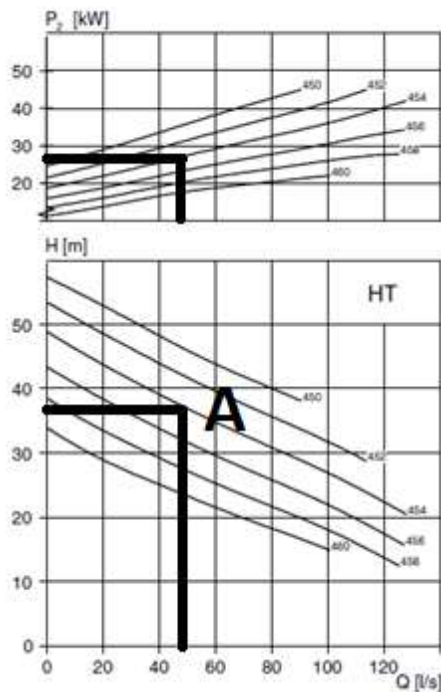


Рис. 16.

Потребляемая мощность одного насосного агрегата составляет 28 кВт. Предусматривается установка двух рабочих насосов, тогда установочная мощность составит:

$$N_{уст}^I = n_{раб} \cdot N_{эл} = 2 \cdot 28 = 56 \text{ кВт.}$$

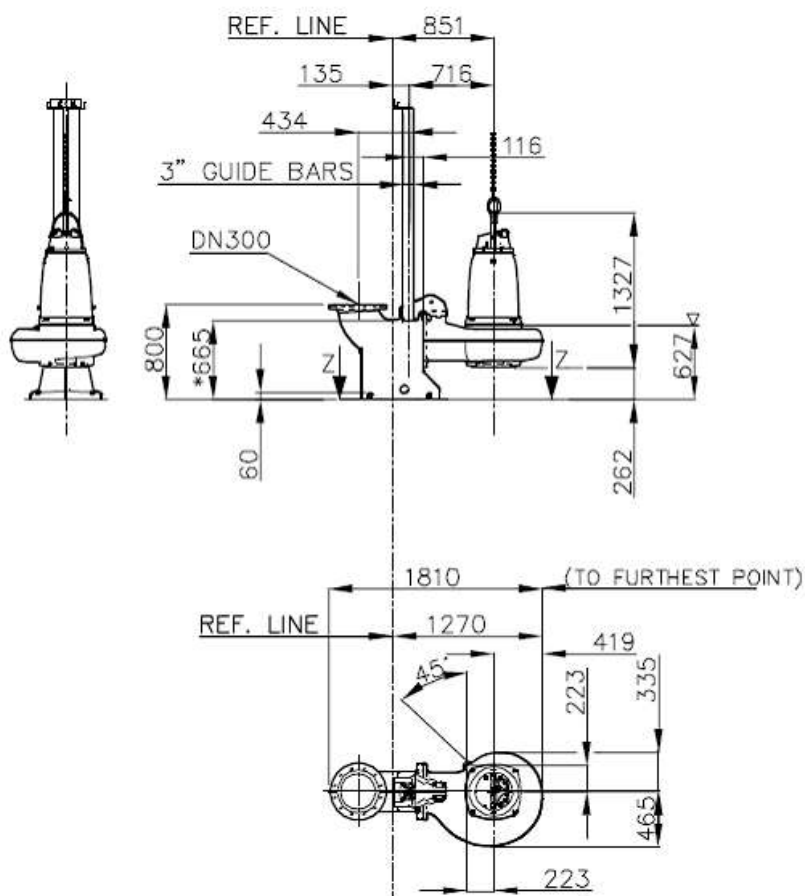


Рис.17. Установочные размеры насосов серии 3202 с полустационарной установкой.

По установочным размерам и рекомендациям рис.12, 13 проектируется всасы-

вающая камера берегового колодца.

3. Проектирование водозаборного сооружения из подземного источника водоснабжения.

В курсовом проекте необходимо выполнить расчет группы скважин. Выполняется расчет в следующей последовательности:

- определяется дебит одиночной скважины в конкретных гидрологических условиях;
- определяется количество скважин с учетом их взаимодействия для обеспечения потребителей необходимым количеством воды;
- выбирается тип фильтра и проводится его расчет;
- определяется понижения уровней в скважинах и сравнивается с допустимой величиной приведенной в задании;
- Рассчитываются основные параметры насосного оборудования и по каталогам подбираются насосы;
- Разрабатывается схема установки насосов в скважинах.

3.1. Требования предъявляемые к качеству воды в источниках водоснабжения, выбор места расположения водозабора и размещение сооружений.

Состав воды пресноводных подземных источников водоснабжения должен соответствовать следующим требованиям:

- сухой остаток – не более 1000 (1500)* мг/дм³;
- содержание хлоридов – не более 350 мг/дм³;
- содержание сульфатов – не более 500 мг/дм³;
- общая жесткость – не более 7 (10)* ммоль/дм³.

Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения с учетом их санитарной надежности выбирают в следующем порядке:

- межпластовые напорные воды;
- межпластовые безнапорные воды;
- грунтовые воды, искусственно наполняемые, и подрусловые подземные воды;
- поверхностные воды (реки, водохранилища, озера, каналы).

По качеству воды источники водоснабжения делятся на 3 класса, таблица 3.1.

[#ПрактическийРаздел](#)

Таблица 3.1.

Требования предъявляемые к качеству воды в источниках водоснабжения

Наименование показателя	Показатели качества источника		
	1 класс	2-й класс	3-й класс
Мутность, мг/дм ³ не более	1,5	1,5	13,0
Цветность, град. не более	20	20	50
Водородный показатель рН	6-9	6-9	6-9
Железо мг/дм ³ не более	0,3	10	20
Марганец, мг/дм ³ не более	0,1	1	2
Сероводород, мг/дм ³ не более	отсутствие	3	10
Фтор, мг/дм ³ не более	1,5-0,7	1.5-0.7	5

Окисляемость перманганатная, мгО ₂ /дм ³ не более	2	5	15
Общие колиформные бактерии в 100 см ³ , не более	отсутствие	100	1000

Возможность использования пригодных для питьевого водоснабжения подземных вод рассматривается и при недостаточных их запасах; восполнение дефицита потребности воды следует производить за счет менее надежных в санитарном отношении водных источников.

Выбор источника водоснабжения при наличии нескольких источников и равной возможности обеспечения требуемого качества и количества воды должен осуществляться путем технико-экономического сравнения вариантов схем обработки воды с учетом санитарной надежности источников.

Из имеющихся источников водоснабжения выбирают лишь те, для которых возможны организация ЗСО и соблюдение соответствующего режима в пределах ее поясов.

Выбор источника водоснабжения производится:

при подземном источнике водоснабжения - на основании анализов качества воды, гидрогеологической характеристики используемого водоносного горизонта, санитарно-гигиенической экспертизы местности в районе водозабора, существующих и потенциальных источников загрязнения почвы и водоносных горизонтов.

При этом учитываются балансовые запасы подземных вод, утвержденные в установленном порядке в соответствии с классификацией эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод.

Для забора подземных вод устраивают вертикальные, горизонтальные и каптажные водозаборные сооружения.

К вертикальным водозаборам относятся: трубчатые (буровые) колодцы – скважины и шахтные колодцы. Скважины устраивают, как правило, при глубоко залегании водоносных пластов (свыше 30 м), а шахтные колодцы – при глубине залегания водоносных пластов до 30 м.

Скважины предназначены для приема как напорных, так и безнапорных вод. Характерной особенностью скважин являются относительно малый диаметр и большая длина (значительный размер по глубине). В настоящее время основным водозаборным сооружением для систем питьевого водоснабжения являются скважины (трубчатые колодцы).

Шахтные колодцы имеют диаметр 1...2 м, глубину 5...30 м. и применяются ограниченно в основном для индивидуального водоснабжения в сельской местности.

Если колодец проходит всю толщу водоносного пласта до водоупора, то его называют совершенным если заканчивается в толще водоносного пласта, не доходя до водоупора – несовершенным. Эти определения относятся как к скважинам, так и к шахтным колодцам.

При глубине залегания подземных вод до 8 м устраивают горизонтальные водозаборы.

Если подземные воды выходят на поверхность земли в виде родников (клю-

чей), то для их захвата строят каптажные сооружения.

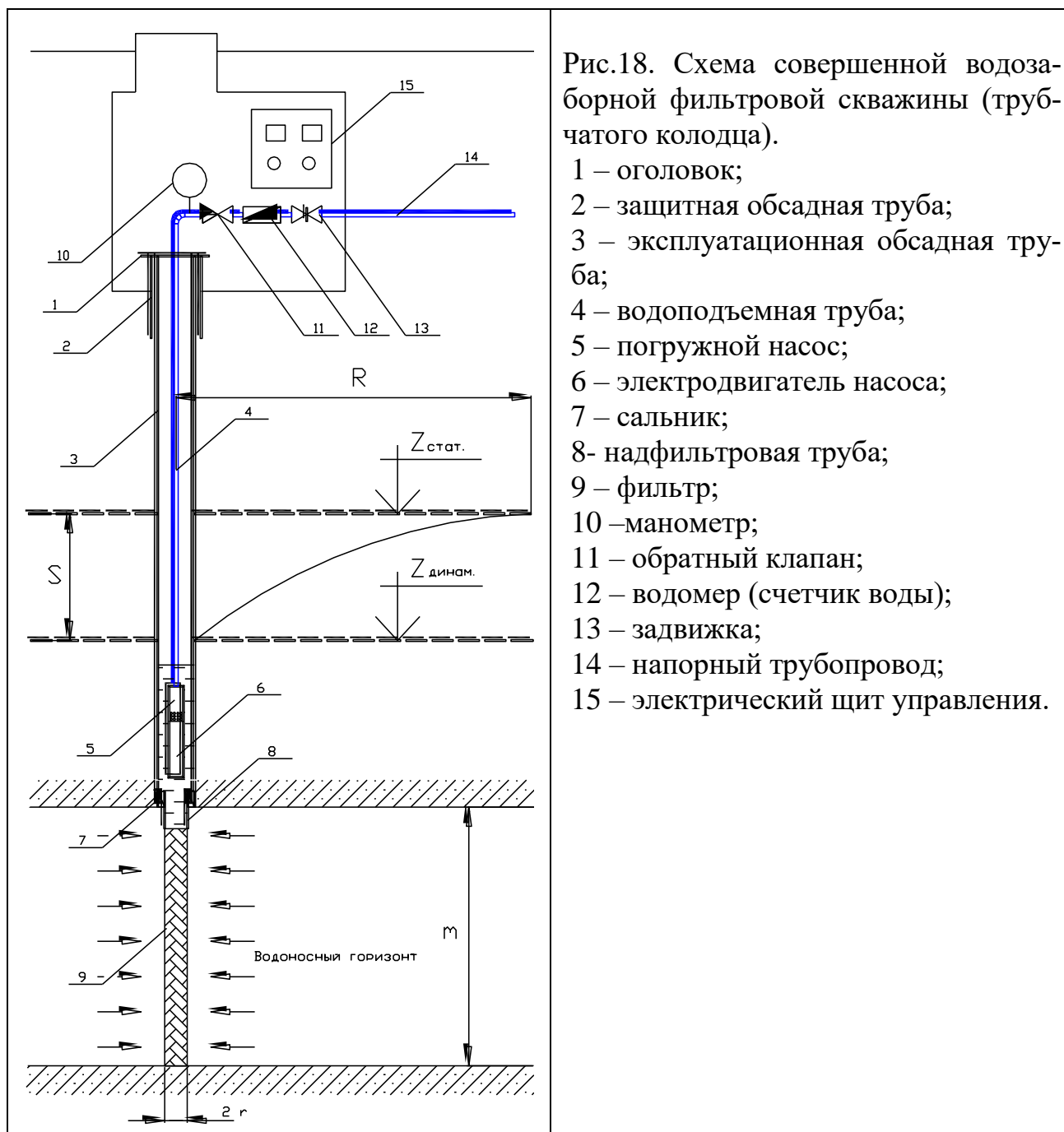


Рис.18. Схема совершенной водозаборной фильтровой скважины (трубчатого колодца).

- 1 – оголовок;
- 2 – защитная обсадная труба;
- 3 – эксплуатационная обсадная труба;
- 4 – водоподъемная труба;
- 5 – погружной насос;
- 6 – электродвигатель насоса;
- 7 – сальник;
- 8- надфильтровая труба;
- 9 – фильтр;
- 10 –манометр;
- 11 – обратный клапан;
- 12 – водомер (счетчик воды);
- 13 – задвижка;
- 14 – напорный трубопровод;
- 15 – электрический щит управления.

[#ПрактическийРаздел](#)

3.2. Расчет водозабора из подземного источника водоснабжения, оборудованного фильтровыми совершенными скважинами, забирающими воду из напорного пласта.

3.2.1. Расчет дебита одиночной скважины. в конкретных гидрологических условиях.

При отсутствии данных опытных откачек, дебит ($\text{м}^3/\text{сут}$) совершенного колодца (скважины) забирающего воду из напорного пласта (см. рис. 18) опре-

деляется по формуле:

$$Q_{\text{сут}} = 2.73 \cdot K_{\phi} \cdot \frac{m \cdot S_{\text{дон}}}{\lg \frac{R}{r}}$$

где

K_{ϕ} - коэффициент фильтрации (табл. 3.1);

m – мощность водоносного пласта, м

$S_{\text{дон}}$ – допустимое понижение статического уровня, м;

Из формулы следует, что расход воды из скважины прямо пропорционален понижению статического уровня (глубине откачки) S . Чем больше S , тем больше дебит одной скважины, следовательно, скважин потребуется меньше, строительная стоимость водозабора снизится. Однако с увеличением S , увеличивается высота подачи воду насосами и расход энергии, затрачиваемой на водоподъем. Оптимальное понижение уровня воды в скважине устанавливают технико-экономическими расчетами.

R – радиус влияния, м

r – радиус фильтра скважины, м.

Радиус влияния R , то есть расстояние от центра скважины до точки восстановления статического уровня, вычисляют по формуле;

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

где a – коэффициент пьезопроводности (скорость распространения давления в пласте), м²/сут.

t - срок эксплуатации, суток принимается не менее 25 лет.

Для напорных пластов:

$$a = K_{\phi} \cdot m / \mu ;$$

μ – показатель (коэффициент) водоотдачи, зависящий от пород и определяемый опытным путем или по эмпирическим формулам (табл.3.2.);

Таблица 3.2.

Примерное значение коэффициентов фильтрации K_{ϕ} в разных породах для практических расчетов

Водоносная порода	Преобладающая крупность частиц, мм	Коэффициент фильтрации, K_{ϕ} , м/сут
Песок:		
тонкозернистый	0,05...0,1	0,1..5
мелкий	0,1...0,25	5...10
средней крупности	0,25...0,5	10...25
крупный	0,5...1	25...75
гравелистый	1...2	75...100
Гравий:		
мелкий	2...3	75...100

средний	3...5	100...200
крупный	5...10	200...300

Таблица 3.3.

Ориентировочные значения коэффициентов водоотдачи μ

Породы	μ
Пески пылеватые, супеси	0,1...0,15
Пески мелкие	0,15...0,2
Пески средней крупности и гравелистые	0,2...0,25
Галечно-гравелистые отложения	0,25...0,3
Известняки	0,005...0,1
Песчанники	0,001...0,03

Таблица 3.4.

Рекомендуемые расстояния между водозаборными скважинами (м)

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

Примечание: меньшие значения принимаются для высоконапорных водоносных пластов, большие – для малонапорных

Таблица 3.5

Значения коэффициента взаимодействия $\alpha_{вз}$ от принятого расстояния между скважинами в зависимости от R

Отношение расстояния между скважинами к радиусу влияния: $\frac{L_{скв}}{R}$	2	1	0,5	0,2	0,02	0,002
$\alpha_{вз}$	1	0,97	0,9	0,81	0,64	0,53

Таблица 3.6

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 %	—

Примечания

1 В зависимости от гидрогеологических условий и при соответствующем обосновании количество резервных скважин может быть увеличено.

- 2 Для водозаборов всех категорий следует предусматривать наличие на складе резервных насосов: один — при количестве рабочих скважин до 12; 10 % от количества рабочих скважин то же более 12.
- 3 Категории водозаборов по надежности подачи воды следует принимать согласно СНБ 4.01.01.

3.2.2 Подбор и расчет фильтров

Основные параметры фильтра (диаметр, длина, размер проходных отверстий) должны определяться с некоторым запасом с учетом возможности внесения необходимых изменений в процессе сооружения скважины в соответствии с фактическими условиями.

Размеры проходных отверстий фильтров назначаются в зависимости от granulометрического состава контактирующей породы водоносного пласта или гравийной обсыпки (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Размеры проходных отверстий фильтра водозаборных скважин

Типы фильтров	Размеры отверстий, мм при K_H	
	≤ 2	≥ 2
Проволочные	$(2,5...3)d_{50}$	$(3...4)d_{50}$
Щелевые	$(1,25...1)d_{50}$	$(1,5...2)d_{50}$
Сетчатые	$(1,5...2)d_{50}$	$(2...2,5)d_{50}$

Размеры фильтра определяют исходя из условий создания допустимых скоростей движения воды при поступлении ее из водоносного пласта в скважину:

$$Q_{\text{сут}} \leq FV_{\phi}$$

где $Q_{\text{сут}}$ — максимальный расход воды, забираемый из скважины, $\text{м}^3/\text{сут}$;

F — площадь фильтрующей поверхности фильтра, м^2 ;

$$F = \pi \cdot D_{\phi} \cdot l_{\phi},$$

где D_{ϕ} — диаметр фильтра (см. задание), м.

l_{ϕ} — длина рабочей части фильтра, м.

В водоносных пластах мощностью до 10 м можно принимать:

$$l_{\phi} = m - (1...2), \text{ м},$$

в пластах большей мощности:

$$l_{\phi} = \beta \cdot m, \text{ м}$$

где $\beta = 0,5...0,8$

$V_{\text{вх.дон.}}$ — допустимая скорость фильтрации при выходе воды из пла-

ста в фильтр (входная скорость), м/сут, определяется по формулам:

- для дырчатых, щелевых, проволочных и сетчатых фильтров:

$$\triangleright V_{ex.\dot{d}on.} = 65 \cdot \sqrt[3]{K_\phi}, \text{ м/сут,}$$

- для гравийных и блочных фильтров:

$$V_{ex.\dot{d}on.} = 1000 \cdot Kon.\phi \cdot \left(\frac{d_{50}}{D_{50}} \right)^2,$$

3.2.3 Определение понижения уровней в скважинах.

Понижение уровня для группы скважин зависит от расстояний между ними и определяется по формуле:

$$S = \frac{0,37}{K_\phi m} \sum_{i=0}^{i=n} q_{скв.раб\ i} \cdot \lg R/r$$

$$S_{max} = \frac{0,37}{K_\phi m} \left(Q_{сут1} \lg R/r_0 + Q_{сут2} \lg \frac{R}{r_{2-1}} + \dots + Q_{сут5} \lg \frac{R}{r_{5-1}} \right),$$

где $Q_{сут\ 1-5}$ – дебиты скважин, м³/сут;

r_0 – радиус скважины, м;

r_{2-1}, \dots, r_{5-1} – расстояния от центральной скважины до скважины, в которой определяется понижение, м

При поступлении воды из водоносного пласта и движении ее в направлении к водоприемным отверстиям погружного насоса возникают потери напора в фильтре скважины и в щели между погруженным электродвигателем и эксплуатационной обсадной колонной, которые обуславливают дополнительное понижение уровня воды в скважине. Это понижение необходимо учитывать при расчете глубины погружения насоса.

Потери напора в фильтре:

$$\Delta S = \frac{Q_{сут} \cdot \xi_2}{6,28 \cdot K_\phi \cdot m}, \text{ м}$$

где $Q_{сут}$ – расход воды из скважины, м³/сут

ξ_2 – фильтрационное сопротивление, величина которого принимается по рис 3.3 в зависимости от типа, конструкции фильтра и характеристики водоносных пород (коэффициента фильтрации K_ϕ)

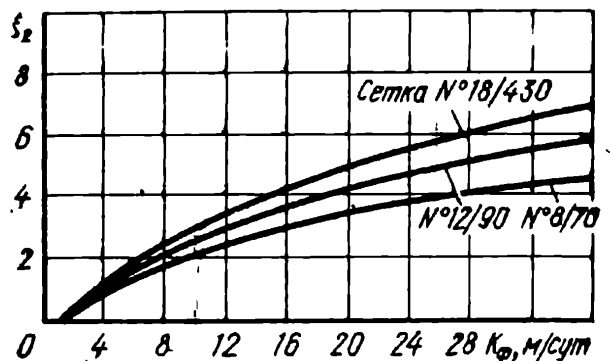


Рис.19. График функции ξ_2 для определения потерь напора в сетчатых фильтрах

3.2.4 Расчет основных параметров насосного оборудования и подбор

НАСОСОВ

Вода из скважин погружными насосами подается в распределительную чашу фильтров станции очистки. Требуемый напор погружного насоса:

$$H_n = H_{\Gamma} + \Sigma h_{\text{скваж-о.с}}$$

где H_{Γ} - геометрическая высота подъема воды:

$\Sigma h_{\text{скваж-о.с}}$ - потери напора в трубопроводах от скважины до водоочистной станции

$$\Sigma h_{\text{скваж-о.с}} = h_{\text{водом}} + h_{\text{длине}} + h_{\text{излив}}$$

$h_{\text{водом}}$ - потери в водомере (счетчике воды), принять - 1 м.;

$h_{\text{длине}}$ - общие потери в трубопроводах при движении воды;

$h_{\text{излив}}$ - потери напора на излив, принять - 1,5 м;

Подача погруженного насоса соответствует дебиту скважины.

Потери напора в щели между погруженным электродвигателем и обсадной колонной:

$$h_{\text{щели}} = \frac{0,04 \cdot l_{\text{э}} + 0,3(D_c - D_{\text{э}})}{12,1 \cdot (D_c + D_{\text{э}})^2 \cdot (D_c - D_{\text{э}})^3} \cdot Q_c^2, \text{ м}$$

- где
- $l_{\text{э}}$ – длина электродвигателя, м;
 - D_c – внутренний диаметр обсадной колонны, м;
 - $D_{\text{э}}$ – диаметр электродвигателя, м;
 - Q_c – расход воды, забираемой из скважины, м³/с;

3.2.5 Разработка схемы установки насосов в скважинах.

При установке насосов в скважине следует руководствоваться следующим (рис.21):

- производительность насоса должна на 25% быть ниже дебита скважины;
- при расчете динамического уровня воды в обсадной трубе следует учитывать потери напора в фильтре и потери напора в щели между электродвигателем насоса и обсадной трубой;
- всасывающие отверстия насоса следует заглублять под динамический уровень на расстояние равное $A + (1 \dots 7)$ м, см. рис 20 и 21.
- длина надфильтровой трубы 3...5 м;
- минимальное расстояние между двигателем насоса и фильтром 1 м;
- расстояние между кровлей водоупора и фильтром не менее 0,5...1,0 м.

[#ПрактическийРаздел](#)

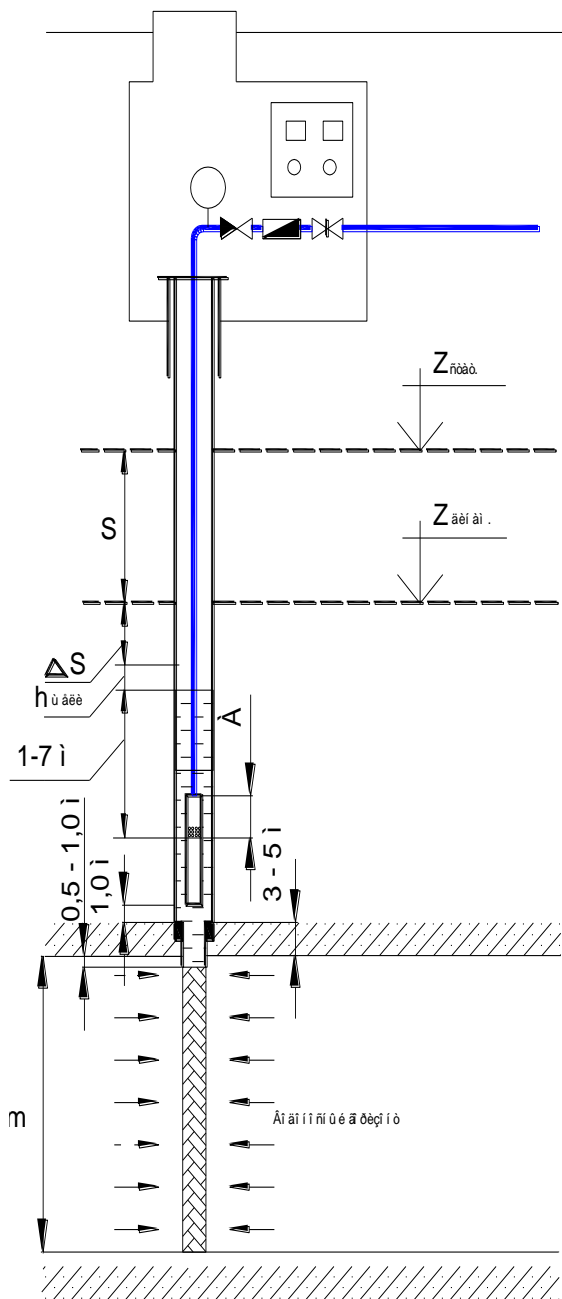


Рис. 21. Схема установки насоса в скважине.

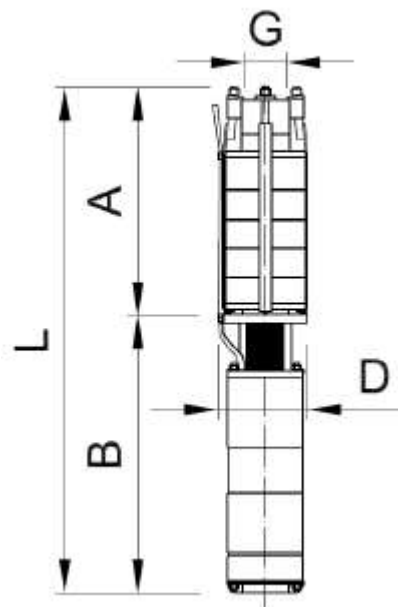


Рис. 20. Основные установочные размеры погружных скважинных насосов.

Пример 3.1. Расчет водозабора из подземного источника водоснабжения, оборудованного совершенными скважинами, забирающими воду из напорного пласта.

Исходные данные (см. рис. 22):.

Отметка площадки водозабора: $Z_2 = 135.0$ м

Отметка кровли водоупора: $Z_3 = 104.8$ м

Отметка подошвы водоупора: $Z_4 = 91.5$ м

Отметка подошвы водоносного горизонта: $Z_5 = 55.0$ м

Отметка статического уровня воды: $Z_6 = 108.1$ м

Допустимое понижение статического уровня: $S_{\text{доп}} = 18.3$ м

Порода водоносного горизонта: песок мелкий

Производительность водозабора: $Q_{\text{сут.мах}} = 6068$ м³/сутки

Радиус фильтра водозаборной скважины: $r = 0.075$ м;

Длина водоводов 1-го подъема $L_{1 \text{ подз}} = 546$ м

Отметка воды в распределительной чаше станции водоподготовки
 $Z7 = 139,0$ м

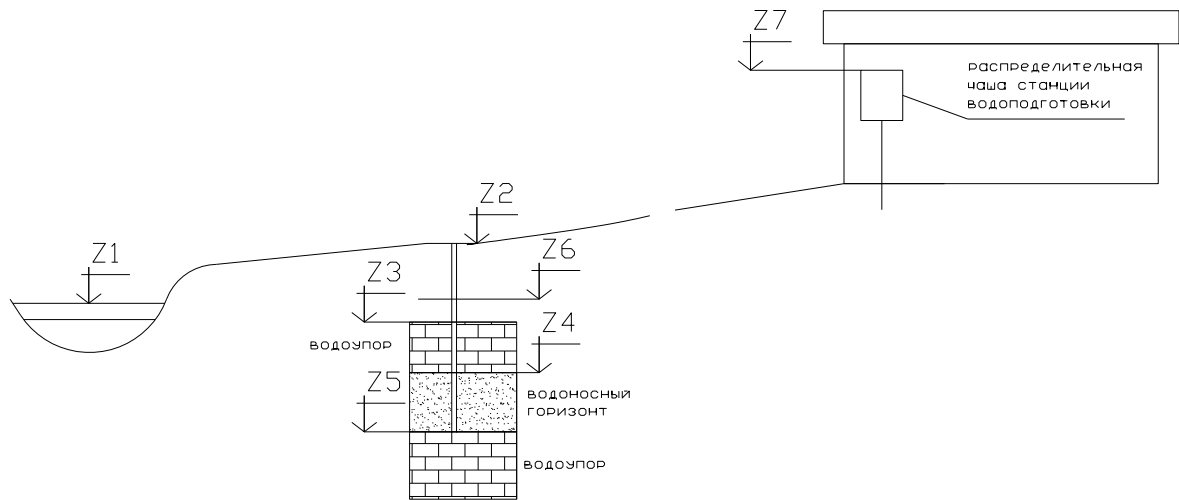


Рис. 22. Исходные данные для расчета водозабора из подземного источника водоснабжения, с фильтровыми совершенными скважинами, забирающими воду из напорного пласта.

Где $Z1$ - отметка уровня верхних вод УВВ, в поверхностном источнике водоснабжения м. (см. исходные данные); $Z2$ – отметка земли площадки водозаборных сооружений из подземного источника водоснабжения, м.; $Z3$ – отметка кровли водоупора, м.; $Z4$ – отметка подошвы водоупора, (кровли водоносного горизонта), м.; $Z5$ – отметка кровли водоупора, ограничивающего водоносный горизонт снизу, (подошва водоносного горизонта), м.; $Z6$ – отметка статического уровня подземных вод, м.; $Z7$ – отметка уровня воды в распределительной чаше станции водоподготовки.

Решение:

Мощность водоносного горизонта:

$$m = Z4 - Z5 = 91,5 - 55,0 = 36,5 \text{ м}$$

По таблице 3.1. для песка мелкого принимается значение коэффициента фильтрации:

$$K_{\phi} = 7.5 \text{ м/сутки, а по таблице 3.2 коэффициента водоотдачи } \mu = 0.175$$

Откуда коэффициент пьзопроводности составит:

$$a = K_{\phi} \cdot m / \mu = 7.5 \cdot 36.5 / 0.175 = 1554 \text{ м}^2 / \text{сут}$$

Радиус влияния скважины:

$$R = 1,5 \cdot \sqrt{at} = 1.5 \cdot \sqrt{1554 \cdot 25 \cdot 365} = 5648 \text{ м}$$

Тогда дебит одиночной скважины:

$$Q_{\text{сут}} = 2.73 \cdot K_{\phi} \cdot \frac{m \cdot S_{\text{дон}}}{\lg \frac{R}{r}} = 2.73 \cdot 7.5 \cdot \frac{36.5 \cdot 18.3}{\lg \frac{5648}{0.075}} = 2802 \text{ м}^3 / \text{сут} = 2802 / 24 = 117 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

По таблице 3.3, учитывая производительность, принимается расстояние между

скважинами $L_{скв}=80$ м

Откуда

$$\frac{L_{скв}}{R} = \frac{80}{5648} = 0.014$$

Интерполяцией по таблице 3.4 находится коэффициент взаимодействия скважин $\alpha_{взм}=0.61$

Дебит одной скважины с учетом взаимодействия составит:

$$q_{скв.взм} = q_{скв} \cdot \alpha_{взм} = 2802 \cdot 0.61 = 1709 \text{ м}^3 / \text{сут} = 1709 / 24 = 71.2 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Вода из скважины подается на станцию водоподготовки с помощью погружного электрического насоса, который для скважины необходимо подбирать таким образом, чтобы дебит скважины превышал номинальную подачу насоса не менее чем на 25%.

В соответствии с таблицей 3.8 при дебете скважины 71,2 м³/ч (от 50 до 80 м³/ч) производительность насоса должна составлять 40 м³/ч = 960 м³/сут

Откуда потребное количество скважин на водозаборе составит:

Таблица 3.8

Выбор подачи насоса в зависимости от дебета скважины

Дебет скважины, м ³ / час	Производительность насоса, м ³ / час													
	1	2,5	4	6,5	10	16	25	40	65	100	120	160	210	250
1,3...3														
3...5														
5...8														
8...12														
12...20														
20...30														
30...50														
50...80														
80...125														
125...150														
150...200														
200...260														
260...350														
350...450														

Потребное количество скважин:

$$n = Q_{\text{max с\text{yт}}} / q_{\text{скв.взм.}} = 6068 / 960 = 6.3 \text{ шт}$$

Принимается 7 рабочих скважин с дебитом:

$$q_{\text{скв.раб}} = 6068 / 7 = 866,9 \text{ м}^3 / \text{сут} = 866,9 / 24 = 36.12 \text{ м}^3 / \text{ч} = 10,03 \text{ л} / \text{с}$$

В соответствии с таблицей 3.5 при количестве рабочих скважин до 8-ми, до-

полнительно принимается 2 резервные. Таким образом, на водозаборе предусматривается 9 скважин с расстоянием между ними 80 метров и расположением их в ряд (рис.3.2) .

Понижение статического уровня в центральной скважине № 5 с учетом взаимного влияния составит:

$$S_{5(\max)} = \frac{0,37}{K_{\phi} m} (S_1 + \Delta S_6 + \Delta S_4 + \Delta S_3 + \Delta S_7 + \Delta S_2 + \Delta S_1)$$

где

$\Delta S_1 - \Delta S_7$ -срезка уровней в скважине №5 от воздействия скважин № 1,2,3,4,6,7.

$$\Delta S_6 = \Delta S_4 = Q_{\text{сут}4(6)} \lg \frac{R}{r_{5-4(6)}}$$

где

$r_{5-4(6)}$ - расстояние между скважиной №5 и скважинами № 4 и №6 см. рис. 3.4.

$$\Delta S_3 = \Delta S_7 = Q_{\text{сут}3(7)} \lg \frac{R}{r_{5-3(7)}}$$

$$\Delta S_2 = Q_{\text{сут}2} \lg \frac{R}{r_{5-2}}$$

$$\Delta S_1 = Q_{\text{сут}1} \lg \frac{R}{r_{5-1}}$$

$$S_{5(\max)} = \frac{0,37}{K_{\phi} m} (S_1 + 2 \cdot \Delta S_6 + 2 \cdot \Delta S_3 + \Delta S_2 + \Delta S_1)$$

$$S_{5(\max)} = \frac{0,37}{7,5 \cdot 36,5} \left(886,9 \cdot \lg \frac{5648}{0,075} + 2 \cdot 866,9 \cdot \lg \frac{5648}{80} + 2 \cdot 866,9 \cdot \lg \frac{5648}{160} + 866,9 \cdot \lg \frac{5648}{240} + 1517 \cdot \lg \frac{5648}{320} \right) \\ = 0,001 \cdot (4227,7 + 2 \cdot 1602,7 + 2 \cdot 1341,8 + 1189 + 1080,8) = 12,38 \text{ м}$$

По аналогии выполняется расчет понижения уровней воды в результате взаимодействия в других скважинах.

Полученное максимальное понижение меньше допустимого $S_{\text{доп}} = 18,3 \text{ м}$

Если понижение будет больше, следует увеличить расстояние между скважинами и расчет повторить.

Подбор и расчет фильтров

По условию задачи проектируется фильтровая скважина. Водоносный слой сложен мелкими песками с преобладающей крупностью частиц 0.1 -0.25

мм, принимается сетчатый фильтр с сеткой № 12/90.

Поскольку мощность водоносного пласта

$m=36.5 \text{ м} > 10 \text{ м}$, то длина фильтра l_ϕ принимается по формуле:

$$l_\phi = \beta \cdot m,$$

Рекомендуется $\beta=0,5 \dots 0,8$

Откуда

$$l_\phi = \beta \cdot m = 0,7 \cdot 36,5 = 25,5 \text{ м}$$

Площадь фильтрующей поверхности составит:

$$F = \pi \cdot D_\phi \cdot l_\phi = 3,14 \cdot 0,150 \cdot 25,5 = 12,0 \text{ м}^2$$

Скорость фильтрования:

$$V_\phi = q_{\text{св.раб}} / F = 886,9 / 12,0 = 73,9 \text{ м/сутки}$$

Допустимая скорость фильтрования составляет :

$$V_{\text{вх.дон.}} = 65 \cdot \sqrt[3]{K_\phi} = 65 \cdot \sqrt[3]{7,5} = 127,1 \text{ м/сут},$$

Поскольку скорость фильтрации при рабочем расходе V_ϕ , меньше допустимой $V_{\text{вх.дон}}$ то фильтр подобран правильно.

В соответствии с рис. 19, при $K_\phi=7,5$ м/сутки,

фильтрационное сопротивление сетчатого фильтра с сеткой № 12/90 составит:

$$\xi_2 = 2$$

Потери напора в фильтре:

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot \xi_2}{6,28 \cdot K_\phi \cdot m} = \frac{866,9 \cdot 2}{6,28 \cdot 7,5 \cdot 36,5} = 1,00 \text{ м}$$

Откуда отметка динамического уровня воды (без учета потерь в щели между насосом и обсадной трубой, которые можно рассчитать после подбора насоса)

$$Z_{\text{динам}} \approx Z_6 - S_5 - \Delta S = 108,1 - 12,38 - 1,00 = 94,72 \text{ м}$$

в скважине №5 составит:

Погружной насос рекомендуется заглублять под уровень воды на 3-7 метров.

Тогда отметка всасывающих отверстий погружного насоса составит:

$$Z_{\text{отв.нас.}} = Z_{\text{динам}} - (3 \dots 7) \text{ м} = 94,72 - 5 = 89,72 \text{ м}$$

Длина водоподъемной трубы:

$$L_{\text{вод.}} = Z_2 - Z_{\text{отв.нас.}} = 135,0 - 89,72 = 45,28 \text{ м}$$

[#ПрактическийРаздел](#)

Трассирование и расчет системы транспортирования воды первого подъема.

В соответствии с ситуационным планом (рис. 5), осуществляется трассирование системы транспортирования воды первого подъема. Водоводы первого

подъема (участок 4-5) прокладываются в две нитки, расход по каждой составит 35,2 л/с. Для повышения надежности водопроводные сети первого подъема предусматриваются из стальных труб, их диаметры на участках принимаются в соответствии с таблицей 3.9

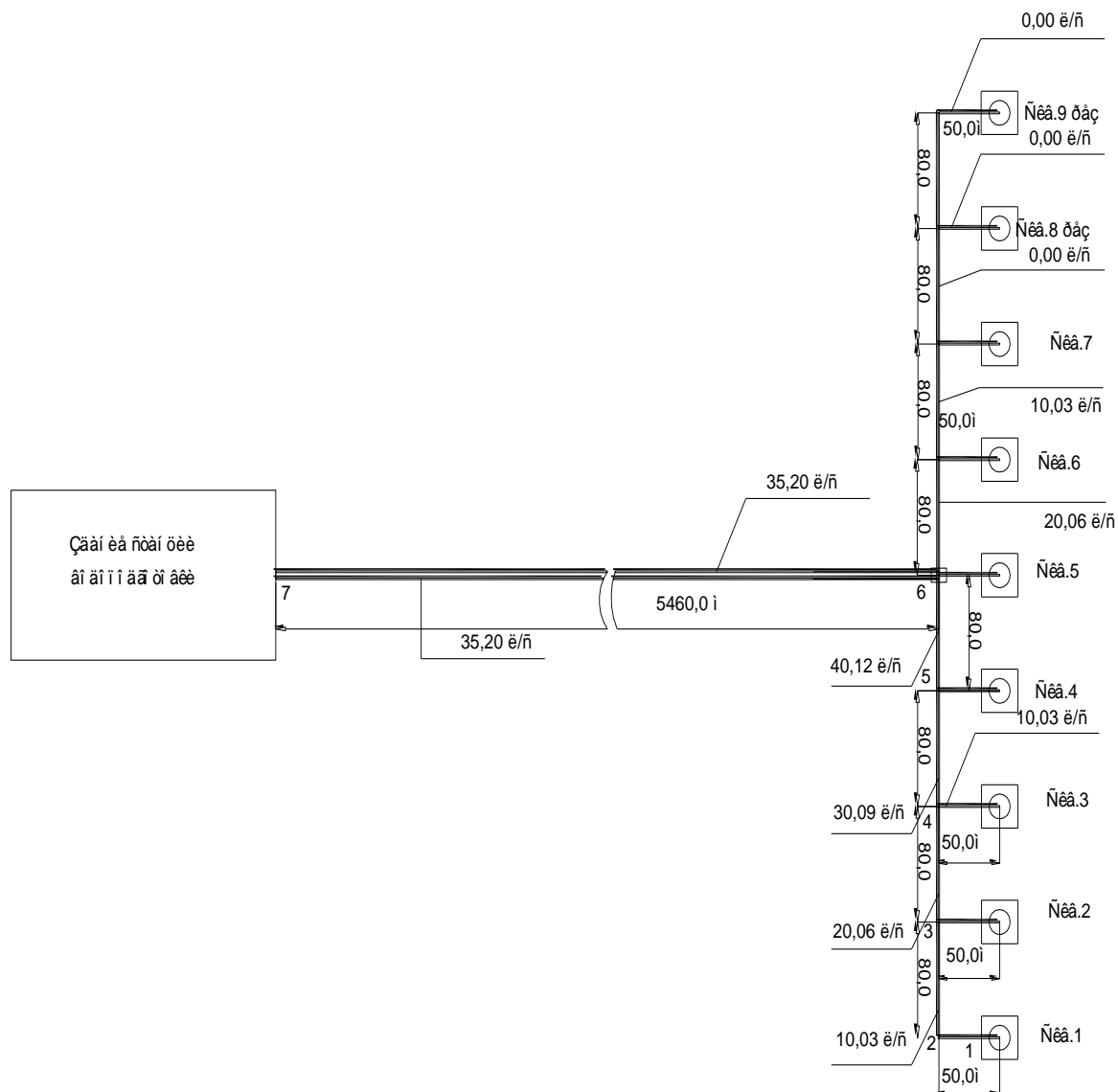


Рис. 23. Система транспортирования воды первого подъема.

[#ПрактическийРаздел](#)

Таблица 3.9

Предельные экономические расходы

Диаметр условного прохода, мм	Экономический фактор Э = 0,75			
	Трубы стальные	Трубы чугунные	Трубы асбестоцементные	Трубы пластмассовые
100	<u>11,7</u> 1,15	<u>9,4</u> 1,15	<u>9,1</u> 1,17	<u>8,7</u> 1,37

125	<u>16,6</u> 1,19	<u>15,0</u> 1,18	<u>13,8</u> 1,23	<u>13,8</u> 1,35
150	<u>21,8</u> 1,12	<u>25,3</u> 1,40	<u>23,6</u> 1,50	<u>25,9</u> 1,92
175	<u>29,2</u> 1,30	–	–	–
200	<u>46,0</u> 1,34	<u>45,8</u> 1,42	<u>44,0</u> 1,57	<u>61,0</u> 1,95
250	<u>71,0</u> 1,34	<u>73,5</u> 1,46	<u>71,0</u> 1,64	<u>97,7</u> 1,87
300	<u>103</u> 1,35	<u>108</u> 1,48	<u>103</u> 1,68	<u>241</u> 3,64
350	<u>140</u> 1,35	<u>149</u> 1,53	<u>144</u> 1,77	–
400	<u>184</u> 1,36	<u>197</u> 1,56	<u>217</u> 2,05	–
500	<u>315</u> 1,50	<u>352</u> 1,79	<u>505</u> 3,09	–

Примечание: Цифры в числителе означают расход воды Q в л/с, цифры в знаменателе – скорость движения воды v в м/с.

По таблице 3.9 по значениям расходов см. рис.3.4. принимаются диаметры труб на расчетных участках:

Водоподъемная труба: d=100 мм;

Участок 1-2 d=100 мм;

Участок 2-3 d=100 мм;

Участок 3-4 d=150 мм;

Участок 4-5 d=200 мм;

Участок 5-6 d=200 мм;

Участок 6-7 d=200 мм;

По таблице 3.9 по значениям диаметров принимаются удельные сопротивления участков для стальных неновых труб и заносятся в таблицу 3.11.

Скорости движения воды на участках определяются по формуле:

$$V = \frac{4 \cdot q_{расч} \cdot 10^3}{3,14 \cdot d^2}, м/с,$$

Где $q_{расч}$ - расчетный расход на участке, л/с;

d - диаметр участка, мм.

$$V_{водоп} = \frac{4 \cdot q_{расч} \cdot 10^3}{3,14 \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 10,03 \cdot 1000}{3,14 \cdot 100^2} = 1,28 м/с,$$

$$V_{1-2} = \frac{4 \cdot q_{расч} \cdot 10^3}{3,14 \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 10,03 \cdot 1000}{3,14 \cdot 100^2} = 1,28 м/с,$$

Таблица 3.10

Удельные сопротивления A для стальных труб

Условный проход d_y , мм	Наружный диаметр d_n , мм	Новые трубы при $v=1$ м/с		Ненновые трубы при $v>1.2$ м/с	
		d_p , мм	A , $\text{с}^2/\text{л}^2 \cdot 10^6$	d_p , мм	A , $\text{с}^2/\text{л}^2 \cdot 10^6$
100	108	102	224.249	101	328.395
125	133	126	74.326	125	106.09
150	159	152	27.884	151	38.969
200	219	211	5.023	210	6.785
250	273	265	1.527	264	2.0147
300	325	315	0.6187	315	0.79114
350	377	367	0.2784	367	0.36202
400	426	414	0.1483	414	0.18587
450	480	468	0.07816	468	0.09705
500	530	518	0.04598	518	0.05667
600	630	616	0.01859	616	0.02262
700	720	704	0.009253	704	0.01115
800	820	804	0.004622	804	0.005514
900	920	900	0.002563	900	0.003034
1000	1020	1000	0.001478	1000	0.001735

Таблица 3.11

Поправочные коэффициенты K к значениям удельных сопротивлений A								
V , м/с	Трубы				V , м/с	Трубы		
	стальные новые	чугунные новые	ненновые-стальные и чугунные	асбестоцементные		стальные новые	чугунные новые	асбестоцементные
0,2	1,244	1,462	1,41	1,308	1,4	0,972	0,938	0,953
0,3	1,163	1,317	1,28	1,217	1,5	0,968	0,927	0,944
0,4	1,113	1,226	1,2	1,158	1,6	0,965	0,917	0,936
0,5	1,081	1,192	1,15	1,115	1,7	0,961	0,907	0,928
0,6	1,057	1,115	1,115	1,082	1,8	0,958	0,899	0,922
0,7	1,039	1,078	1,085	1,056	1,9	0,954	0,891	0,916
0,8	1,021	1,047	1,06	1,034	2	0,951	0,884	0,91
0,9	1,011	1,021	1,04	1,016	2,2	0,946	0,871	0,9
1	1	1	1,03	1	2,4	0,941	0,861	0,891
1,1	0,993	0,988	1,015	0,986	2,6	0,937	0,851	0,883
1,2	0,986	0,965	1	0,974	2,8	0,934	0,843	0,876
1,3	0,979	0,951	1	0,963	3	0,932	0,836	0,87

$$V_{3-4} = \frac{4 \cdot q_{расч} \cdot 10^3}{3,14 \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 20,06 \cdot 1000}{3,14 \cdot 150^2} = 1,14 \text{ м/с},$$

$$V_{4-5} = \frac{4 \cdot q_{расч} \cdot 10^3}{3,14 \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 30,09 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200^2} = 0,96 \text{ м/с},$$

$$V_{5-6} = \frac{4 \cdot q_{расч} \cdot 10^3}{3,14 \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 40,12 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200^2} = 1,28 \text{ м/с},$$

$$V_{6-7} = \frac{4 \cdot q_{расч} \cdot 10^3}{3,14 \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 35,20 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200^2} = 1,12 \text{ м/с},$$

Поправочный коэффициент К для участков принимается по таблице 3. 11 для неновых стальных труб.

Потери напора на участках водопроводных труб первого подъема вычисляются по формуле:

$$h_i = 1,1 \cdot A \cdot K \cdot l \cdot q_{расч}^2$$

где 1,1 – коэффициент учитывающий местные потери напора.

Данные по гидравлическому расчету заносятся в таблицу 3.12.

Таблица 3.12

Гидравлический расчет трубопроводов транспортирования воды первого подъема.

Участок	Расчетный расход, л/с	Диаметр участка d, мм	A, с ² /л ²	Скорость на участке v, м/с	К	Длина участка, м	Потери напора h, м
1	2	3	5	4	6	7	8
Водоподъемная труба	10,03	100	$328.395 \cdot 10^{-6}$	1,28	1,0	45,28	1,49
1-2	10,03	100	$328.395 \cdot 10^{-6}$	1,28	1,0	50	1,82
2-3	10,03	100	$328.395 \cdot 10^{-6}$	1,28	1,0	80	2,91
3-4	20,06	150	$38.969 \cdot 10^{-6}$	1,14	1,01	80	1,38
4-5	30,09	200	$6.785 \cdot 10^{-6}$	0,96	1,03	80	0,54
5-6	40,12	200	$6.785 \cdot 10^{-6}$	1,28	1,0	80	0,96

6-7	35,20	200	$6.785 \cdot 10^{-6}$	1,12	1,01	546	5,05
						Всего	14,15

Подбор насосного оборудования скважин.

Вода из скважин погружными насосами подается в распределительную чашу фильтров станции очистки. Отметка воды в ней, согласно задания на проектирование, составляет:

$$Z_7 = 141,8 \text{ м};$$

Напор погружного насоса:

$$H_n = H_r + \Sigma h_{\text{скваж-о.с}}$$

где H_r - геометрическая высота подъема воды:

$\Sigma h_{\text{скваж-о.с}}$ - потери напора в трубопроводах от скважины до водоочистной станции

$$H_r = Z_7 - Z_{\text{динам}} = 139,0 - 94,72 = 44,28 \text{ м}$$

$$\Sigma h_{\text{скваж-о.с}} = h_{\text{водом}} + h_{\text{длине}} + h_{\text{излив}}$$

$h_{\text{водом}}$ - потери в водомере (счетчике воды), 1 м.;

$h_{\text{длине}}$ - потери в трубопроводах при движении воды, табл. 3.12.

$h_{\text{излив}}$ - потери напора на излив, 1,5 м;

$$\Sigma h_{\text{скваж-о.с}} = 1 + 14,15 + 1,5 = 16,65 \text{ м}$$

Потребный напор погружного насоса составит:

$$H_n = 44,28 + 16,65 = 60,93 \text{ м};$$

Подача насоса:

$$Q_{\text{нас}} = 10,03 \text{ л/с} = 36,12 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По каталогу подбираем насос ЭЦВ 8-40-60

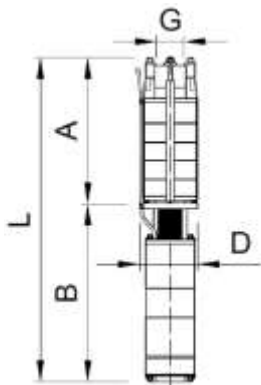


Рис.24. Насос ЭЦВ 8-40-60, основные присоединительные размеры.

Таблица 3.13.

Соответствие внутреннего диаметра обсадной трубы типоразмеру насоса

Внутренний диаметр обсадной трубы, не менее, мм	98	150	199	250	301
Типоразмер насоса	4"	5", 6"	8"	10"	12"

В соответствии с таблицей 3.12 принимается стальная обсадная труба 219x5 Д по ГОСТ 10704-76, по каталогу определяются основные размеры насоса (таблица 3.14) и вычисляются потери напора в щели между насосом и обсадной трубой:

Таблица 3.14

Основные размеры насоса ЭЦВ 8-40-60

Типоразмер агрегата	Электродвигатель		Габаритные и присоединительные размеры (мм)					Масса агрегата (кг)
	Модель	P ₂ (кВт)	D	L	A	B	G	
ЭЦВ 8-40-60	ПЭДВ 6-11	11	186	1310	418	892	52	88,0

$$h_{щели} = \frac{0,04 \cdot l_s + 0,3(D_c - D_s)}{12,1 \cdot (D_c + D_s)^2 \cdot (D_c - D_s)^3} \cdot Q_c^2 = \frac{0,04 \cdot 0,892 + 0,3 \cdot (0,2 - 0,186)}{12,1 \cdot (0,2 + 0,186)^2 \cdot (0,2 - 0,186)^3} \cdot (10,03 \cdot 10^{-3})^2 = 0,8 м$$

Т.е. отметка динамического уровня в скважине №5 составит:

$$Z_{динам} \approx Z_6 - S_5 - \Delta S - \Delta h = 108,1 - 12,38 - 1,00 - 0,8 = 94,72 - 0,8 = 93,92 м$$

Всасывающие отверстия насоса будут погружены под уровень на расстояние: H=93,92 – 89,72=4,2 м, что находится в рекомендуемых пределах (3...5 м).

3.3. Мероприятия по санитарной охране водозабора из подземных источников.

Согласно постановлению Центрального Исполнительного Комитета (ЦИК) и Совета Народных Комиссаров (СНК) Союза Советских Социалистических Республик (СССР) от 17 мая 1937 года в целях предотвращения загрязнения воды в окрестностях водозабора подземных вод установлены три пояса санитарной охраны.

В настоящее время зоны санитарной охраны проектируются в соответствии с Санитарными правилами и нормами СанПиН 10-113 РБ 99 ПИТЬЕВАЯ ВОДА И ВОДОСНАБЖЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения.

3.3.1. Границы первого пояса

Водозаборы подземных вод должны располагаться вне территории промыш-

ленных 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.

3.3.2. Граница второго пояса.

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 (T_m). При определении границ второго пояса T_m принимается по таблице 3.15.

3.3.3. Граница третьего пояса.

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 расчетного T_x .

T_x принимается как срок эксплуатации водозабора (обычный срок эксплуатации водозабора - 25—50 лет).

Если запасы подземных вод обеспечивают неограниченный срок эксплуатации водозабора, третий пояс должен обеспечить соответственно более длительное сохранение качества подземных вод.

Расчет зон санитарной охраны достаточно сложен (рис.25), целесообразно выполнять его на ЭВМ, например по программе «Zone»

Таблица 3.15

Время T_m расчета границ 2-го пояса ЗСО

Гидрогеологические условия	T_m (в сутках)	
	В пределах I и II климатических районов	В пределах III климатического района
1. Недостаточно защищенные подземные воды (грунтовые воды, а также напорные и безнапорные межпластовые воды, имеющие непосредственную гидравлическую связь с открытым водоемом)	400	400

2. Защищённые подземные воды (напорные и безнапорные межпластовые воды, не имеющие непосредственной гидравлической связи с открытым водоемом)	200	100
*Территория РБ в соответствии с СНБ 2.04.02 «Строительная климатология» – 2000 отнесена ко II климатическому району.		

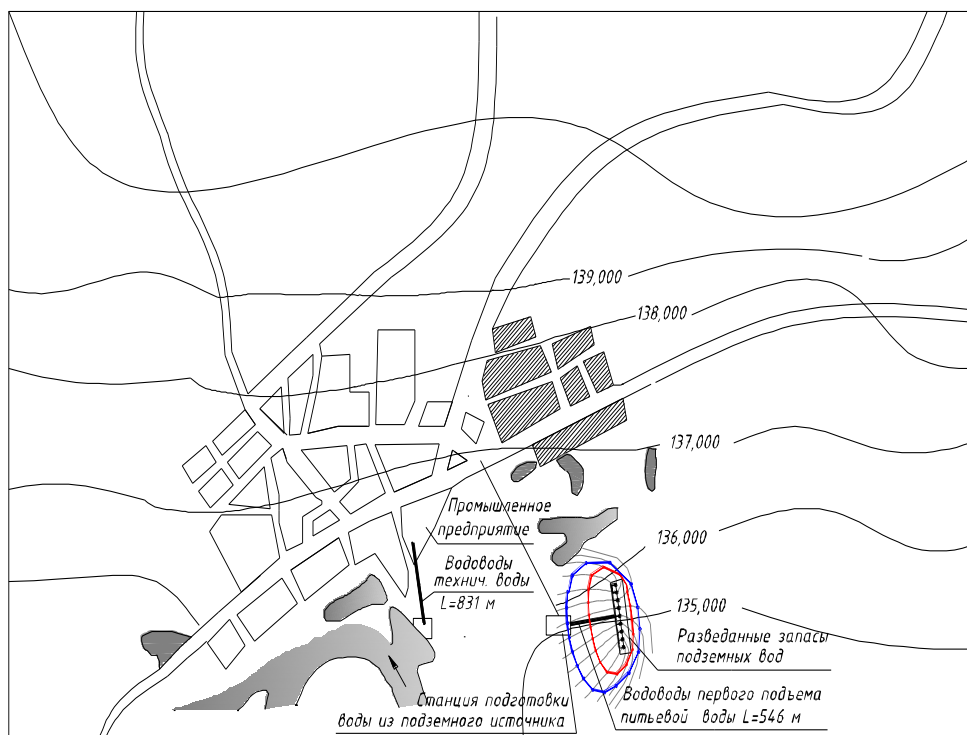


Рис.25. Пример расчета зон санитарной охраны, 2-ой и 3-тий пояса по программе «Zone».

3 Раздел контроля знаний

[#СтруктураЭУМК](#)

Перечень вопросов, выносимых на экзамен по учебной дисциплине «Водозаборные сооружения»

1. Классификация водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.
2. Назначение и категории надежности водозаборных сооружений.
3. Схемы водозаборных сооружений из поверхностных источников , область применения.
4. Выбор типа и месторасположения речного водозаборного сооружения
5. Совмещенные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет.
6. Раздельные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет.
7. Руслорые водозаборы с мокрой установкой насосов. Конструкция, расчет.
8. Руслорые водозаборные сооружения с сифонными линиями. Конструкция. Основы расчета
9. Береговые водозаборные сооружения совмещенного типа. Конструкция, расчет.
10. Береговые водозаборные сооружения раздельного типа. Конструкция, расчет.
11. Конструкция береговых колодцев. Основные принципы проектирования и расчета.
12. Береговые водозаборы с мокрой установкой насосов. Конструкция, расчет.
13. Комбинированные водозаборы. Конструкция, расчет.
14. Конструкции оголовков. Основные принципы проектирования и расчета.
15. Речные водозаборные сооружения с предварительным осветлением воды.
16. Методы промывки самотечных линий.
17. Водозаборные ковши. Назначение, конструкция.
18. Особенности забора воды из каналов, рек небольшой глубины . Конструкция сооружений, основы расчета.
19. Водозаборные сооружения временного типа. Конструкция, расчет.
20. Проектирование зон санитарной охраны водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.
21. Классификация водозаборных сооружений из подземных источников водоснабжения.
22. Трубчатые колодцы. Основные элементы. Конструкция.
23. Основные способы бурения скважин на воду.
24. Основные расчетные схемы забора воды трубчатыми колодцами.
25. Гранулометрическая характеристика водоносных пород.
26. Конструкции фильтров трубчатых колодцев. Выбор типа фильтра.
27. Бесфильтровые трубчатые колодцы. Конструкция, расчет.

28. Основные факторы, влияющие на выбор месторасположения трубчатых колодцев.
29. Схемы водозаборов, оборудованных трубчатыми колодцами.
30. Расчет взаимодействующих и не взаимодействующих трубчатых колодцев.
31. Область применения водозаборных сооружений из подземных источников.
32. Шахтные колодцы, конструкция и основы расчета шахтных колодцев.
33. Схемы водозаборов при использовании шахтных колодцев.
34. Горизонтальные водозаборы, назначение, область применения, конструкция.
35. Лучевые водозаборы, назначение область применения, конструкция.
36. Каптажные водозаборные сооружения при использовании нисходящих и восходящих ключей.
37. Системы искусственного пополнения подземных вод (ИППВ), назначение устройство.
38. Проектирование и устройство зон санитарной охраны водозаборных сооружений подземных вод.

4 Вспомогательный раздел

[#СтруктураЭУМК](#)

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Водозаборные сооружения» для специальности: 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор БрГТУ

_____ М.В. Нерода

«_____» _____ 2022

г.

Регистрационный № УД-_____/уч.

Водозаборные сооружения

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1–70 04 03 Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов

2022 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО_1–70 04 03–2019 и типового учебного плана J 70-1-004/пр-тип. для специальности_1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» (код 2142-017 по ОКРБ 014-2017).

СОСТАВИТЕЛЬ:

Б.Н.Житенёв, профессор кафедры: водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

И.В. Дацкевич, начальник производственно-технического отдела КПУП «Брестводоканал»;

С.А. Новик, главный специалист отдела комплексного проектирования № 2 УП «Институт Брестстройпроект», магистр техн. наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

Заведующий кафедрой _____ к.т.н., доцент С.Г. Белов, (протокол № 11 от 20.06.2022 г..)

Методической комиссией факультета инженерных систем и экологии

Председатель методической комиссии _____ к.т.н., доцент О.П. Мешик. (протокол № ____ от _____ 2022 г.)

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № _____ от _____ 2022 г.)

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

[#ВспомогательныйРаздел](#)

Код компетенции СК-4. Быть способным выбирать типы водопроводных и водозаборных сооружений, их компоновку, знать перечень, назначение и конструкцию оборудования водозаборных сооружений из поверхностных и подземных источников.

Цель преподавания дисциплины - теоретические знания и практические навыки в области проектирования, строительства и эксплуатации сооружений по забору воды из поверхностных и подземных источников

Задачами изучения дисциплины являются последовательное раскрытие всех вопросов по изучению конструкции, методике расчета и проектированию систем забора воды и отдельных сооружений, чтобы в конечном итоге студенты получили прочные знания и умели:

- производить водохозяйственные расчеты с целью определения производительности и режимов работы водозаборных сооружений;
- производить гидравлический расчет, проектировать водозаборные сооружения коммунального, производственного и противопожарного водоснабжения ;
- производить расчет основных параметров работы насосных станций первого подъема.

В задачи изучения дисциплины также входит научить студентов пользоваться современными приемами расчета и проектирования с учетом требований экономики и с использованием вычислительной техники. Студенты, изучив дисциплину должны уметь:

- свободно владеть всеми вопросами, связанными с конструкцией, методикой расчета и проектирования, как отдельных элементов водозаборных сооружений, так и водозаборных систем коммунального и производственного водоснабжения: составлять проекты по отдельным сооружениям и системам в целом.

Дисциплина «Водозаборные сооружения» для инженеров специальности 700403 - «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» является профилирующей, так как все выпускники направляются на работу в проектные и эксплуатационные организации, связанные непосредственно с системами водоснабжения.

Перечень дисциплин, необходимых для изучения курса «Водозаборные сооружения»: высшая математика, механика жидкости и газа, насосные и воздушные станции, водопроводные сети.

Для закрепления теоретического материала, овладения методикой проектирования и расчета предусмотрено проведение практических занятий по всем ключевым темам и выполнение курсового проекта.

В соответствии с учебными планами на изучение учебной дисциплины «Водозаборные сооружения» отводится:

Курс	Се- местр	Общее ко- личество часов по плану (з.е.)	Аудиторных часов			Форма те- кущей ат- тестации
			Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабораторные занятия	
<i>Дневная форма получения образования</i>						

Курс	Се- местр	Общее ко- личество часов по плану (з.е.)	Аудиторных часов			Форма те- кущей ат- тестации
			Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабораторные занятия	
3	5	160 (4 з.е.)	48	32		Экзамен
		60 (2 з.е.)	Курсовой проект			
<i>Заочная форма получения образования</i>						
3	6	160 (4 з.е.)	12	8		Экзамен
		60 (2 з.е.)	Курсовой проект			

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

[#ВспомогательныйРаздел](#)

2.1. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

2.1.1 Водозаборные сооружения из поверхностных источников.

Классификация водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения. Выбор типа и месторасположения речного водозаборного сооружения. Раздельные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет. Совмещенные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет. Руслловые водозаборные сооружения с сифонными линиями. Конструкция, расчет. Конструкции оголовков. Основные принципы проектирования и расчета. Конструкция береговых колодцев. Основные принципы проектирования, расчета и конструирования. Береговые водозаборные сооружения раздельного типа. Конструкция, расчет. Береговые водозаборные сооружения совмещенного типа конструкция, расчет. Методы промывки самоотечных линий. Водозаборные ковши. Назначение, конструкция, расчет. Особенности забора воды из каналов, рек небольшой глубины. Конструкция, основы расчета. Водозаборные сооружения временного типа. Конструкция, расчет. Основные показатели надежности работы водозаборных сооружений. Способы повышения надежности водозаборных сооружений. Проектирование зон санитарной охраны водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.

2.1.2. Водозаборные сооружения из подземных источников.

Классификация водозаборных сооружений из подземных источников водоснабжения. Трубочатые колодцы. Конструкция. Основные способы бурения. Конструкции фильтров трубчатых колодцев. Выбор типа фильтра. Основные факторы влияющие на выбор месторасположения трубчатых колодцев. Бесфильтровые трубчатые колодцы. Схемы водозаборов, оборудованных трубчатыми колодцами. Сифонные линии трубчатых колодцев, оборудование колодцев. Расчет взаимодействующих и не взаимодействующих трубчатых колодцев. Совместная работа трубчатых колодцев, водоводов, водоочистных сооружений и сооружений второго подъема. Область применения конструкция и расчет шахтных колодцев. Схемы водозаборов при использовании шахтных колодцев. Горизонтальные водозаборы, основные типы, конструкция и расчет. Инфильтрационные и лучевые водозаборы, конструкция, расчет. Каптажные водозаборные сооружения при использовании нисходящих и восходящих ключей.

Классификация систем искусственного пополнения подземных вод (ИППВ), устройство, основы расчета. Проектирование и устройство зон санитарной охраны водозаборных сооружений подземных вод.

2.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

- 2.2.1 Выбор и составление схем водозаборных сооружений поверхностных источников водоснабжения.
- 2.2.2 Гидравлический расчет технологических элементов русловых водозаборов при различных режимах работы водозаборных сооружений.
- 2.2.3 Составление высотной схемы водозабора. Определение напора и подачи насосной станции 1-го подъема.
- 2.2.4 Выбор типа водозаборного сооружения для захвата подземных вод, составление схемы водозабора.
- 2.2.5 Определение количества рабочих и резервных скважин для захвата расчетного количества воды. Подбор фильтров для скважин.
- 2.2.6 Расчет водозаборных скважин, с учетом их взаимодействия.

2.3 КУРСОВОЙ ПРОЕКТ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА

Курсовой проект выполняется на тему: «Водозаборные сооружения» для систем водоснабжения города или промышленного предприятия – 60 (2 з.е.).

Курсовой проект состоит из пояснительной записки (25 – 30 стр.) и графического материала одного листа формата А1 или двух листов формата А2.

Целью проекта является приобретение навыков у студентов самостоятельно проводить расчеты систем забора воды и выполнять расчеты отдельных элементов водозаборных сооружений, принимать проектные решения с учетом экономических факторов.

При выполнении курсового проекта на тему "Водозаборные сооружения" предусматривается проектирование водозаборных сооружений из поверхностного и подземного источника водоснабжения с решением следующих вопросов.

Поверхностный источник:

- выбор места расположения и типа поверхностного водозабора;
- разработка конструкций водозаборных сооружений и компоновка основного оборудования;
- гидравлический расчет сооружений водозабора;
- конструирование оголовка и расчет входных отверстий;
- расчет самотечных линий;
- расчет потерь напора в самотечных линиях при УНВ (работа в межень);
- расчет потерь напора при аварийной работе водозабора в период отключения одной линии при УНВ;
- расчет потерь напора при пропуске расчетного расхода водозабора по одной линии в паводок (при УВВ);

- промывка самотечных труб;
- проектирование сороудерживающих решеток;
- определение размеров берегового колодца в плане при «сухой» установке насосов;
- определение уровней воды в береговом колодце;
- определение основных технических параметров работы насосной станции первого подъема;

определение размеров берегового колодца в плане при «мокрой» установке насосов.

При проектировании водозаборных сооружений из подземного источника следует решить следующие вопросы:

- Выбор места расположения водозабора и размещение сооружений;
- Расчет водозабора из подземного источника водоснабжения, оборудованного фильтровыми совершенными скважинами, забирающими воду из напорного пласта;
- Подбор и расчет фильтров;
- Определение понижения уровня воды в центральной скважине;
- Подбор насосного оборудования;

Графическая часть работы состоит из одного листа формата А1 или двух листов формата А2 и включает:

Поверхностный источник:

- ситуационный план с нанесением водозаборных сооружений; план и разрез берегового колодца (см. образец);

Подземный источник::

- Геологический разрез в месте размещения водозабора, $M_{\text{верт.}} = 1:500$ или $1:1000$;
- План, два разреза павильона (камеры) над скважиной $M 1:100$;
- Аксонометрическая схема трубопроводов одной скважины;
- Генплан сооружений 1-го подъема;
- Ситуационный план с нанесением границ первой и второй зон санитарной охраны;
- Схема установки насоса в скважине, $M 1:100$;
- Основные показатели по водозаборной скважине.

2.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗНАНИЙ

Система контроля включает следующие уровни: контроль выполнения практических занятий, контроль выполнения курсового проекта. Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к лекционным и практическим занятиям, выполнение курсового проекта, сдачу экзамена. |

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное обучение.

39. Назначение и категории надежности водозаборных сооружений [2.1.5, 2.2.4] – 8 час.
40. Выбор типа и месторасположения речного водозаборного сооружения [2.1.5, 2.2.4] – 8 час..
41. Конструкции оголовков. Основные принципы проектирования и расчета [2.1.5, 2.2.4] – 8 час..
42. Речные водозаборные сооружения с предварительным осветлением воды [2.1.5, 2.2.4] – 8 час.
43. Водозаборные ковши. Назначение, конструкция [2.1.5, 2.2.4] – 8 час.
44. Особенности забора воды из каналов, рек небольшой глубины. Конструкция сооружений, основы расчета [2.1.5, 2.2.4] – 8 час.
45. Водозаборные сооружения временного типа. Конструкция, расчет.
46. Основные способы бурения скважин на воду [2.1.5, 2.2.4] – 8 час.
47. Конструкции фильтров трубчатых колодцев. Выбор типа фильтра [2.1.5, 2.2.4] – 8 час.
48. Системы искусственного пополнения подземных вод (ИППВ), назначение, устройство [2.1.5] – 8 час.

2.5 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Классификация водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения. Выбор типа и месторасположения речного водозаборного сооружения.	2	2				16	Экзамен Курсовой проект
2	Раздельные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет. Совмещенные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет. Русловые водозаборные сооружения с сифонными линиями. Конструкция, расчет.	4	6				8	Экзамен Курсовой проект
3	Конструкции оголовков. Основные принципы проектирования и расчета.	2	2				8	Экзамен Курсовой проект
4	Конструкция береговых колодцев. Основные принципы проектирования, расчета и конструирования. Береговые водозаборные сооружения раздельного типа. Конструкция, расчет. Береговые водозаборные сооружения совмещенного типа конструкция, расчет.	4	4					Экзамен Курсовой проект
5	Методы промывки самотечных линий. Водозаборные ковши. Назначение, конструкция, расчет. Особенности забора воды из каналов, рек небольшой глубины. Конструкция, основы расчета.	2	2				16	Экзамен
6	Водозаборные сооружения временного типа. Конструк-	2						Экзамен

	ция, расчет. Основные показатели надежности работы водозаборных сооружений. Способы повышения надежности водозаборных сооружений.							
7	Проектирование зон санитарной охраны водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения	4	2					Экзамен Курсовой проект
8	Классификация водозаборных сооружений из подземных источников водоснабжения. Трубочатые колодцы. Конструкция. Основные способы бурения.	6					8	Экзамен
9	Конструкции фильтров трубчатых колодцев. Выбор типа фильтра. Основные факторы влияющие на выбор месторасположения трубчатых колодцев	2	4				8	Экзамен Курсовой проект
10	Бесфильтровые трубчатые колодцы. Схемы водозаборов, оборудованных трубчатыми колодцами. Сифонные линии трубчатых колодцев, оборудование колодцев. Расчет взаимодействующих и не взаимодействующих трубчатых колодцев.	6	4					Экзамен Курсовой проект
11	Совместная работа трубчатых колодцев, водоводов, водоочистных сооружений и сооружений второго подъема.	4						Экзамен
12	Область применения конструкция и расчет шахтных колодцев. Схемы водозаборов при использовании шахтных колодцев.	2	2					Экзамен
13	Горизонтальные водозаборы, основные типы, конструкция и расчет. Инфильтрационные и лучевые водозаборы, конструкция, расчет	4						Экзамен
14	Каптажные водозаборные сооружения при использовании нисходящих и восходящих ключей. Классификация систем искусственного пополнения подземных вод (ИППВ), устройство, основы расчета. Проектирование и устройство зон санитарной охраны водозаборных сооружений подземных вод.	4	6				8	Экзамен Курсовой проект

	Итого	48	34				80	

Заочная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Водозаборные сооружения из поверхностных источников. Проектирование и расчет	6	4				70	Экзамен Курсовой проект
2	Водозаборные сооружения из подземных источников. Проектирование и расчет	6	4				70	Экзамен Курсовой проект
	Итого	12	8				140	

#Вспомогательный Раздел

3 . ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 3.1.1 СН 4.01.01-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2019.
- 3.1.2 СНБ 2.02.01-98 Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов. Мн. 2001
- 3.1.3 СН 2.02.02-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Противопожарное водоснабжение». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2019.
- 3.1.4 СанПиН 10-124 РБ 99 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
- 3.1.5 Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание 2-ое, переработанное и дополненное. Учебное пособие. Том 1,2,3. – М.: Издательство АСВ, 2004.- 256 с
- 3.1.6 СТБ 2072-2010 Строительство. Монтаж наружных сетей и сооружений водоснабжения и канализации.

3.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 3.2.1. Костюкович, П. Н. Гидрогеологические основы проектирования водозаборов подземных вод : учеб.-метод. пособие для обуч. по спец. 1-70 04 03 "Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов" / П. Н. Костюкович, И. П. Крошнер ; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Геотехника и строительная механика". – Минск : БНТУ, 2022. – 240 с. – Библиогр.: с. 237–240 (44 назв.). – 200 экз. – Рекомендовано УМО РБ. – ISBN 978-985-583-215-8.
- 3.2.2. Гуринович.А.Д. питьевое водоснабжение из подземных источников: проблемы и решения.- Минск: Технопринт, 2001. - 302 с.
- 3.2.3 Богданович, М. И. Водозаборный гидроузел : пособие : в 3 ч. / М. И. Богданович, В. А. Евдокимов ; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Водный транспорт и гидравлика". – Минск : БНТУ, 2022. – Ч. 2. –47 с. – Библиогр.: с. 46 (10 назв.). – 100 экз. – Рекомендовано УМО РБ. – ISBN 978-985-583-338-4.
- 3.2.4 Гуринович.А.Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами. Планирование, проектирование, строительство и эксплуатация. Минск: Технопринт, 2004.- 247с.
- 3.2.5 Колобаев А.Н. Рациональное использование и охрана водных ресурсов: учебное пособие.- Мн.: БНТУ, 2005.
- 3.2.6 Житенев Б.Н., Винник Н.С., Андреюк С.В., Рыбак Е.С., Сук Е.В. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водозаборные сооружения». Брест БрГТУ, 2016.

3.3 ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Классификация водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.
2. Назначение и категории надежности водозаборных сооружений.
3. Схемы водозаборных сооружений из поверхностных источников, область применения.
4. Выбор типа и месторасположения речного водозаборного сооружения
5. Совмещенные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет.
6. Раздельные речные водозаборные сооружения руслового типа. Конструкция, расчет.
7. Русловые водозаборы с мокрой установкой насосов. Конструкция, расчет.
8. Русловые водозаборные сооружения с сифонными линиями. Конструкция. Основы расчета
9. Береговые водозаборные сооружения совмещенного типа. Конструкция, расчет.

10. Береговые водозаборные сооружения отдельного типа. Конструкция, расчет.
11. Береговые водозаборы с мокрой установкой насосов. Конструкция, расчет.
12. Комбинированные водозаборы. Конструкция, расчет.
13. Конструкции оголовков. Основные принципы проектирования и расчета.
14. Конструкция береговых колодцев. Основные принципы проектирования и расчета.
15. Речные водозаборные сооружения с предварительным осветлением воды.
16. Методы промывки самотечных линий.
17. Водозаборные ковши. Назначение, конструкция.
18. Особенности забора воды из каналов, рек небольшой глубины. Конструкция сооружений, основы расчета.
19. Водозаборные сооружения временного типа. Конструкция, расчет.
20. Проектирование зон санитарной охраны водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.
21. Классификация водозаборных сооружений из подземных источников водоснабжения.
22. Трубчатые колодцы. Основные элементы. Конструкция.
23. Основные способы бурения скважин на воду.
24. Основные расчетные схемы забора воды трубчатыми колодцами.
25. Гранулометрическая характеристика водоносных пород.
26. Конструкции фильтров трубчатых колодцев. Выбор типа фильтра.
27. Бесфильтровые трубчатые колодцы. Конструкция, расчет.
28. Основные факторы влияющие на выбор месторасположения трубчатых колодцев.
29. Схемы водозаборов, оборудованных трубчатыми колодцами.
30. Расчет взаимодействующих и не взаимодействующих трубчатых колодцев.
31. Область применения водозаборных сооружений из подземных источников.
32. Шахтные колодцы, конструкция и основы расчета шахтных колодцев.
33. Схемы водозаборов при использовании шахтных колодцев.
34. Горизонтальные водозаборы, назначение, область применения, конструкция.
35. Лучевые водозаборы, назначение область применения, конструкция.
36. Каптажные водозаборные сооружения при использовании нисходящих и восходящих ключей.
37. Системы искусственного пополнения подземных вод (ИППВ), назначение устройство.
38. Проектирование и устройство зон санитарной охраны водозаборных сооружений подземных вод.