

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,  
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.  
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .  
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.  
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

Федеральное агентство по образованию  
Вологодский государственный технический университет

С.М. Чудновский, А.В. Зенков

## Проектирование, строительство и эксплуатация водозаборных скважин

Утверждено редакционно- издательским советом в качестве учебного пособия

Вологда

2008

УДК: 628.11.001.63  
ББК 38.761.102  
Ч 81

Рецензенты:

**В.В. Середа** , генеральный директор ООО «ВОДСТРОЙ»

**М.М. Андропова**, канд. техн. наук, доцент Вологодского института права и экономики ФСИН России

**С.А. Главчук**, ст. преподаватель кафедры ВиВ ВоГТУ

С.М. Чудновский, А.В. Зенков

Проектирование, строительство и эксплуатация водозаборных скважин:  
учебное пособие.- Вологда: ВоГТУ, 2008.- с.

В учебном пособии приведены общие сведения о подземных водах и условиях их добывания, даны рекомендации по проектированию, строительству, эксплуатации водозаборных скважин и охране артезианских вод. Пособие предназначено для использования в учебном процессе при выполнении курсовых и дипломных проектов, практических занятий и для самостоятельной работы.

УДК: 628.11.001.63  
ББК 38.761.102

© Вологодский государственный технический  
университет, 2008 г.

© С. М. Чудновский, А.В.Зенков 2008 г.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Все специалисты, в сферу профессиональной деятельности которых входят вопросы водопользования, инженерных систем водоснабжения, экологии водных систем, должны обладать определенным набором знаний и навыков по проектированию, строительству и эксплуатации водозаборных скважин.

Огромные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод нашей страны – около 6 тыс. м<sup>3</sup>/сек расходуются пока только на 10%. При этом, в России эксплуатируются в настоящее время около 1 миллиона водозаборных скважин. Бурение и оборудование скважин на воду занимает важное место в народном хозяйстве страны.

Ежегодно в России сооружают более 30 тысяч водозаборных скважин, которые используются для водоснабжения, обводнения пастбищ, водопонижения, инженерно-гидрогеологических исследований и других целей. По определению академика Карпинского: «Вода – это самое драгоценное ископаемое. Вода – это не просто минеральное сырье; это не только средство для развития промышленности и сельского хозяйства; вода – это живая кровь, которая создает жизнь там, где ее не было».

Водозаборная скважина является наиболее удобным водозаборным сооружением для добывания подземных вод. По сравнению с подземными водозаборами других типов она обладает следующими преимуществами:

1. Скважиной можно вскрыть водоносные горизонты, залегающие на значительной глубине. В настоящее время скважины для водоснабжения часто бурятся на глубину 200-300 м, а в отдельных случаях до 1000-1200 м;
2. Скважину можно пробурить в твердых скальных породах;
3. Скважина в санитарном отношении является наиболее надежным водозаборным сооружением по сравнению с шахтным колодцем и особенно каптажем источника.

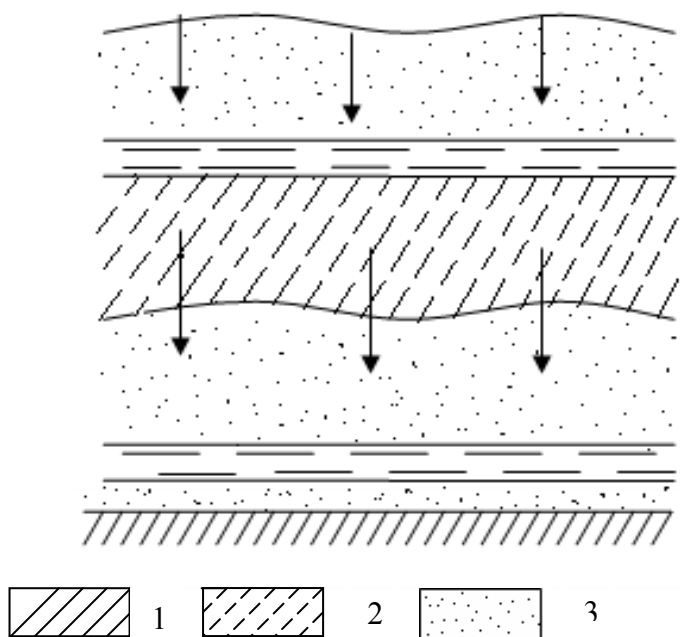
Данное учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальностям направлений «Водопользование» и «Природоохранное обустройство территорий». В пособии используются действующие нормативные материалы, правила и требования [1,3,4,5].

## ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.

### 1.1. Краткие сведения о подземных водах

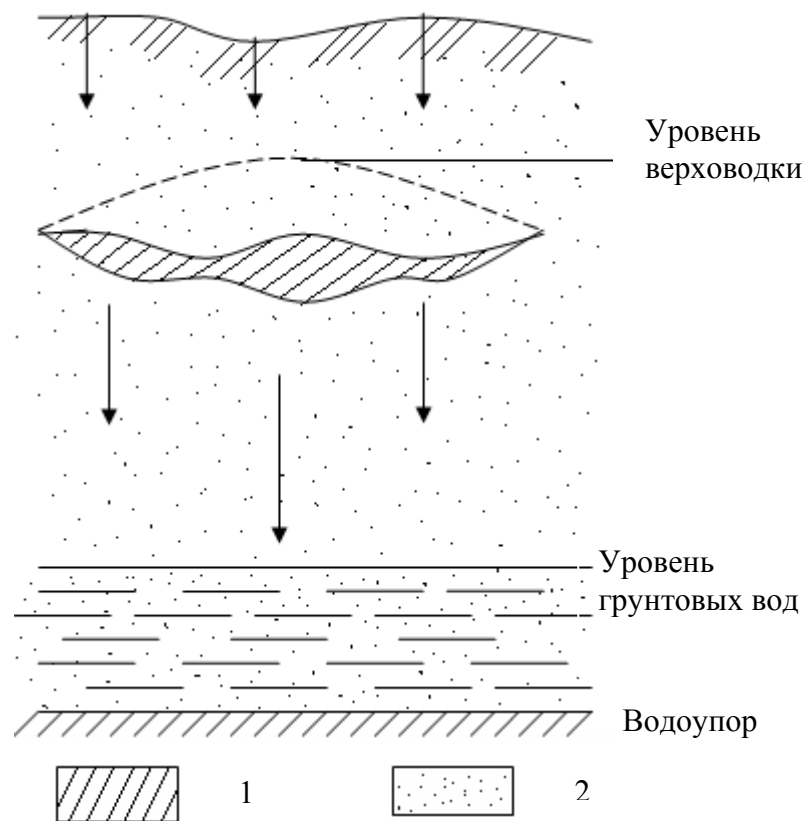
Подземные воды по гидравлическим условиям делят на напорные и безнапорные, а по условиям залегания – на артезианские и грунтовые. Кроме того, подземные воды подразделяются на три основных вида: верховодку, грунтовые и межпластовые (напорные и безнапорные).

Верховодка образуется в местных линзах за счет инфильтрации атмосферных осадков, поступающих с дневной поверхности через водопроницаемые породы. Верховодка всегда залегает выше грунтовых вод (рис. 1,2), имеет относительно небольшое по площади распространение, характеризуется небольшими запасами воды и непостоянством расположения уровня или зеркала воды.



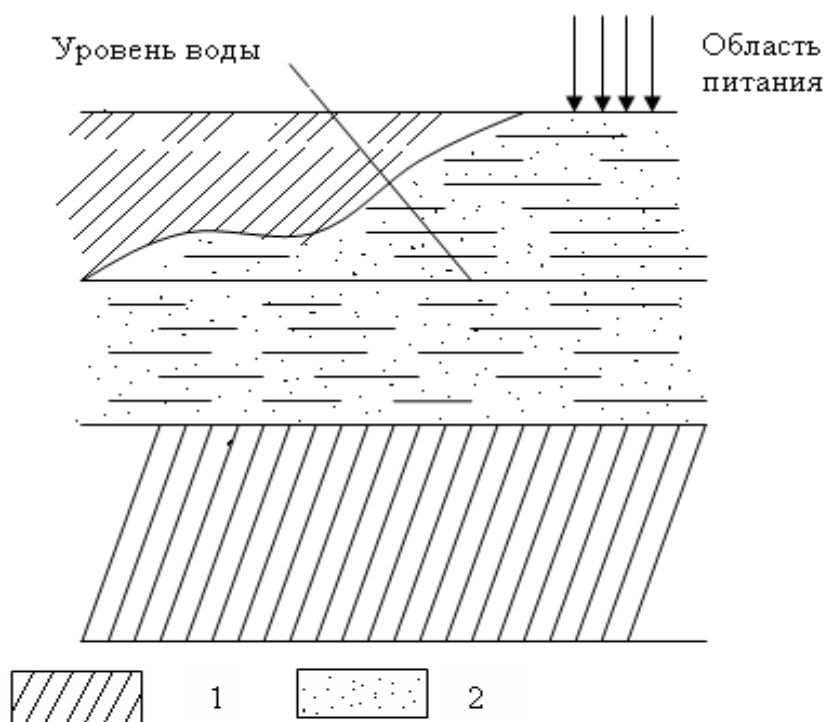
*Рис. 1. Схема залегания верховодки на слабопроницаемом водоупоре:*

1-песок; 2-супесь; 3-суглинок плотный



*Рис. 2. Схема залегания грунтовой воды и верховодки в виде линз:  
1-суглинок плотный; 2-песок*

Грунтовые воды имеют свободную поверхность, т.е. являются безнапорными (рис. 3) и представляют собой первый от поверхности постоянно существующий водоносный горизонт. Эти воды распространены почти повсеместно.



*Рис. 3. Схема залегания  
безнапорных межпластовых  
подземных вод:  
1-суглинок плотный; 2-песок*

Для грунтовых вод характерны следующие признаки: неполное заполнение ими водопроницаемого пласта; частые совпадения областей питания и распространения; отсутствие напора; постоянное колебание уровней, что приводит к изменениям мощности водоносного горизонта и запасов грунтовых вод во времени, изменениям во времени физических свойств, химического, газового и бактериального состава воды.

Подземные воды, залегающие между двумя водонепроницаемыми пластами в пределах сравнительно крупных геологических структур и находящиеся под гидростатическим давлением, называются артезианскими. Они относятся к межпластовым подземным напорным водам, заключенным в более глубоких водоносных горизонтах. При вскрытии водоносного напорного пласта буровой скважиной вода в ней поднимается выше кровли водоносного пласта (рис. 4). Высота подъема воды выше водоупорной кровли называется напором.[6, 26].

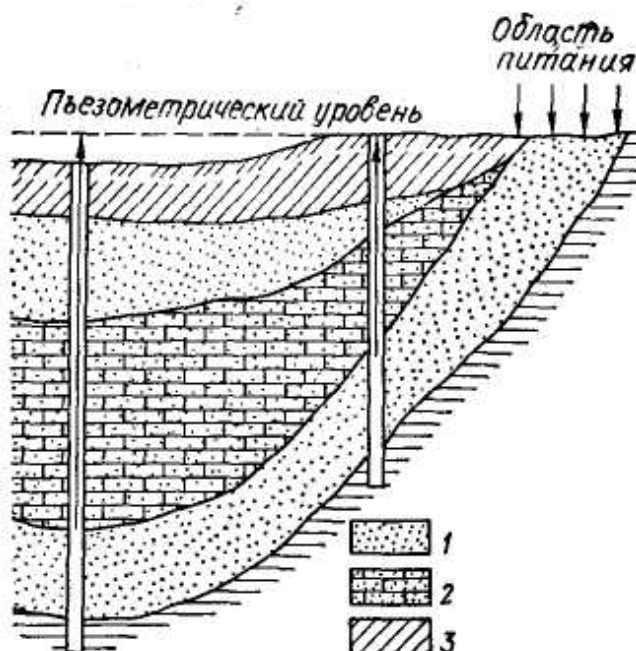


Рис. 4. Схема залегания артезианских горизонтов:  
1 – песок; 2 – глина плотная; 3 – песчаник плотный.

Ввиду широкого разнообразия условий залегания, движения, добывания подземных вод и возможностей их использования, существуют стандартные классификации [16,17].

Классификация подземных вод по общим признакам, отражающим возможности их загрязнения и истощения, приведена в таблице 1.

Таблица 1

#### Классификация подземных вод по общим признакам

| Вид                     | Категория | Глубина залегания<br>уровня воды, м | Глубина залегания<br>кровли водоносного<br>горизонта, м |
|-------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Постоянные<br>Временные | Малая     | До 50                               | До 100                                                  |
|                         | Средняя   | От 50 до 300                        | От 100 до 1000                                          |
|                         | Большая   | Св. 300                             | Св. 1000                                                |

Классификация бассейнов и месторождений подземных вод, а также водоносных горизонтов по их размеру и водности приведена в таблице 2.

Таблица 2

#### Классификация бассейнов и месторождений подземных вод и водоносных горизонтов по их размеру и водности

| Категория | Площадь, км <sup>2</sup> | Мощность м   | Подземный сток, м <sup>3</sup> /с |
|-----------|--------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Большая   | Св. 1000                 | Св. 100      | До 100                            |
| Средняя   | От 1000 до 100           | От 10 до 100 | От 100 до 1000                    |
| Малая     | До 100                   | До 10        | Св. 1000                          |

Фильтрационные параметры подземных вод даны в табл.3. Они определяют величину водоотдачи водоносных горизонтов и месторождений подземных вод и их эксплуатационную производительность.

Таблица 3

**Классификация водоносных горизонтов и месторождений  
подземных вод по фильтрационным параметрам**

| Категория                   | Коэффициент<br>фильтрации,<br>м/сут | Коэффициент<br>уровней<br>пьезопроводности,<br>м <sup>3</sup> /сут                 | Водоотдача,<br>единицы                | Эксплуатационная<br>производительность,<br>м <sup>3</sup> /сут |
|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Большая<br>Средняя<br>Малая | Св. 80<br>От 10 до 80<br>До 10      | До 10 <sup>6</sup><br>От 10 <sup>3</sup> до 10 <sup>6</sup><br>Св. 10 <sup>3</sup> | Св. 0,3<br>От 0,1 до<br>0,3<br>До 0,1 | Св. 1000<br>От 1000 до 10000<br>До 1000                        |

Характер водообмена и режимы подземных вод даны в табл.4 и 5. Они определяют интенсивность восполнения, загрязнения и самоочищения подземных вод.

Таблица 4

**Классификация подземных вод по характеру водообмена**

| Характер<br>залегания<br>вод              | Тип вод по<br>условиям<br>циркуляции | Соотношение<br>области питания<br>и области<br>распространения | Гидравли-<br>ческая связь с<br>дренами | Гидродинами-<br>ческая связь<br>водоносных<br>горизонтов | Водообмен             |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|
| Открытый                                  | Трещинно-<br>карстовый               | Совпадает                                                      | Постоянная                             | Явная                                                    | Активный              |
| Наличие<br>«гидро-<br>логических<br>окон» | Трещинный                            | -                                                              | Периодическая                          | Неявная                                                  | Замедленный           |
| Изолирован-<br>ный                        | Поровый                              | Частично<br>совпадает                                          | Отсутствует                            | Отсутствует                                              | Весьма<br>замедленный |

Таблица 5

**Классификация подземных вод по режимным характеристикам**

| Естественная скорость течения |                             | Температура воды |              |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------|
| Категория                     | Значение, м <sup>3</sup> /с | Категория        | Значение, °С |
| Малая                         | До 0,02                     | Холодная         | До 20        |
| Средняя                       | Св. 0,02 до 0,1             | Теплая           | Св. 20 до 35 |
| Большая                       | Св. 0,1                     | Горячая          | Св. 35 до 42 |
| -                             | -                           | Очень горячая    | Св. 42       |

Подземные воды классифицируют также по целям водопользования в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6

**Классификация подземных вод по целям водопользования**

| Классификация целей водопользования                         | Цели водопользования                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Хозяйственно-питьевые и коммунально-бытовые нужды населения | Хозяйственно-питьевое водоснабжение территорий жилой застройки и общественных зданий: городских промышленных районов; сельскохозяйственных районов                         |
|                                                             | Кондиционирование воздуха в общественных и жилых зданиях                                                                                                                   |
|                                                             | Полив и мытье территорий населенных пунктов (улиц, площадей, зеленых насаждений), работа фонтанов и т.п.                                                                   |
|                                                             | Полив посадок в городских и поселковых теплицах и парниках                                                                                                                 |
|                                                             | Прочие нужды (в том числе тушение пожаров, промывка водопроводных и канализационных сетей)                                                                                 |
| Лечебные, курортные и оздоровительные цели                  | Лечебные цели (для больниц, поликлиник, амбулаторий и др.)                                                                                                                 |
|                                                             | Курортные цели (для санаториев, домов отдыха и др.)                                                                                                                        |
|                                                             | Оздоровительные цели (для плавательных бассейнов, стадионов и др., а также для розлива минеральной воды)                                                                   |
| Нужды сельского хозяйства (без орошения и обводнения)       | Полив посадок в колхозных и совхозных теплицах и парниках                                                                                                                  |
|                                                             | Нужды животноводства                                                                                                                                                       |
|                                                             | Технологические нужды колхозных и совхозных предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции и сырья                                                              |
|                                                             | Технические нужды колхозов и совхозов (для мастерских, ремонтных работ в автотракторных парках и гаражах, а также тушения пожаров в сельскохозяйственных комплексах и др.) |
| Орошение и обводнение                                       | Орошение:<br>оазисное;<br>региональное                                                                                                                                     |
|                                                             | Обводнение (пастбищ)                                                                                                                                                       |
| Промышленные нужды (без теплоэнергетики)                    | Хозяйственно-питьевые и коммунально-бытовые нужды промышленных предприятий (и тушение пожаров)                                                                             |

|                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                              | Технические нужды строительства, предприятий по переработке сырья (изготовление пищевых продуктов, химико-фармацевтических препаратов, промышленных изделий и др.):<br>обеспечение водой производственных процессов;<br>кондиционирование воздуха |
|                                                                                              | Разработка твердых полезных ископаемых:<br>техническое водоснабжение шахт, разрезов, рудников, карьеров;<br>обеспечение водой производственных процессов на обогатительных фабриках                                                               |
|                                                                                              | Добыча промышленных химических компонентов подземных вод                                                                                                                                                                                          |
| Нужды теплоэнергетики                                                                        | Теплоэнергетическое снабжение районов жилой застройки и общественных зданий:<br>теплоснабжение (отопление горячее водоснабжение);<br>снабжение электроэнергией                                                                                    |
|                                                                                              | Теплоэнергетическое снабжение сельскохозяйственных производств и предприятий:<br>теплоснабжение (обогрев парников, грунта, форм и т.д.);<br>снабжение электроэнергией                                                                             |
|                                                                                              | Хозяйственно-питьевое и коммунально-бытовое водоснабжение для нужд                                                                                                                                                                                |
|                                                                                              | теплоэнергетических станций                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                              | Технические нужды теплоэнергетических станций                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                              | Теплоэнергетическое снабжение промышленных предприятий:<br>теплоснабжение (отопление и горячее водоснабжение);<br>снабжение электроэнергией                                                                                                       |
| Территориальное перераспределение стока поверхностных вод и пополнение запасов подземных вод | Искусственное пополнение запасов подземных вод для хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и производственного водоснабжения ( за счет поверхностных вод)                                                                                    |
|                                                                                              | Искусственное пополнение запасов подземных вод при создании гидравлических барьеров для отжатия соленых и загрязненных подземных вод (за счет поверхностных и подземных вод)                                                                      |

## 1.2. Основные понятия о водозаборных скважинах

Скважина входит в систему водоснабжения и является водозаборным сооружением, предназначенным для забора подземных вод, залегающих ниже 10 м поверхности земли. Конструктивно скважина представляет вертикальный подземный трубопровод, связывающий поверхность земли с подземным источником воды.

По степени вскрытия водоносного горизонта скважины делятся на совершенные и несовершенные. Если скважина вскрывает всю толщу водоносного горизонта, она называется совершенной (рис.5). Когда скважиной вскрыта только часть водоносного горизонта, ее называют несовершенной (рис.6).

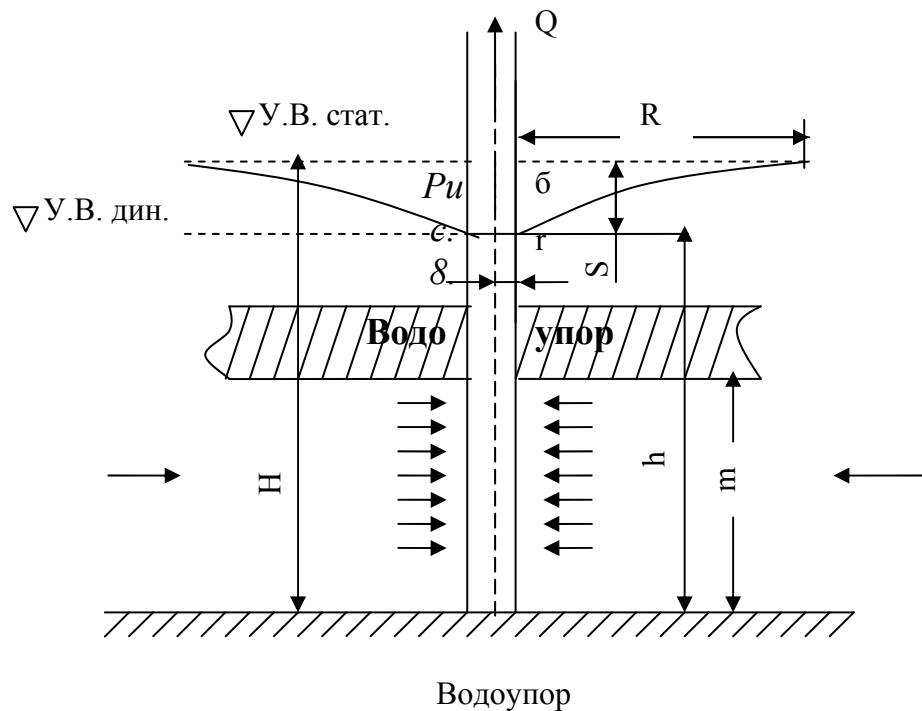


Рис. 5. Схема совершенной скважины.

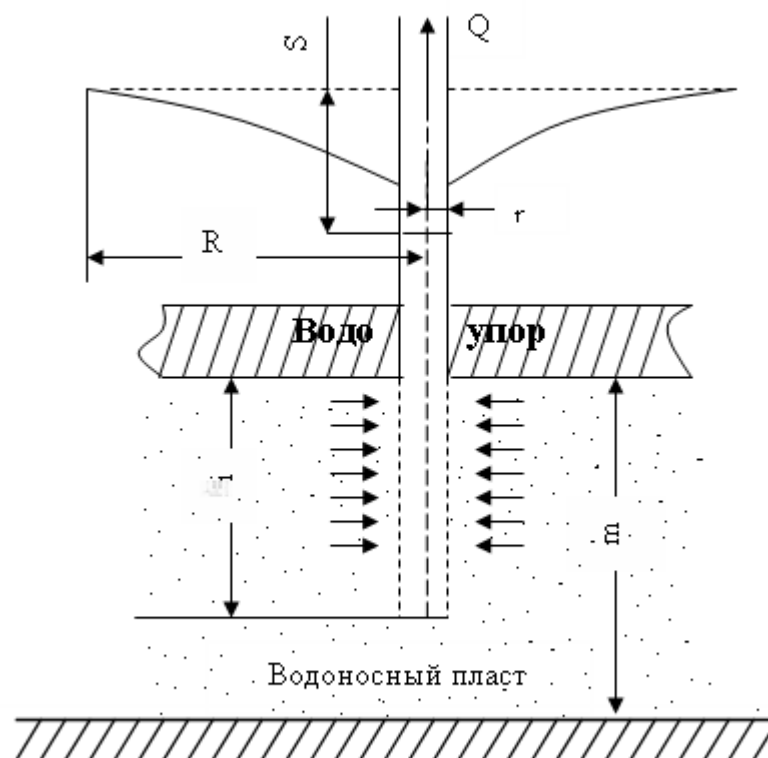


Рис. 6. Схема несовершенной скважины

В зависимости от оборудования водоприемной части, скважины разделяют на фильтровые и бесфильтровые. В тех случаях, когда водоносный горизонт залегает в сыпучих неустойчивых породах, отбор воды из водоносного горизонта ведется с помощью фильтра. Назначение фильтра поддерживать в устойчивом состоянии водосодержащие породы и отделять их от воды, поступающей в скважину.

В твердых устойчивых водоносных породах отбор воды ведут без применения фильтров. Бесфильтровые скважины бурят и при заборе воды из песчаных водоносных пород. Необходимое условие для бурения таких скважин устойчивость кровли над водоносным слоем, а при кровле, сложенной глинами, — наличие напора подземных вод для ее поддержания.

Установившийся уровень воды в скважине во время отсутствия водоотбора насосом называется статическим уровнем. Зеркало воды в скважине во время отбора воды насосом называется динамическим уровнем. Расстояние между статическим и динамическим уровнем - понижение уровня  $S$ . Количество воды, за единицу времени отбираемое насосом, называется производительностью скважины. Расход, который скважина может дать при максимально допустимом понижении динамического уровня, называется дебитом скважины. Дебит скважины при понижении уровня на 1 м называется удельным.

В артезианских скважинах недопустимо понижение динамического уровня ниже кровли напорного горизонта.[7,23]

### 1.3. Основные термины, определения и обозначения [18,24]

Таблица 7

| Термин                      | Определение                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.3.1. Общие понятия        |                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Буровая скважина</b>     | Цилиндрическая горная выработка в земной коре, характеризующаяся относительно малым диаметром по сравнению с длиной                                                                                                                   |
| <b>Бурение скважины</b>     | Выполнение комплекса мероприятий, в результате которых создается буровая скважина                                                                                                                                                     |
| <b>Глубина скважины</b>     | Расстояние между устьем и забоем скважины по её оси                                                                                                                                                                                   |
| <b>Диаметр скважины</b>     | Условный диаметр буровой скважины, равный номинальному диаметру пород разрушающего инструмента. (Фактический диаметр скважины, как правило, больше номинального диаметра, породоразрушающего инструмента за счёт разработки скважины) |
| <b>Забой скважины</b>       | Дно буровой скважины, перемещающееся в результате породоразрушающего инструмента на горную породу                                                                                                                                     |
| <b>Закрытие скважины</b>    | Прекращение бурения после выполнения буровой скважиной целевого назначения или вследствие нецелесообразности бурения                                                                                                                  |
| <b>Керн</b>                 | Столбик горной породы, образующийся в результате кольцевого разрушения забоя скважины                                                                                                                                                 |
| <b>Консервация скважины</b> | Выполнение комплекса работ по сохранению буровой скважины при временном преднамеренном прекращении ее бурения                                                                                                                         |
| <b>Конструкция скважины</b> | Характеристика буровой скважины, определяющая изменение ее диаметра с глубиной, а также диаметром и длины обсадных труб                                                                                                               |
| <b>Ликвидация скважины</b>  | Восстановление неразрушенного скважиной естественного состояния горных пород с целью охраны недр                                                                                                                                      |
| <b>Ось скважины</b>         | Геометрическое место точек центра забоя, перемещающегося при углубке скважины                                                                                                                                                         |
| <b>План скважины</b>        | Проекция оси скважины на горизонтальную плоскость                                                                                                                                                                                     |
| <b>Профиль скважины</b>     | Проекция оси скважины на вертикальную плоскость                                                                                                                                                                                       |
| <b>Сооружение скважины</b>  | Выполнение комплекса работ по подготовке к бурению, бурению и поддержанию скважины в устойчивом состоянии, проведение в ней необходимых исследований, ликвидации скважины или сдаче ее в эксплуатацию                                 |
| <b>Ствол скважины</b>       | Пространство, ограниченное стенками скважины.                                                                                                                                                                                         |
| <b>Стенки скважины</b>      | Боковая поверхность буровой скважины                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Трасса скважины</b>      | Положение оси скважины в пространстве                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Углубка скважины</b>     | Перемещение забоя скважины под воздействием породоразрушающего инструмента на горную породу                                                                                                                                           |

|                                         |                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Устье скважины</i></b>            | Место пересечения буровой скважиной земной поверхности или элементов горной выработки при бурении в подземных условиях.                           |
| <b><i>Шлам</i></b>                      | Частицы горной породы и истирающего материала, образующиеся в результате разрушения их при бурении                                                |
| <b>1.3.2. Основные способы бурения</b>  |                                                                                                                                                   |
| <b><i>Бескерновое бурение</i></b>       | Бурение, при котором горная порода разрушается по всему поперечному сечению скважины                                                              |
| <b><i>Бурение с продувкой</i></b>       | Бурение, при котором удаление продуктов разрушения горных пород осуществляется потоком газа                                                       |
| <b><i>Бурение с промывкой</i></b>       | Бурение, при котором удаление продуктов разрушения горных пород осуществляется потоком промывочной жидкости                                       |
| <b><i>Взрывоударное бурение</i></b>     | Бурение, при котором разрушение горной породы осуществляется под воздействием сил, возникающих в результате взрыва                                |
| <b><i>Вибрационное бурение</i></b>      | Механическое бурение, при котором внедрение бурового снаряда осуществляется вибробуром                                                            |
| <b><i>Вращательное бурение</i></b>      | Механическое бурение, при котором разрушающее усилие создается непрерывным вращением породоразрушающего инструмента с приложением осевой нагрузки |
| <b><i>Гидродинамическое бурение</i></b> | Бурение, при котором разрушение горной породы осуществляется высоконапорной струей жидкости                                                       |
| <b><i>Колонковое бурение</i></b>        | Бурение, при котором горная порода разрушается по наружной кольцевой части поперечного сечения скважины с сохранением керна                       |
| <b><i>Механическое бурение</i></b>      | Бурение, при котором разрушение горной породы осуществляется механическим воздействием породоразрушающего инструмента                             |
| <b><i>Пневмоударное бурение</i></b>     | Ударно-вращательное бурение, при котором удары сообщаются породоразрушающему инструменту пневмоударником                                          |
| <b><i>Роторное бурение</i></b>          | Вращательное бурение, при котором вращение бурового снаряда осуществляется станком с вращателем роторного типа                                    |
| <b><i>Термическое бурение</i></b>       | Бурение, при котором разрушение горной породы осуществляется тепловым воздействием                                                                |
| <b><i>Турбинное бурение</i></b>         | Вращательное бурение, при котором вращение породоразрушающего инструмента осуществляется турбобуром                                               |
| <b><i>Ударное бурение</i></b>           | Механическое бурение, при котором разрушающее усилие создается воздействием ударов породоразрушающего инструмента                                 |
| <b><i>Ударно-канатное бурение</i></b>   | Ударное бурение, при котором возвратно-поступательное движение, создаваемое станком, передается породоразрушающему инструменту канатом            |
| <b><i>Шнековое бурение</i></b>          | Вращательное бурение, при котором удаление продуктов разрушения горных пород осуществляется шнеком                                                |

|                                          |                                                                                                                                        |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.3.3. Буровые установки и машины</b> |                                                                                                                                        |
| <b>Буровая вышка</b>                     | Сооружение, устанавливаемое над устьем буровой скважины для спускоподъемных операций                                                   |
| <b>Буровая установка</b>                 | Установка, включающая наземное сооружение, буровое и энергетическое оборудование, необходимое при бурении скважины                     |
| <b>Буровой агрегат</b>                   | Агрегат, включающий буровой станок, буровой насос и силовые приводы к ним, а также аппарату контроля и регулирования процессов бурения |
| <b>Буровой насос</b>                     | Насос, предназначенный для подачи под давлением промывочной жидкости в буровую скважину                                                |
| <b>Буровой станок</b>                    | Машина, предназначенная для бурения скважины                                                                                           |
| <b>1.3.4. Буровой инструмент</b>         |                                                                                                                                        |
| <b>Бурильная колонна</b>                 | Часть бурового снаряда, состоящая из бурильных труб и их сооружений                                                                    |
| <b>Бурильная свеча</b>                   | Часть бурильной колонны, состоящая из двух или нескольких бурильных труб, неразвинчиваемых в процессе спускоподъемных операций         |
| <b>Буровой инструмент</b>                | Инструмент, предназначенный для бурения скважины                                                                                       |
| <b>Буровое долото</b>                    | Породоразрушающий инструмент, предназначенный для разрушения горных пород при бескерновом бурении                                      |
| <b>Буровой снаряд</b>                    | Набор технологического инструмента, соединенного в определенной последовательности                                                     |
| <b>Ведущая труба</b>                     | Часть бурового снаряда, непосредственно воспринимающая вращение от бурового станка                                                     |
| <b>Желонка</b>                           | Инструмент для извлечения из буровой скважины разрушенной породы или вычерпывания из нее жидкости                                      |
| <b>Колонковый набор</b>                  | Часть бурового снаряда, предназначенная для разрушения горной породы, приема и сохранения керна                                        |
| <b>Породоразрушающий инструмент</b>      | Часть бурового снаряда, которая непосредственно разрушает породу при бурении скважины                                                  |
| <b>Технологический инструмент</b>        | Буровой инструмент, при помощи которого буровой установкой производится бурение скважины                                               |
| <b>Ударная штанга</b>                    | Штанга, предназначенная для увеличения массы бурового снаряда при ударном бурении                                                      |
| <b>Ударное долото</b>                    | Буровое долото, разрушающее горную породу ударами                                                                                      |
| <b>Утяжеленная бурильная труба</b>       | Бурильная труба, имеющая повышенный вес единицы длины за счет увеличения толщины стенки                                                |
| <b>Шнек</b>                              | Труба или стержень с винтовой лентой по наружной поверхности, предназначенной для транспортировки горной породы из забоя скважины      |
| <b>1.3.5. Вспомогательный инструмент</b> |                                                                                                                                        |
| <b>Аварийный инструмент</b>              | Буровой инструмент, предназначенный для ликвидации аварий в буровой скважине                                                           |
| <b>Башмак обсадных труб</b>              | Деталь, присоединяемая к нижнему концу обсадной колонны для предохранения ее от повреждений при спуске                                 |

|                                                         |                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Вспомогательный инструмент</b>                       | Буровой инструмент, предназначенный для обслуживания технологического инструмента при бурении.                                                               |
| <b>Кондуктор</b>                                        | Обсадная колонна, предназначенная для крепления верхней части скважины                                                                                       |
| <b>Направляющая труба</b>                               | Обсадная труба, предназначенная для крепления устья скважины, придания направления стволу скважины и направления потока промывочной жидкости                 |
| <b>Обсадная колонна</b>                                 | Колонна соединённых между собой обсадных труб, предназначенная для крепления, опробования и эксплуатации скважины                                            |
| <b>Опережающая колонна</b>                              | Обсадная колонна, опережающая забой в процессе углубки скважины                                                                                              |
| <b>Потайная колонна</b>                                 | Обсадная колонна, установленная в скважине без выхода её верхнего конца на поверхность                                                                       |
| <b>Трубная муфта</b>                                    | Деталь, предназначенная для соединения бурильных или обсадных труб одного диаметра с наружной резьбой                                                        |
| <b>Трубной ниппель</b>                                  | Деталь, предназначенная для соединения бурильных, обсадных или колонковых труб одинакового диаметра с внутренней резьбой                                     |
| <b>Ходовая колонна</b>                                  | Обсадная колонна, следующая в процессе углубки скважины за породоразрушающим инструментом                                                                    |
| <b>Эксплуатационная колонна</b>                         | Обсадная колонна, применяемая для оборудования скважины для добычи воды и опробования пластов                                                                |
| <b>1.3.6. Сооружение скважин</b>                        |                                                                                                                                                              |
| <b>Бурение с нагрузкой</b>                              | Бурение, при котором осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент осуществляется суммарным воздействием веса бурового снаряда и дополнительной нагрузки   |
| <b>Забуривание скважины</b>                             | Комплекс операций выполняемых в начальный период бурения скважины и завершающийся установкой направляющей трубы                                              |
| <b>Окружная скорость породоразрушающего инструмента</b> | Параметр режима бурения, определяющий линейную скорость точки, находящейся на наружной части рабочей поверхности вращающегося породоразрушающего инструмента |
| <b>Осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент</b>  | Параметр режима бурения, определяющий силу, приложенную по оси бурового снаряда к породоразрушающему инструменту                                             |
| <b>Оптимальный режим бурения</b>                        | Технологический режим бурения, обеспечивающий получение наилучших технико-экономических показателей бурения                                                  |
| <b>Проработка скважины</b>                              | Восстановление диаметра буровой скважины, производимое перед спуском обсадных колонн, производством геофизических исследований и при ликвидации осложнений   |
| <b>Расход очистного агента</b>                          | Параметр режима бурения, определяющий количество очистного агента, подаваемое на забой скважины в единицу времени                                            |

|                                                          |                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Расширение скважины</b>                               | Процесс увеличения диаметра буровой скважины                                                                                                                                   |
| <b>Рациональный режим бурения</b>                        | Технологический режим бурения, устанавливаемый с учетом технических возможностей бурового оборудования и инструмента                                                           |
| <b>Специальный режим бурения</b>                         | Технологический режим бурения, применяемый для получения заданных качественных показателей бурения или решения специальных задач                                               |
| <b>Технологический режим бурения</b>                     | Совокупность параметров режима бурения, характеризующих работу породоразрушающего инструмента                                                                                  |
| <b>Удельная нагрузка на породоразрушающий инструмент</b> | Параметр режима бурения, определяющий осевую нагрузку, приходящуюся на единицу площади торца или диаметра породоразрушающего инструмента, или на один резец                    |
| <b>Число оборотов бурового снаряда</b>                   | Параметр режима бурения, определяющий число оборотов бурового снаряда в единицу времени                                                                                        |
| <b>Чистка скважины</b>                                   | Удаление из буровой скважины скопившегося шлама, неподнятого керна, дроби или случайно попавших посторонних предметов                                                          |
| <b>1.3.7. Промывка и продувка скважин</b>                |                                                                                                                                                                                |
| <b>Аэрированный раствор</b>                              | Промывочная жидкость, содержащая в дисперсной среде пузырьки воздуха или газа                                                                                                  |
| <b>Глинистый раствор</b>                                 | Промывочная жидкость, представляющая собой суспензию, в которой глина является дисперсной средой, а вода дисперсионной средой                                                  |
| <b>Местная циркуляция промывочной жидкости</b>           | Замкнутое движение промывочной жидкости в определенном интервале скважины                                                                                                      |
| <b>Обратная промывка скважины</b>                        | Промывка скважины, при которой промывочная жидкость подается в скважину через кольцевой зазор между буровым снарядом и стенками скважины и поднимается внутри бурового снаряда |
| <b>Очистной агент</b>                                    | Промывочная жидкость или газ, применяемые для промывки или продувки скважины                                                                                                   |
| <b>Промывка скважины</b>                                 | Очистка забоя скважины от шлама и охлаждения породоразрушающего инструмента жидкостью                                                                                          |
| <b>Прямая промывка скважины</b>                          | Промывка скважины, при которой промывочная жидкость подается в скважину через буровой снаряд и поднимается по кольцевому зазору между снарядом и стенками скважины             |
| <b>Продувка скважины</b>                                 | Очистка забоя скважины от шлама и охлаждение породоразрушающего инструмента воздухом                                                                                           |
| <b>Призабойная циркуляция промывочной жидкости</b>       | Местная циркуляция промывочной жидкости в интервале скважины, примыкающем к забою                                                                                              |
| <b>Промывочная жидкость</b>                              | Жидкость, применяемая для промывки скважины.                                                                                                                                   |

|                                                  |                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Утяжелитель</b>                               | Тонкоизмельченный порошок тяжелых минералов, добавляемый в промывочную жидкость или цементный раствор для повышения их плотности                                   |
| <b>Утяжеленный раствор</b>                       | Промывочная жидкость, содержащая в дисперсной фазе утяжелители                                                                                                     |
| <b>1.3.8. Крепление и тампонирование скважин</b> |                                                                                                                                                                    |
| <b>Крепление скважин</b>                         | Закрепление стенок скважины для предупреждения осложнений при опробовании                                                                                          |
| <b>Ликвидационное тампонирование</b>             | Тампонирование, проводимое при ликвидации скважины для охраны недр                                                                                                 |
| <b>Тампонирование скважин</b>                    | Комплекс работ по изоляции отдельных интервалов скважины                                                                                                           |
| <b>Цементирование скважин</b>                    | Тампонирование скважины цементом или цементосодержащими материалами                                                                                                |
| <b>1.3.9. Ликвидация аварий и осложнений</b>     |                                                                                                                                                                    |
| <b>Авария в скважине</b>                         | Непредвиденное прекращение углубки скважины, вызванное нарушением состояния буровой скважины или находящегося в ней бурового инструмента                           |
| <b>Заиламование в скважине</b>                   | Осложнение в скважине в следствие скопления в ней шлама                                                                                                            |
| <b>Ловильные работы в скважине</b>               | Работы по ликвидации аварии в скважине с применением ловильного инструмента                                                                                        |
| <b>Осложнение в скважине</b>                     | Затруднение углубки скважины, вызванное нарушением состояния буровой скважины                                                                                      |
| <b>Поглащение промывочной жидкости</b>           | Осложнение в скважине, характеризующееся полной или частичной потерей промывочной жидкости в процессе бурения                                                      |
| <b>Разбуривание</b>                              | Ликвидация аварии или осложнения в скважине путем разрушения породоразрушающим инструментом завала породы                                                          |
| <b>Фрезерование в скважине</b>                   | Ликвидация аварии или осложнения в скважине путем разрушения режущим инструментом оставленных элементов бурового снаряда и случайно попавших посторонних предметов |
| <b>1.3.10. Бурение направленных скважин</b>      |                                                                                                                                                                    |
| <b>Естественное искривление в скважине</b>       | Непреднамеренное искривление скважины, вызванное геолого-техническими причинами                                                                                    |
| <b>Искривление скважины</b>                      | Изменение направления оси скважины в пространстве                                                                                                                  |
| <b>Искусственное искривление скважины</b>        | Преднамеренное искривление скважины с помощью технических средств или технологических приемов                                                                      |
| <b>Искусственный забой</b>                       | Опора для установки отклонителя, искусственно создаваемая в буровой скважине                                                                                       |
| <b>Направление бурения</b>                       | Бурение скважины по заранее запроектированному направлению с применением искусственного и учетом естественного искривлений                                         |
| <b>Отклонитель</b>                               | Инструмент для искусственного искривления скважины                                                                                                                 |

## Условные обозначения и единицы измерения

| Наименование величин                                                                                                           | Буквенные обозначения в формулах и на схемах | Единицы измерения         |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
|                                                                                                                                |                                              | наименование              | обозначение       |
| 1                                                                                                                              | 2                                            | 3                         | 4                 |
| Водоотдача глинистого раствора статическая                                                                                     | В                                            | кубический сантиметр      | см <sup>3</sup>   |
| Водоцементное отношение                                                                                                        | В/Ц                                          | -                         |                   |
| Высота каверны бесфильтровой скважины                                                                                          | h                                            | метр                      | м                 |
| Высота свода обрушения кровли бесфильтровой скважины                                                                           | h <sub>об</sub>                              | метр                      | м                 |
| Высота подъема цементного раствора в затрубном пространстве                                                                    | H <sub>ц</sub>                               | метр                      | м                 |
| Выходная скорость фильтрации                                                                                                   | V <sub>о</sub>                               | метр в час                | м/ч               |
| Вязкость динамическая промывочной жидкости                                                                                     | η                                            | паскаль-секунда           | Па с              |
| Геометрическая высота подъема воды насосом                                                                                     | H <sub>г</sub>                               | метр                      | м                 |
| Гидростатическое сопротивление воды в водоносном пласте                                                                        | Z <sub>м</sub>                               | ньютон-секунда на метр    | Н с/м             |
| Глубина понижения эрлифта                                                                                                      | H <sub>э</sub>                               | метр                      | м                 |
| Глубина понижения уровня воды в скважине                                                                                       | S                                            | метр                      | м                 |
| Глубина от поверхности земли до динамического уровня воды в скважине                                                           | h <sub>г</sub>                               | метр                      | м                 |
| Глубина скважины                                                                                                               | H                                            | метр                      | м                 |
| Давление бурового насоса, необходимая для продавливания цементного раствора в промывочной жидкости при цементировании скважины | p                                            | паскаль                   | Па                |
| Дебит скважины                                                                                                                 | Q                                            | кубический метр в секунду | м <sup>3</sup> /с |
| Диаметр башмака внутренний                                                                                                     | d <sub>б</sub> <sup>в</sup>                  | миллиметр                 | мм                |
| Диаметр башмака наружный                                                                                                       | d <sub>б</sub> <sup>н</sup>                  | миллиметр                 | мм                |
| Диаметр бурильной трубы                                                                                                        | d <sub>бт</sub> <sup>в</sup>                 | миллиметр                 | мм                |

|                                                               |                            |                                 |                 |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------|
| внутренний                                                    |                            |                                 |                 |
| Диаметр бурильной трубы<br>наружный                           | $d_{\text{бт}}^{\text{H}}$ | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр зерен водоносного<br>грунта процентный                | $d_{\%}^{\text{r}}$        | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр зерен загрузки<br>гравийного фильтра<br>процентный    | $d_{\%}^{\Phi}$            | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр муфты внутренний                                      | $D_{\text{M}}^{\text{B}}$  | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр муфты наружный                                        | $D_{\text{M}}^{\text{H}}$  | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр ниппеля<br>внутренний                                 | $D_{\text{H}}^{\text{B}}$  | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр ниппеля наружный                                      | $D_{\text{H}}^{\text{H}}$  | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр обсадной трубы<br>внутренний                          | $D_{\text{O}}^{\text{B}}$  | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр обсадной трубы<br>наружный                            | $D_{\text{O}}^{\text{H}}$  | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр скважины<br>конечный                                  | $D_{\text{K}}$             | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр скважины<br>начальный                                 | $D_{\text{H}}$             | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр ударной штанги                                        | $d_{\text{y}}$             | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр утяжеленной<br>трубы внутренний                       | $d_{\text{ут}}^{\text{B}}$ | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр утяжеленной<br>трубы наружный                         | $d_{\text{ут}}^{\text{H}}$ | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр фильтра<br>внутренний                                 | $D_{\text{Ф}}^{\text{B}}$  | миллиметр                       | мм              |
| Диаметр фильтра наружный                                      | $D_{\text{Ф}}^{\text{H}}$  | миллиметр                       | мм              |
| Длина водоприемной части<br>скважины                          | $L_{\text{B}}$             | метр                            | м               |
| Длина рабочей части<br>фильтра                                | $L_{\text{рФ}}$            | метр                            | м               |
| Длина фильтра общая                                           | $L_{\text{Ф}}$             | метр                            | м               |
| Зазор между тарелками<br>гравитационного фильтра              | $h_{\text{Г}}$             | миллиметр                       | мм              |
| Кольматаж глинистого<br>раствора (толщина<br>глинистой корки) | $k$                        | миллиметр                       | мм              |
| Концентрация глинистого<br>раствора                           | $K$                        | килограмм на<br>метр кубический | $\text{кг/м}^3$ |
| Коэффициент фильтрации<br>водоносного грунта                  | $K_{\text{Ф}}$             | метр в час                      | м/ч             |
| Масса бурового снаряда                                        | $G$                        | килограмм                       | кг              |
| Масса долота                                                  | $G_{\text{д}}$             | килограмм                       | кг              |
| Масса одного погонного<br>метра трубы                         | $G_{\text{т}}$             | килограмм                       | кг              |
| Масса ударной штанги                                          | $G_{\text{y}}$             | килограмм                       | кг              |
| Модуль упругости                                              | $E$                        | паскаль                         | Па              |

|                                                                                              |                             |                 |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------|
| бурильных труб                                                                               |                             |                 |                |
| Мощность насосного агрегата                                                                  | N                           | ватт            | Вт             |
| Объем каверны бесфильтровой скважины                                                         | W                           | метр кубический | м <sup>3</sup> |
| Объем промывочной жидкости для продавливания цементного раствора при цементировании скважины | W <sub>ж</sub>              | метр кубический | м <sup>3</sup> |
| Объем цементного раствора для цементирования скважины                                        | W <sub>ц</sub>              | метр кубический | м <sup>3</sup> |
| Окружная скорость породоразрушающего инструмента при вращательном бурении                    | V <sub>ок</sub>             | метр в секунду  | м/с            |
| Осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент                                              | G <sub>о</sub>              | ньютон          | Н              |
| Площадь боковой поверхности бесфильтровой скважины                                           | μ                           | метр квадратный | м <sup>2</sup> |
| Пористость водоносного грунта                                                                | ρ <sub>г</sub>              | проценты        | %              |
| Пористость фильтра                                                                           | ρ <sub>ф</sub>              | проценты        | %              |
| Потери напора в напорном трубопроводе                                                        | h <sub>в</sub> <sup>Н</sup> | метр            | м              |
| Потери напора во всасывающем трубопроводе                                                    | h <sub>в</sub> <sup>В</sup> | метр            | м              |
| Предельный гидравлический уклон                                                              | i                           | -               | -              |
| Продолжительность закачивания глинистого раствора при цементировании скважины                | T <sub>г</sub>              | секунда         | с              |
| Продолжительность закачивания цементного раствора при цементировании скважины                | T <sub>ц</sub>              | секунда         | с              |
| Продолжительность тампонирувания скважины                                                    | T                           | секунда         | с              |
| Радиус каверны бесфильтровой скважины                                                        | R                           | метр            | м              |
| Размер проходных отверстий фильтра                                                           | d <sub>ф</sub>              | миллиметр       | мм             |
| Размер частиц водоносного грунта                                                             | d <sub>г</sub>              | миллиметр       | мм             |
| Разница в диаметрах смежных колонн обсадных                                                  | Δd                          | миллиметр       | мм             |

|                                                              |               |                                              |                   |
|--------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------|-------------------|
| труб                                                         |               |                                              |                   |
| Расстояние от поверхности земли до водоупора                 | $h_B$         | метр                                         | м                 |
| Расстояние от поверхности земли до кровли водоносного пласта | $h_K$         | метр                                         | м                 |
| Скорость углубки скважины механическая                       | $V_M$         | метров в сутки                               | м/сут             |
| Скорость углубки скважины техническая                        | $V_T$         | метр в станкомесяц                           | м/станкомесяц     |
| Скорость углубки скважины общая                              | $V_{об}$      | метр в станкомесяц                           | м/станкомесяц     |
| Скорость углубки скважины полная                             | $V_{п}$       | метр в станкомесяц                           | м/станкомесяц     |
| Содержание песка в глинистом растворе                        | $\Pi$         | проценты                                     | %                 |
| Стабильность глинистого раствора                             | $C$           | проценты                                     | %                 |
| Статический слой воды в скважине                             | $H_c$         | метр                                         | м                 |
| Статический уровень воды в скважине                          | $CUB$         | метр                                         | м                 |
| Статическое напряжение сдвигу глинистого раствора            | $A$           | килограмм на метр квадратный                 | $кг/м^2$          |
| Толщина водоносного пласта                                   | $m$           | метр                                         | м                 |
| Толщина стенки бурильной трубы                               | $t_б$         | миллиметр                                    | мм                |
| Толщина стенки обсадной трубы                                | $t_o$         | миллиметр                                    | мм                |
| Толщина фильтра                                              | $t_{ф}$       | миллиметр                                    | мм                |
| Угол внутреннего трения породы                               | $\alpha$      | градус                                       | °                 |
| Угол естественного откоса водоносного грунта                 | $\psi$        | градус                                       | °                 |
| Угол кривизны скважины                                       | $\beta$       | градус                                       | °                 |
| Удельная плотность воды                                      | $\gamma_B$    | килограмм на метр кубический                 | $кг/м^3$          |
| Удельная плотность водоносного грунта                        | $\gamma_{г}$  | килограмм на метр кубический                 | $кг/м^3$          |
| Удельная плотность глинистого раствора                       | $\gamma_{гр}$ | килограмм на метр кубический                 | $кг/м^3$          |
| Удельная плотность грунта кровли                             | $\gamma_K$    | килограмм на метр кубический                 | $кг/м^3$          |
| Удельная плотность цемента                                   | $\gamma_{ц}$  | килограмм на метр кубический                 | $кг/м^3$          |
| Удельный дебит скважины                                      | $q$           | кубический метр в секунду на 1 погонный метр | $м^3/с$ на 1 п.м. |

|                                                         |          |                  |      |
|---------------------------------------------------------|----------|------------------|------|
| Число оборотов долота в единицу времени                 | $n_{об}$ | оборот в секунду | об/с |
| Число колонн обсадных труб                              | $n$      | штук             | шт   |
| Число ударов долота по забою скважины в единицу времени | $n_{уд}$ | ударов в секунду | уд/с |

#### 1.4. Выбор местоположения скважинного водозабора

Водозаборная скважина должна быть заложена на таком участке, где гидрогеологические условия допускают получение требуемого количества воды, а состояние его удовлетворяет санитарным требованиям. Вместе с тем по технико-экономическим соображениям скважину желательно не удалять на большие расстояния от объекта водоснабжения.

Участок для заложения скважины следует выбирать по возможности с таким расчетом, чтобы в дальнейшем при увеличении потребности в воде на нем можно было заложить еще одну или несколько скважин.

Если в населенном пункте, где предполагается соорудить скважину, уже существуют водозаборные скважины, то новую скважину следует закладывать с учетом возможности соединения ее с существующими скважинами, для создания взаимного резерва.

Скважины целесообразно размещать в жилых поселках промышленных предприятий или в разрыве между поселком и промплощадкой предприятия. Санитарная обстановка в этих местах большей частью благоприятнее и здесь легче выделить достаточно большой участок для организации первого пояса зоны санитарной охраны.

В сельских населенных пунктах скважины также нужно размещать вне производственных территорий, учитывая необходимость организации первого пояса зоны санитарной охраны.

Для исключения возможности влияния поверхностного источника загрязнения на качество воды в проектируемой скважине последнюю следует закладывать с таким расчетом, чтобы источник загрязнения находился за пределами площади ее питания.

При отсутствии артезианских водоносных горизонтов, пригодных к использованию для водоснабжения, скважины часто закладывают на поймах и на террасах долин рек, где грунтовые воды получают из аллювиальных песков. С санитарной точки зрения к таким участкам нужно относиться осторожно. Не следует размещать скважины близко к реке, чтобы избежать подсоса загрязненных речных вод. Участки, находящиеся по течению реки ниже города или поселка, также неблагоприятны для заложения скважин, так как здесь возможно влияние канализационных, промышленных и ливневых стоков на качество вод аллювиальных отложений.[9.27]

#### 1.5. Порядок проектирования водозаборных скважин

Подземные воды на территории России находятся в собственности государства. При их использовании в народном хозяйстве возникает круг водных отношений, которые подлежат регулированию на основании законодательных актов.

Проектирование скважинных водозаборов может осуществляться только организациями, имеющими право на проведение этих работ

Для проектирования и сооружения эксплуатационных водозаборных скважин, а также для переоборудования разведочных скважин в эксплуатационные требуется разрешение федеральных органов геологии или территориальных производственных геологических объединений, местных органов государственного санитарного надзора и органов по регулированию использования и охране вод.

Проектные работы могут осуществляться в несколько стадий. Стадийность проектирования и требования по содержанию проектных материалов на каждой стадии изложены в [7].

При одностадийном проектировании составляется рабочий проект со сводным сметным расчетом стоимости. В этом проекте обычно используются типовые или повторно применяемые проекты. Кроме того, одностадийное проектирование обычно применяют при составлении технически несложных проектов.

В две стадии составляется обычно проект для устройства крупных и сложных скважинных водозаборов. Этот проект кроме сводного сметного расчета должен содержать рабочую документацию со сметами для каждого элемента или узла, водозабора.

Проектирование использования подземных вод осуществляется не только при разработке конкретных проектов водообеспечения отдельных объектов, но и для определения принципиальных направлений развития народного хозяйства, при составлении генеральных, бассейновых и территориальных схем комплексного использования и охраны водных ресурсов. Решения, принятые в этих схемах, подлежат обязательному учету при разработке проектно-сметной документации для отдельных объектов.

Перед началом проектирования скважин для водообеспечения осуществляется сбор и изучение имеющихся фондовых, архивных и литературных материалов. Это делается для того, чтобы получить достоверные сведения по следующему перечню вопросов:

- а) физико-географические условия (рельеф, климат);
- б) геологическое строение;
- в) условия и глубина залегания подземных вод, состав и фильтрационные свойства водоносных пород, режимы движения подземных вод;
- г) качество подземных вод, санитарное состояние и защищенность их от возможного загрязнения;
- д) степень использования подземных вод существующими водозаборными сооружениями;
- е) ожидаемое взаимодействие проектируемых водозаборных сооружений с существующими эксплуатируемыми водозаборами подземных вод.

На основе анализа собранных данных производится приближенная оценка ресурсов и качества подземных вод, определяется оптимальный дебит скважин, положение динамического уровня, выбирается целесообразная конструкция скважины.

Проект водозаборной скважины для водообеспечения состоит из пояснительной записки и геолого-технического разреза скважины. К проекту прилагаются копии всех предварительных согласований, произведенных при выборе местоположения скважины. Пояснительная записка состоит из общей и специальной части.

В общей части приводятся данные о географическом и административном положении участка размещения скважины, указывается заданное заказчиком водопотребление, даются краткие сведения по геологическому строению, гидрогеологическим и санитарным условиям.

В специальной части обосновываются: выбор того или иного водоносного горизонта, глубина и эксплуатационный диаметр скважин, тип фильтра, изоляция межтрубных и затрубных зазоров неиспользуемых водоносных горизонтов, выбирается целесообразный способ бурения, определяются требования к опытным откачкам, отборам проб воды на анализы и т.д.

В проектом геолого-техническом разрезе скважины приводятся возможные конструкции скважины при сравниваемых способах бурения и конструкциях эксплуатационной скважины, дается литологическое описание геологического разреза с категориями пород по буримости, выделяются водоносные горизонты с ожидаемыми статическими и динамическими уровнями. [12,19,22].

## **1.6. Исходные данные для проектирования.**

### **1.6.1. Исходные данные для реального проектирования**

Состав исходных данных при реальном проектировании определяется в зависимости от стадии проектирования.[13,28]

Для проектных работ требуются три группы исходных данных:

- а) техническое задание, в котором указывается состав водопотребителей, места их размещения, требования к качеству воды;
- б) топографические карты и планы различных масштабов;
- в) сведения о наличии подземных вод для использования по различному назначению. Если такие данные отсутствуют, проектная организация выдает задание геологическим организациям на разведку подземных вод.

Кроме вышеперечисленных, при разработке проектов, исходными являются следующие материалы:

- а) данные о разведке подземных вод в районе размещения водопотребителей
- б) разрешение на использование подземных вод, полученное заказчиком в соответствии с требованиями пункта 1.4 [28];
- в) топографический план участка будущего водозабора;

г) материалы для оценки возможных изменений качества подземных вод под влиянием природных и механических факторов;

д) сведения о возможном влиянии отбора подземных вод на экологические и гидромелиоративные условия прилегающей к водозабору местности;

е) характеристики физико-механических и водных свойств грунтов, агрессивности среды, в которой будут находиться водозаборные сооружения;

ж) сведения о местных строительных материалах, их запасах и качестве.

## 1.6.2. Выбор исходных данных для учебного проектирования

1.6.2.1. Для выполнения курсовых проектов, расчетно-географических работ и практических заданий каждому студенту преподаватель предлагает индивидуальный вариант, представляющий собой двузначное число. По первой цифре варианта принимаются исходные данные для построения геологического разреза (таблицы 9,10) и общие данные для проектирования (таблица 11). По второй цифре варианта принимаются показатели качества воды в водоносных пластах и характеристики водоносных горизонтов (таблицы 12,13,14).

1.6.2.2. Для построения геологического разреза предлагаются исходные данные для девяти пластов, три из которых являются водоносными. По таблице 1 подбираются варианты сведений о каждом пласте. Эти сведения принимаются по таблице 9

Таблица 9

### Сведения о пластах геологического разреза

| Номер пласта | Вариант задания (первая цифра) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|              | 0                              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|              | Вариант пласта                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1            | 4                              | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 |
| 2            | 1                              | 1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 4 |
| 3            | 2                              | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 1 | 4 | 2 | 1 |
| 4            | 2                              | 3 | 3 | 4 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 5            | 1                              | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 |
| 6            | 3                              | 3 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 1 | 3 | 2 |
| 7            | 3                              | 1 | 3 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 2 |
| 8            | 3                              | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 9            | 1                              | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |

Таблица 10

### Сведения о пластах геологического разреза

| Номер пласта | Вариант пласта | Наименование горных пород | Мощность пласта |
|--------------|----------------|---------------------------|-----------------|
| 1            | 2              | 3                         | 4               |

|   |   |                   |      |
|---|---|-------------------|------|
| 1 | 1 | Растительный слой | 4    |
|   | 2 | Растительный слой | 2    |
|   | 3 | Песок             | 1    |
|   | 4 | Песок             | 4    |
| 2 | 1 | Глина             | 30,4 |
|   | 2 | Конгломерат       | 41,2 |
|   | 3 | Песчаник          | 44,7 |
|   | 4 | Суглинок          | 29,6 |
| 3 | 1 | Песок водоносный  | 17,7 |
|   | 2 | Песок водоносный  | 18,9 |
|   | 3 | Песок водоносный  | 22,4 |
|   | 4 | Песок водоносный  | 20,5 |
| 4 | 1 | Конгломерат       | 15,7 |
|   | 2 | Песчаник          | 21,4 |
|   | 3 | Суглинок          | 37,8 |
|   | 4 | Суглинок          | 29,7 |
| 5 | 1 | Песчаник          | 20,2 |
|   | 2 | Глина             | 22,6 |
|   | 3 | Мел               | 31,1 |
|   | 4 | Песчаник          | 41,2 |
| 6 | 1 | Песок водоносный  | 23,0 |
|   | 2 | Песок водоносный  | 26,9 |
|   | 3 | Песок водоносный  | 27,6 |
|   | 4 | Песок водоносный  | 31,8 |
| 7 | 1 | Суглинок          | 16,8 |
|   | 2 | Конгломерат       | 41,6 |
|   | 3 | Глина             | 18,9 |
|   | 4 | Мел               | 54,5 |
| 8 | 1 | Песок водоносный  | 42,8 |
|   | 2 | Песок водоносный  | 24,6 |
|   | 3 | Песок водоносный  | 16,2 |
|   | 4 | Песок водоносный  | 31,4 |
| 9 | 1 | Суглинок          | 17,9 |
|   | 2 | Конгломерат       | 24,7 |
|   | 3 | Мел               | 30,4 |
|   | 4 | Глина             | 36,8 |

Таблица 11

### Общие данные для проектирования

|              |         |
|--------------|---------|
| Наименование | Вариант |
|--------------|---------|

| показателей                                                                  | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7    | 8   | 9    | 0   |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|------|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|
| Среднесуточная водопотребность<br>Q <sub>ср.сут.</sub> , м <sup>3</sup> /сут | 950 | 1200 | 1000 | 1250 | 1050 | 800 | 1100 | 850 | 1150 | 900 |
| Время работы водоподъемника в течении сут.<br>Т, час.                        | 16  | 22   | 18   | 24   | 20   | 20  | 22   | 18  | 24   | 16  |
| Абсолютная отметка устья скважины, м                                         | 205 | 365  | 225  | 45   | 405  | 85  | 285  | 125 | 325  | 165 |
| Отметка, на которую необходимо подать воду, м                                | 220 | 385  | 241  | 55   | 422  | 96  | 303  | 138 | 344  | 179 |

Таблица 12

**Показатели качества воды и характеристики водоносного  
песка 1 водоносного горизонта**

| Показатели                          | Варианты |      |     |      |      |     |      |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|
|                                     | 1        | 2    | 3   | 4    | 5    | 6   | 7    | 8    | 9    | 0    |
| Запах и привкус, баллы              | 4        | 3    | 1   | 5    | 2    | 1   | 2    | 3    | 3    | 4    |
| Мутность, мг/л                      | 0        | 0,7  | 0,5 | 1,5  | 1,8  | 2,4 | 2,0  | 5,0  | 1,0  | 3,0  |
| Цветность, град                     | 23       | 26   | 10  | 19   | 23   | 17  | 21   | 42   | 18   | 36   |
| Сухой остаток, мг/л                 | 1730     | 840  | 730 | 930  | 1120 | 940 | 1260 | 1020 | 1290 | 650  |
| Общая жесткость, мг-экв/л           | 6,0      | 8,0  | 4,1 | 9,0  | 6,5  | 3,7 | 7,7  | 9,5  | 7,0  | 8,5  |
| К-во кишеч. палочек в 1л воды       | 1        | 2    | 1   | 4    | 4    | 1   | 1    | 5    | 2    | 1    |
| 50% размер частиц водоносного песка | 0,5      | 0,05 | 1,0 | 0,1  | 2,0  | 1,5 | 3,0  | 2,5  | 4,0  | 0,8  |
| Коэффиц. фильтрац., м/сут           | 20       | 19   | 5   | 1,5  | 23   | 25  | 17   | 3,5  | 27   | 13   |
| Удельный дебит, м <sup>3</sup> /ч   | 0,48     | 0,33 | 0,9 | 0,52 | 0,43 | 1,1 | 0,56 | 0,46 | 0,53 | 0,60 |

|                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Статич.<br>напор, м | 20 | 32 | 41 | 25 | 24 | 39 | 30 | 22 | 34 | 35 |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

Таблица 13

**Показатели качества воды и характеристики водоносного  
песка 2 водоносного горизонта**

| Показатели                          | Варианты |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                     | 1        | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 0    |
| Запах и привкус, баллы              | 1        | 2   | 5    | 4    | 1    | 2    | 2    | 2    | 1    | 3    |
| Мутность, мг/л                      | 0        | 0,2 | 0,5  | 2,0  | 1,5  | 4,5  | 2,5  | 0,8  | 1,0  | 4,0  |
| Цветность, град                     | 11       | 17  | 14   | 26   | 19   | 37   | 25   | 13   | 15   | 21   |
| Сухой остаток, мг/л                 | 1860     | 900 | 1230 | 1050 | 670  | 1590 | 1150 | 760  | 950  | 1810 |
| Общая жесткость, мг-экв/л           | 8,8      | 6,8 | 7,7  | 8,8  | 7,0  | 7,5  | 9,2  | 6,3  | 5,1  | 9,5  |
| К-во кишеч. палочек в 1л воды       | 3        | 1   | 6    | 3    | 3    | 2    | 4    | 2    | 2    | 4    |
| 50% размер частиц водоносного песка | 0,5      | 1,0 | 0,8  | 2,0  | 1,5  | 3,0  | 0,1  | 2,5  | 0,25 | 3,5  |
| Коэффиц. фильтрац., м/сут           | 4,5      | 42  | 32   | 7    | 34   | 3,2  | 36   | 11   | 14   | 18   |
| Удельный дебит, м³/ч                | 0,36     | 0,8 | 0,26 | 0,4  | 0,85 | 0,34 | 0,29 | 0,95 | 1,0  | 0,44 |
| Статич. напор, м                    | 35       | 53  | 30   | 45   | 55   | 28   | 54   | 67   | 59   | 42   |

Таблица 14

**Показатели качества воды и характеристики водоносного  
песка 3 водоносного горизонта**

| Показатели             | Варианты |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                        | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Запах и привкус, баллы | 1        | 2 | 3 | 1 | 3 | 5 | 1 | 4 | 4 | 2 |

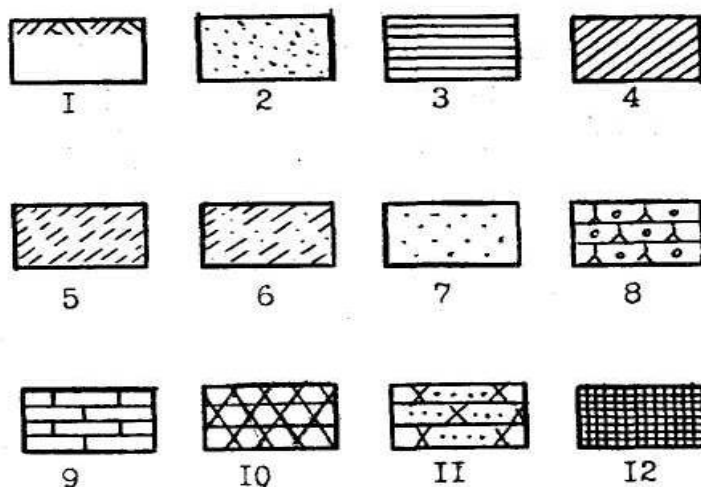
|                                              |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Мутность,<br>мг/л                            | 0,7  | 1,4  | 2,2  | 0,5 | 2,5  | 1,4  | 0    | 3,0  | 1,5  | 1,0  |
| Цветность,<br>град                           | 12   | 25   | 28   | 14  | 20   | 24   | 16   | 22   | 22   | 18   |
| Сухой<br>остаток,<br>мг/л                    | 750  | 1670 | 890  | 800 | 1180 | 1180 | 850  | 1980 | 1200 | 900  |
| Общая<br>жесткость,<br>мг-экв/л              | 5,5  | 5,0  | 10,3 | 6,0 | 8,5  | 8,0  | 6,5  | 7,5  | 5,5  | 4,0  |
| К-во кишеч.<br>палочек в 1л<br>воды          | 1    | 1    | 5    | 2   | 4    | 5    | 3    | 3    | 6    | 1    |
| 50% размер<br>частиц<br>водоносного<br>песка | 0,25 | 4,0  | 0,5  | 1,8 | 1,0  | 0,7  | 2,0  | 1,5  | 0,9  | 3,0  |
| Коэффиц.<br>филтрац.,<br>м/сут               | 39   | 33   | 5    | 29  | 10   | 15   | 36   | 26   | 20   | 23   |
| Удельный<br>дебит,<br>м <sup>3</sup> /ч      | 1,15 | 0,26 | 0,64 | 1,2 | 0,36 | 0,3  | 1,03 | 0,23 | 0,34 | 0,82 |
| Статич.<br>напор, м                          | 65   | 25   | 40   | 80  | 50   | 30   | 75   | 45   | 35   | 70   |

## ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКВАЖИННОГО ВОДОЗАБОРА.

### 2.1. Построение проектного геолого-технического разреза.

Проектирование скважинного водозабора начинают с построения проектного геолого-технического разреза. На рис.7 приведен пример такого разреза. В графе 1 откладывается вертикальный масштаб. С учетом этого масштаба и исходных данных, принятых из таблицы 9 и 10, заполняются графы 2, 3, 4. В графе 5 глубина подошвы – это расстояние от поверхности земли до подошвы водоносного пласта. В графу 6 записываются абсолютные отметки подошв каждого пласта. В графе 7 геологический разрез заполняется с учетом условных обозначений, приведенных на рис.8. В графе 8, 9, 10 приводятся отметки статических уровней водоносных пластов. Для того, чтобы найти отметку статического уровня водоносного пласта, необходимо к абсолютной отметке кровли водоносного пласта (или подошвы предыдущего пласта, что одно и то же) прибавить статический напор пласта (см. таблицы 12, 13, 14). Графы 11, 12, 13 и 14 заполняются в процессе конструирования скважины (см. пункты 2.13.4 и 2.14.2 данного пособия).





*Рис. 8. Условные обозначения пород*

1 – растительный слой; 2 – песок; 3 – глина четвертичная; 4 – суглинок; 5 – суглинок лессовидный; 6 – супесь; 7 – гравий; 8 – конгломерат; 9 – известняк; 10 – брекчия; 11 – песчаник; 12 – мел.

## 2.2. Выбор водоносного пласта

Подземные воды как источник водоснабжения могут быть приняты для проектирования в следующих случаях:

- если запасы подземных вод удовлетворяют потребность в воде, а при недостаточных запасах-если возможно их увеличение до расчетной потребности путем искусственного пополнения;
- если качество воды удовлетворяет ГОСТ 2874-82;
- если качество воды при его отклонении от указанных государственных стандартов может быть доведено до требуемой кондиции способами обработки, предусмотренными СНиП 2.04.02-84;
- если вода с отклонением от государственных стандартов по отдельным ингредиентам своего химического состава по разрешению органов здравоохранения может быть подана водопотребителям;
- если имеется возможность создать зону санитарной охраны в соответствии с Положением;
- если использование подземных вод для водоснабжения в каждом конкретном случае наиболее экономично по сравнению с использованием других источников (рек, каналов, озер, водохранилищ), в том числе по сравнению с возможной подачей воды от уже существующей в районе системы водоснабжения;

- если независимо от технико-экономических соображений использование подземных вод задано специальными условиями водоснабжения] .[21.

Выбор водоносного пласта должен проводиться с учетом его санитарной надежности и возможности получения питьевой воды.

Пригодность источника для хозяйственно-питьевого водоснабжения устанавливается на основе:

- санитарной оценке условий формирования и залегания вод подземного источника водоснабжения;
- санитарной оценке поверхностного источника водоснабжения, а также прилегающей территории выше и ниже водозабора по течению воды;
- оценке качества и количества воды источника водоснабжения;
- санитарной оценке места размещения водозаборных сооружений;
- прогноза санитарного состояния источников.

В зависимости от качества воды и требуемой степени обработки для доведения ее до показателей ГОСТ 2874-82 водные объекты, пригодные в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, делят на 3 класса.

1-й класс – качество воды по всем показателям удовлетворяет требованиям ГОСТ 2874-82;

2-й класс – качество воды имеет отклонения по отдельным показателям от требований ГОСТ 2874-82, которые могут быть устранены аэрированием, фильтрованием, обеззараживанием; или источники с непостоянным качеством воды, которое проявляется в сезонных колебаниях сухого остатка в пределах нормативов ГОСТ 2874-82, требующие профилактического обеззараживания;

3-й класс – доведение качества воды до требований ГОСТ 2874-82 методами обработки, предусмотренными во 2-м классе, с применением дополнительных – фильтрование с предварительным отстаиванием, использование реагентов и т.д.

Показатели качества воды источников водоснабжения приведены в таблице 15.[25].

Таблица 15

**Показатели качества воды источников водоснабжения**

| Наименование показателей                                      | Показатели качества воды источника по классам |         |     |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------|-----|
|                                                               | 1                                             | 2       | 3   |
| Мутность, мг/дм <sup>3</sup> , не более                       | 1,5                                           | 1,5     | 10  |
| Цветность, градусы, не более                                  | 20                                            | 20      | 50  |
| Водородный показатель (рН)                                    | 6-9                                           | 6-9     | 6-9 |
| Железо (Fe), мг/дм <sup>3</sup> , не более                    | 0,3                                           | 10      | 20  |
| Марганец (Mn), мг/дм <sup>3</sup> , не более                  | 0,1                                           | 1       | 2   |
| Сероводород (H <sub>2</sub> S), мг/дм <sup>3</sup> , не более | Отсутствует                                   | 3       | 10  |
| Фтор (F), мг/дм <sup>3</sup> , не более                       | 1,5-0,7                                       | 1,5-0,7 | 5   |

|                                                                              |        |          |            |
|------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|------------|
| Окисляемость перманганатная мгО/дм <sup>3</sup> , не более                   | 2<br>3 | 5<br>100 | 15<br>1000 |
| Число бактерий группы кишечных палочек (БГКП) в 1 дм <sup>3</sup> , не более |        |          |            |

При выполнении курсового проекта сравниваются показатели качества воды каждого водоносного пласта с нормативными требованиями. Отдельные наиболее часто встречающиеся предельные значения качества приведены в таблице 16.

Таблица 16

**Основные требования к качеству воды (по ГОСТ 2874-82)**

| Наименование показателей                   | Единицы измерения | Предельное значение показателей |
|--------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Запах и привкус                            | балл              | 2                               |
| Мутность                                   | мг/л              | 1,5                             |
| Цветность                                  | град.             | 20                              |
| Сухой остаток                              | мг/л              | 1000                            |
| Общая жесткость                            | мг-экв/л          | 7                               |
| Количество кишечных палочек в 1 литре воды | штук              | 3                               |

После сравнения показателей для каждого водоносного пласта делается вывод о необходимости очистки воды.

Определяется максимальный возможный дебит каждого пласта по формуле:

$$q = 0.5 \cdot q_0 \cdot H_c, \text{ м}^3/\text{час}, \quad (1)$$

где  $q_0$  - удельный дебит водоносного пласта, м<sup>3</sup>/час на 1 метр понижения уровня;

$H_c$  - статический напор водоносного пласта, м.

Для каждого водоносного пласта делается вывод о величине дебита и о возможности обеспечить водопотребление объекта водоснабжения.

Составляется общее заключение о возможности эксплуатации каждого из обследованных пластов и производится выбор эксплуатационного пласта. Если по предварительным данным такой выбор сделать невозможно рассматриваются различные возможные варианты скважинного водозабора, производится технико-экономическое сравнение этих вариантов и делается окончательный выбор эксплуатационного пласта. При других равных условиях наиболее подходящим для эксплуатации является водоносный пласт, который содержит воду наилучшего качества, имеет большой удельный дебит и расположен ближе других к поверхности земли.

## 2.3. Определение количества скважин

2.3.1. Количество проектируемых рабочих эксплуатационных скважин определяется из условия обеспечения суточной водопотребности объекта водоснабжения по формуле:

$$n_{\delta} = \frac{Q}{t \cdot q_{\delta\delta} \cdot S}, \text{ шт}, \quad (2)$$

где  $Q$  - суточная водопотребность объекта водоснабжения, м<sup>3</sup>/сут;

$t$  - число часов работы скважины в течение суток;

$q_{\delta\delta}$  - удельный дебит скважины, м<sup>3</sup>/ч на 1 м понижения уровня воды;

$S$  - максимальное понижения уровня воды в скважине при откачке.

В первой приближении величина максимального понижения уровня воды принимается равной:

$$S = (0.25 - 0.4) \cdot H, \quad (3)$$

где  $H$  - статический напор воды в водоносном пласте, м.

2.3.2. Окончательно определяется фактическая глубина понижения уровня воды в скважине:

$$S_{\delta} = \frac{Q}{t \cdot q_{\delta\delta} \cdot n_{\delta\delta}} \quad (4)$$

2.3.3. Кроме рабочих, в состав скважинного оборудования водозабора должна входить по меньшей мере одна резервная скважина ( $n_{\text{рез}}=1$ ).

2.3.4. Общее количество скважин

$$n = n_{\delta\delta} + n_{\delta\delta\zeta} \quad (5)$$

## 2.4. Расположение скважин

Проектируемые скважины следует располагать так, чтобы расстояние между ними было минимальным, учитывая их возможное взаимодействие. Величиной, определяющей допустимое расстояние между скважинами, является радиус их влияния  $R$ , который при отсутствии эксплуатационных и экспериментальных данных можно приближенно определить:

для безнапорных вод по формуле И.П. Кусакина:

$$R = 1.95 \cdot S \cdot \sqrt{m \cdot k}, \text{ м}, \quad (6)$$

а для напорных вод по формуле В. Зихарда:

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k}, \text{ м}, \quad (7)$$

где  $S$  - понижение уровня воды в скважине, м;

$m$  - мощность водоносного пласта, м;

$k$  - коэффициент фильтрации, м/сут.

При наличии сведений о гранулометрическом составе водоносного грунта и коэффициенте фильтрации радиус влияния для напорных вод рекомендуется принимать из таблицы.

Для расчетно-графических работ и курсовых проектов с целью исключения взаимодействия скважин рекомендуется расстояние между ними принимать:

$$L = 2 \cdot R, \text{ м} \quad (8)$$

Кроме того, для исключения повторных расчетов отдельных скважин предлагается их располагать на одной горизонтали.

Таблица 17

### Радиусы влияния скважин

| Водоносная порода | Диаметр частиц, мм | Коэффициент фильтрации | Радиус влияния |
|-------------------|--------------------|------------------------|----------------|
| 1                 | 2                  | 3                      | 4              |
| Песок:            |                    |                        |                |
| тонкозернистый    | 0,05 – 0,10        | 0,1 – 5,0              | 25 – 50        |
| мелкий            | 0,10 – 0,25        | 5,0 – 10,0             | 50 – 100       |
| средней крупности | 0,25 – 0,50        | 10,0 – 25,0            | 100 – 300      |
| крупный           | 0,50 – 1,00        | 25,0 – 75,0            | 300 – 400      |
| гравелистый       | 1,00 – 2,00        | 75,0 – 100,0           | 400 – 500      |
| Гравий:           |                    |                        |                |
| мелкий            | 2,00 – 3,00        | 75,0 – 100,0           | 400 – 600      |
| средний           | 3,00 – 5,00        | 100,0 – 300,0          | 600 – 1500     |
| крупный           | 5,00 – 10,00       | 200,0 – 300,0          | 1500 – 3000    |

Таблица 18

### Расстояния от скважин до магистральных газо- нефтепроводов

| Максимальный диаметр скважины, мм | Расстояние, м      |    |                     |     |    |   |
|-----------------------------------|--------------------|----|---------------------|-----|----|---|
|                                   | магистральные      |    |                     |     |    |   |
|                                   | газопроводы класса |    | нефтепроводы класса |     |    |   |
|                                   | I                  | II | IV                  | III | II | I |
| 1                                 | 2                  | 3  | 4                   | 5   | 6  | 7 |
| Менее 300                         | 30                 | 30 | 30                  | -   | -  | - |
| 300 – 500                         | -                  | 50 | -                   | 30  | -  | - |
| 300 – 600                         | 50                 | 50 | -                   | -   | -  | - |
| 500 – 1000                        | -                  | 50 | -                   | -   | 30 | - |
| 600 – 800                         | 100                | 50 | -                   | -   | -  | - |
| 800 – 1000                        | 150                | 50 | -                   | -   | -  | - |

При размещении водозаборных скважин на местности согласно п.2.27 [19, с. 25-26] необходимо учитывать требования в отношении расположения их на определенном расстоянии от магистральных газо- и нефтепроводов (таблица 18), от автомобильных дорог (таблица 19) и от линий электропередач (таблица 20).

Таблица 19

**Расстояния от скважин до автомобильных дорог**

| Участки дорог                                                                              | Расстояние, м |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Построенные в обход городов с перспективной численностью населения свыше 250 тыс. жителей. | 150           |
| То же, численностью до 250 тыс. жителей.                                                   | 100           |
| На остальном протяжении дороги.                                                            | 50            |

Таблица 20

**Расстояния от скважин до линий электропередач**

| Напряжение в линиях электропередач, кв | Расстояние, м | Напряжение в линиях электропередач, кв | Расстояние, м |
|----------------------------------------|---------------|----------------------------------------|---------------|
| до 1                                   | 2             | 150 – 220                              | 25            |
| 1 - 20                                 | 10            | 330 – 500                              | 30            |
| 35                                     | 15            | 750 - 800                              | 40            |
| 110                                    | 20            |                                        |               |

**2.5. Гидравлический расчет одиночной скважины**

Основными задачами гидравлических расчетов водозаборных скважин являются: определение дебита и понижение уровня в процессе эксплуатации водозаборного сооружения; оценка возможного влияния данного водозабора на существующие или намечаемые к строительству водозаборы на других участках водоносного пласта.

Одновременно с решением этих задач на основе гидравлических расчетов уточняют схему расположения водозаборных скважин и колодцев, их число и размеры (глубина, диаметр).

Гидравлические расчеты выполняются обычно для нескольких вариантов расположения водозаборов, по которым проводят технико-экономическое сопоставление и выбор оптимальной схемы водозабора. Во всех вариантах расчетные понижения уровня сопоставляют с допустимыми понижениями.[22,33]

Зависимость между возможным дебитом одной совершенной скважины и характерными параметрами водоносного пласта для напорных вод определяется по формуле Дюпюи:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot m \cdot S}{\ln \frac{R}{r}}, \quad (9)$$

где  $K$  - коэффициент фильтрации водоносных пород, м/сут;

$m$  - мощность водоносного пласта, м;

$S$  - максимально допустимое понижение уровня грунтовых вод, м;

$R$  - радиус влияния, м;

$r$  - радиус скважины (внутренний радиус эксплуатационной колонны).

Из этой формулы можно определить понижение уровня  $S$ , при котором будет обеспечен дебит  $Q$ :

$$S = \frac{0,37 \cdot Q}{k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} \quad (10)$$

Если скважина несовершенна, то для получения заданного дебита  $Q$  необходимо дополнительно к  $S$  понизить уровень на  $\Delta S$ :

$$\Delta S = \frac{0,16 \cdot Q \cdot A}{k \cdot m}, \quad (11)$$

где  $A$  - эмпирический коэффициент, зависящий от отношения  $\frac{l}{m}$ , где  $l$  - длина водоприемной части.

Для безнапорных вод в совершенной скважине зависимость имеет вид:

$$Q = \frac{1,36 \cdot K \cdot S \cdot (2H_a - S)}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (12)$$

где  $H_a$  - мощность безнапорного водоносного пласта, м.

Для расчета несовершенной скважины в безнапорном пласте определяется поправка  $\Delta S$  по формуле:

$$\Delta S = h - \sqrt{h^2 - \frac{0,37 \cdot Q \cdot A}{k}}, \quad (13)$$

где  $h$  - расстояние от динамического уровня воды до водоупора.

При выполнении курсового проекта для проектирования одиночной скважины составляется ее расчетная схема. Она нужна для решения вопросов, связанных с выбором основного оборудования скважины и разработки ее конструкции. Расчетная схема приведена на рисунке 9.

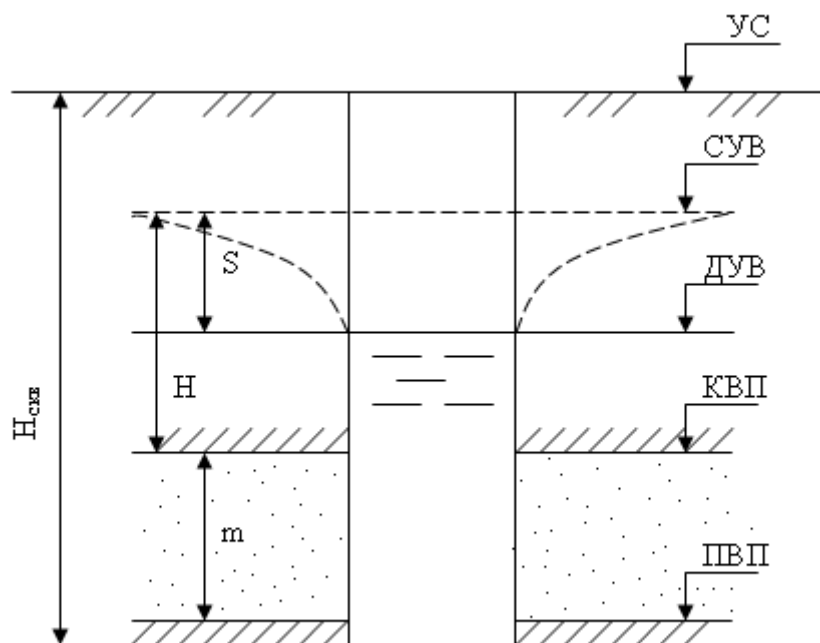


Рис. 9. Расчетная схема скважины

Обозначения к схеме:

УС – отметка устья скважины (поверхности земли);

КВП – отметка кровли водоносного пласта – принимается из геолого-технического разреза (рис.7);

ПВП – отметка подошвы водоносного пласта;

М – мощность водоносного пласта;

$H_c$  – статический напор водоносного пласта;

СУВ – отметка статического уровня воды:  $СУВ = КВП + H_c$ ;

$S_\phi$  – фактическая глубина понижения уровня воды;

ДУВ – отметка динамического уровня воды:  $ДУВ = СУВ - S_\phi$ ;

Д – отметка дна скважины (принимается на 2 м ниже ПВП):  $Д = ПВП - 2$ ;

$H_{скв}$  – глубина скважины:  $H_{скв} = УС - Д$ .

## 2.6. Расчет группы взаимодействующих скважин

Для уменьшения длины коммуникаций, соединяющих водозаборные скважины, улучшения условий их эксплуатации во многих случаях скважины приходится располагать на расстояниях меньше  $2R$ . Это приводит к тому, что при заборе воды группой скважин из одного водоносного пласта эти скважины становятся взаимодействующими. Это значит, что дебит одной скважины зависит от дебитов других скважин (рис. 10).

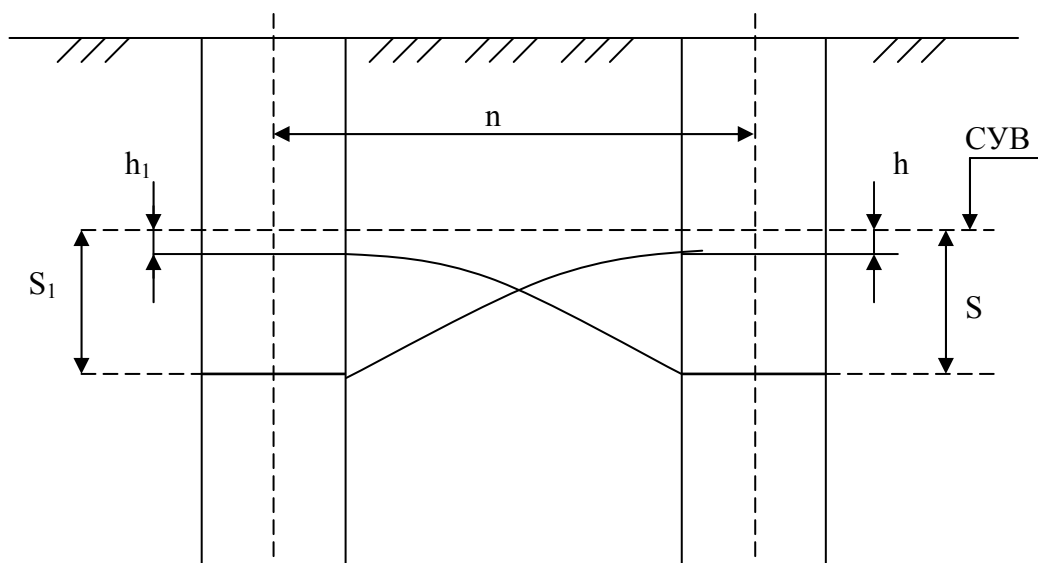


Рис. 10. Схема взаимодействующих скважин

В этом случае величина  $h$  и  $h_1$  для двух скважин называются отрезками уровней. Для учета взаимодействия определяются коэффициенты снижения дебита каждой скважины:

$$a_1 = \frac{h_1}{S_1 - h_1}, \quad (14)$$

$$a_2 = \frac{h}{S - h} \quad (15)$$

Удельный дебит каждой из взаимодействующих скважин будет равен:

$$q' = q_0 \cdot (1 - \Sigma a), \quad (16)$$

где  $q'$  - удельный дебит скважины с учетом влияния на нее других скважин;  
 $q_0$  - удельный дебит скважины без учета влияния на нее других скважин.

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

1. Определяют дебит одиночной скважины по формулам:  
 для совершенных скважин, заложенных в напорных пластах:

$$q = 2.73 \cdot K_{\phi} \frac{m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}} \quad (17)$$

Для совершенных скважин, заложенных в безнапорных пластах, дебит определяется по формуле

$$q = 1.36 \cdot K_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{r}} \quad (18)$$

Для несовершенных скважин эти формулы выглядят следующим образом:

$$q = 2.73 \cdot K_{\phi} \frac{m \cdot S}{\lg \frac{R}{r} + \zeta}, \quad (19)$$

$$q = 1.36 \cdot K_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{r} + \zeta} \quad (20)$$

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

$$R = 1.5 \sqrt{a \cdot t}, \quad (21)$$

где  $a$  - коэффициент пьезопроводности (скорость распространения давления в пласте), м<sup>2</sup>/сут. Для напорных пластов:

$$a = K_{\phi} \cdot \frac{m}{\mu}, \quad (22)$$

где  $\mu$  - показатель (коэффициент) водоотдачи, зависящий от пород и определяемый опытным путем или по эмпирическим формулам. Для безнапорных пластов:

$$a = K_{\phi} \cdot \frac{h_{cp}}{\mu}, \quad (23)$$

где  $h_{н\phi}$  - средняя мощность водоносного слоя в период откачки, м,  $h_{н\phi} = 0,8$  Н;  
 $t$  - нормативное время эксплуатации скважины, лет; в зависимости от назначения скважины и условий ее работы принимают в среднем 8...15 лет, максимально 25 лет (в расчетах можно принимать 27 лет = 10000 сут).

Коэффициент фильтрации  $K_{\phi}$  и коэффициент водоотдачи  $\mu$  принимают в зависимости от характеристики водоносных пород.

Таблица 21

## Ориентировочные значения коэффициентов фильтрации $K_\delta$ и водоотдачи $\mu$

| Породы                                | $K_\delta$ , м/сут | $\mu$        |
|---------------------------------------|--------------------|--------------|
| Пески пылеватые, супеси               | 0,1...1            | 0,1...0,15   |
| Пески мелкие                          | 1...5              | 0,15...0,2   |
| Пески средней крупности и гравелистые | 5...30             | 0,2...0,25   |
| Галечно-гравелистые отложения         | 100...200          | 0,25...0,3   |
| Известняки                            | 20...50            | 0,005...0,1  |
| Песчаники                             | 10...20            | 0,001...0,03 |

2. Определяют дебит взаимодействующей скважины

$$q_{\alpha\zeta} = \alpha \cdot q, \quad (24)$$

где  $\alpha$  - коэффициент взаимодействия, зависящий от расстояния между скважинами, вычисляют его по экспериментальным данным как  $f(R_{i\delta})$   $R_{i\delta}$  - радиус влияния, м; для практических расчетов его принимают по таблицам 22,23.

Таблица 22

### Примерные значения радиусов влияния $R_{i\delta}$ в разных породах для практических расчетов

| Порода      | Преобладающая крупность частиц, мм | Радиус влияния $R_{i\delta}$ , м |
|-------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Песок:      |                                    |                                  |
| мелкий      | 0,1...0,25                         | 50...100                         |
| средний     | 0,25...0,5                         | 100...300                        |
| крупный     | 0,5...1                            | 300...400                        |
| гравелистый | 1...2                              | 400...500                        |
| Гравий      |                                    |                                  |
| мелкий      | 2...3                              | 400...600                        |
| средний     | 3...5                              | 600...1500                       |
| крупный     | 5...10                             | 1500...3000                      |

Таблица 23

### Значения коэффициентов взаимодействия $\alpha_{\alpha\zeta}$ в зависимости от принятого расстояния между скважинами

| Расстояние между скважинами $l$ , м | 2R | R    | 0,5R | 0,2R | 0,02R | 0,002R |
|-------------------------------------|----|------|------|------|-------|--------|
| $\alpha_{\alpha\zeta}$              | 1  | 0.97 | 0.9  | 0.81 | 0.64  | 0.53   |

3. Задаются расстояниями между скважинами в зависимости от характеристики и мощности водоносного пласта.

Таблица 24

### Рекомендуемые расстояния между скважинами, м

| Породы                          | Мощность водоносного пласта |         |         |
|---------------------------------|-----------------------------|---------|---------|
|                                 | 6                           | 10...15 | >15     |
| Пылеватый песок, супесь         | 50...60                     | 40...50 | 30...40 |
| Пески средне- и крупнозернистые | 40...50                     | 30...40 | 20...30 |
| Галечники                       | 20...40                     | 15...30 | 10...20 |

4. Определяют число рабочих скважин из условия, что требуемый расход  $Q$  обеспечивается группой  $n$  взаимодействующих скважин, то есть  $Q = n \cdot q_{\text{ас}}$ , откуда

$$n = \frac{Q}{q_{\text{ас}}}, \quad (25)$$

где  $Q$  – суммарный дебит группы взаимодействующих скважин, м<sup>3</sup>/сут; принимают обычно равным требуемому максимальному расходу потребителей.

Число рабочих скважин  $n$  округляют до целого  $n_{\text{раб}}$ .

5. Уточняют фактический дебит (м<sup>3</sup>/сут) взаимодействующей скважины, исходя из принятого числа рабочих скважин и требуемого расхода,

$$q_{\text{ас, факт}} = \frac{Q}{n_{\text{раб}}} \quad (26)$$

6. Определяют понижение уровня (м):  
в каждой скважине

$$S = \frac{0.37}{K_{\phi} \cdot m} \cdot q \cdot \lg \frac{R}{r} \quad (27)$$

Суммарное (наибольшее) понижение

$$S_{\text{max}} = \frac{0.37}{\hat{E}_{\phi} \cdot m} \left( q_1 \cdot \lg \frac{R}{r_0} + q_2 \cdot \lg \frac{R}{r_{2-1}} + q_3 \cdot \lg \frac{R}{r_{3-1}} + \dots + q_i \cdot \lg \frac{R}{r_{i-1}} \right), \quad (28)$$

где  $r_0$  – радиус скважины №1, м;  $r_{2-1}$ ,  $r_{3-1}$  и т.д. – расстояние от скважины №1 до последующих скважин, м.

На основании полученных результатов строят профиль по водозабору группы взаимодействующих скважин. Пример такого профиля приведен на рис. 11.

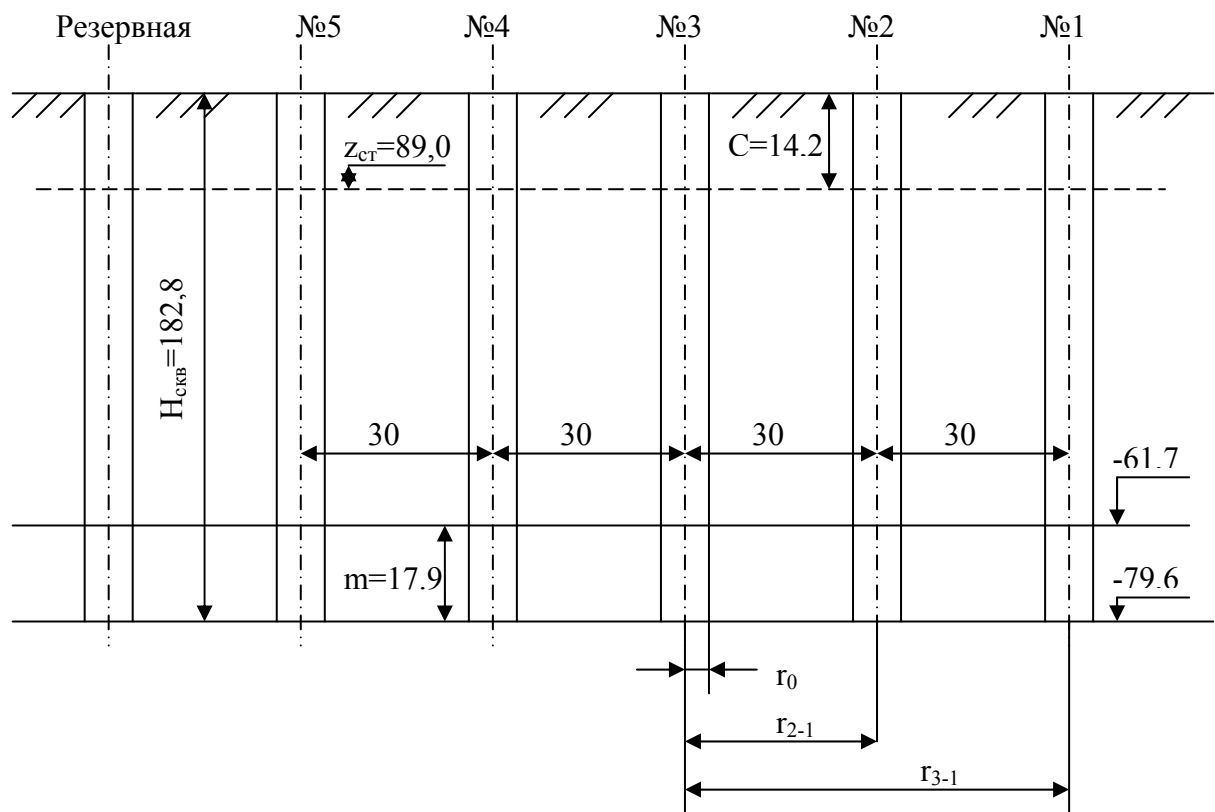


Рис. 11. Профиль по водозабору группы взаимодействующих скважин:  
№ 1...5 – номера скважин (размеры в м)

В расчетах принимают допущение, что во всех скважинах мощность водоносного пласта и коэффициенты фильтрации равны, а поэтому и дебиты равны.

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

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

для напорных пластов:

$$S_{\text{аир}} \approx H - [(0.3...0.5)m + \Delta H_i + \Delta H_o], \quad (29)$$

где  $\Delta H_i$  - максимальная глубина погружения нижней кромки насоса под динамический уровень в скважине, м;

$\Delta H_o$  - потери напора в скважине на входе через фильтр, м;

для безнапорных пластов:

$$S_{\text{аир}} \leq (0.5...0.7)H - \Delta H_i - \Delta H_o \quad (30)$$

Ориентировочно принимают:

для напорных пластов  $S_{\text{доп}} \leq 0.75H$ ;

для безнапорных пластов  $S_{\text{доп}} \leq 0.5H$ .

8. Определяют положение динамического уровня в скважине

$$\nabla z_{\text{аи}} = \nabla z_{\text{н0}} - S_{\text{и0}}, \quad (31)$$

где  $\nabla z_{\text{дв}}$  - отметка динамического уровня, м;  $\nabla z_{\text{ст}}$  - отметка статического уровня, м;

$S_{\text{пр}}$  – принятое значение понижения уровня, м. [38]

## 2.7. Схемы конструкций скважин

Конструкция водозаборной скважины зависит от способа бурения и мощности напластований пород, эксплуатационным водозаборным горизонтом, химического состава воды в них, мощности и состава водоносных пород водоносного горизонта, защищенности его от загрязнений с дневной поверхности, водоотдачи пласта и качества воды. В некоторых случаях на конструкцию скважины может влиять и выбранный тип водоподъемного оборудования, так как от его габаритов зависит диаметр эксплуатационной колонны, а следовательно и диаметр скважины.

Основные требования, предъявляемые к конструкции скважины, - долговечность и защищенность эксплуатационного водоносного горизонта от проникновения загрязнений с поверхности земли и притока воды из выше лежащих водоносных горизонтов.

Конструкция скважин на воду определяется гидрогеологическими условиями, необходимым дебитом, способом и целью бурения (гидрогеологическое, разведочное, разведочно-эксплуатационное и др.).

При бурении скважин на воду для разобщения пластов и предохранения стенок от обрушения нужно крепить ствол обсадными трубами. Первая короткая обсадная труба длиной 4-6 м, называемая направлением, служит для предохранения устья скважины от размыва и обрушения. Вторая колонна-кондуктор - предназначена для перекрытия слабых, неустойчивых верхних пород для изоляции от возможных перетоков верхних непригодных вод.

При значительной глубине скважины и достаточно сложном геологическом разрезе, включающем неустойчивые породы, используют технические колонны.

Последняя колонна (эксплуатационная) служит для подъема воды на поверхность.

В зависимости от гидрогеологических условий при необходимости опускают фильтровые колонны («впотай» или на эксплуатационной колонне).

Схемы конструкций скважин, рекомендуемые при бурении на воду ударно-канатным и роторным способами, приведены на рисунках 12 и 13.

При ударно-канатном способе скважина крепится одной колонной труб (рис. 12а); такую конструкцию следует применять в случае залегания с поверхности устойчивых (скальных) пород при отсутствии верховодки.

При сооружении скважин в аллювиальных отложениях, содержащих грунтовые воды, скважину крепят двумя колоннами труб: кондуктором и эксплуатационно-фильтровой колонной, выведенной до поверхности земли (рис. 12б). Конструкцию скважины, показанную на рисунке 12в, следует

применять при необходимости перекрытия кондуктором первого от поверхности неэксплуатируемого водоносного горизонта.

Конструкция скважины, приведенная на рисунке 12г, отличается от предыдущей (рис. 12в) наличием технической колонны, перекрывающей второй от поверхности (не предназначенный для эксплуатации) водоносный горизонт. При значительных глубинах скважин, учитывая сравнительно небольшие выходы колонн обсадных труб, можно применять несколько технических колонн.

Конструкцию скважины, показанную на рисунке 12д, используют в случае установки фильтра в зоне водоносного горизонта, представленного неустойчивыми породами.

При необходимости устройства фильтра с гравийной обсыпкой следует применять конструкцию скважины, показанную на рисунке 12е.

При роторном способе скважину крепят двумя колоннами труб - кондуктором и эксплуатационной колонной (рис. 13а). Для установки в скважину водоподъемного устройства, по своим габаритам превышающего внутренний диаметр эксплуатационной колонны, следует применять конструкцию скважины, показанную на рисунке 13б, отличающуюся от предыдущей конструкции тем, что эксплуатационная колонна устанавливается «впотай» на сальнике с подбашмачной цементацией.

Для надежной изоляции верхней части скважины и уменьшения диаметра эксплуатационной колонны в целях экономии обсадных труб и сокращения времени на проходку скважины следует применять конструкцию, показанную на рисунке 13в. Конструкция с двумя колоннами и фильтром, установленным в зоне водоносного горизонта, приведена на рисунке 13г. Эксплуатационная колонна выше башмака технической колонны имеет муфту с левой резьбой, что позволяет отвертывать верхнюю часть колонны при необходимости установки насоса большего диаметра. Схема скважины с одноколонной конструкцией и фильтром на сальнике, установленным «впотай», показана на рисунке 13д. Учитывая простоту исполнения и экономичность, эту конструкцию следует применять по возможности чаще там, где это допускают гидрогеологические условия.

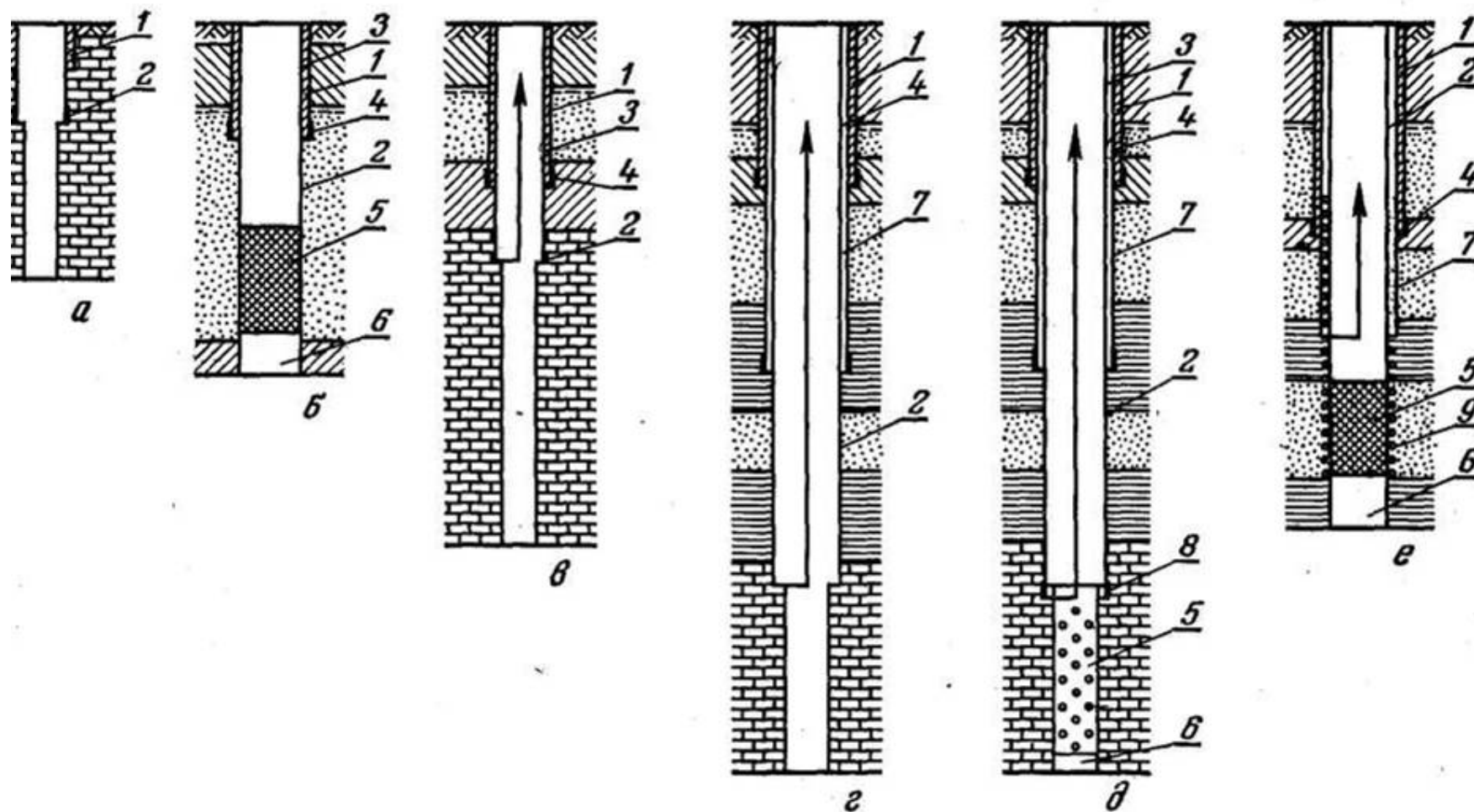


Рис. 12. Схемы конструкций скважин при ударно-канатном бурении:

1-затрубноецементирование; 2-эксплуатационная колонна; 3-кондуктор; 4-межтрубное цементирование; 5-фильтр; 6-отстойник; 7-техническая колонна; 8-сальник; 9-гравийная обсыпка.

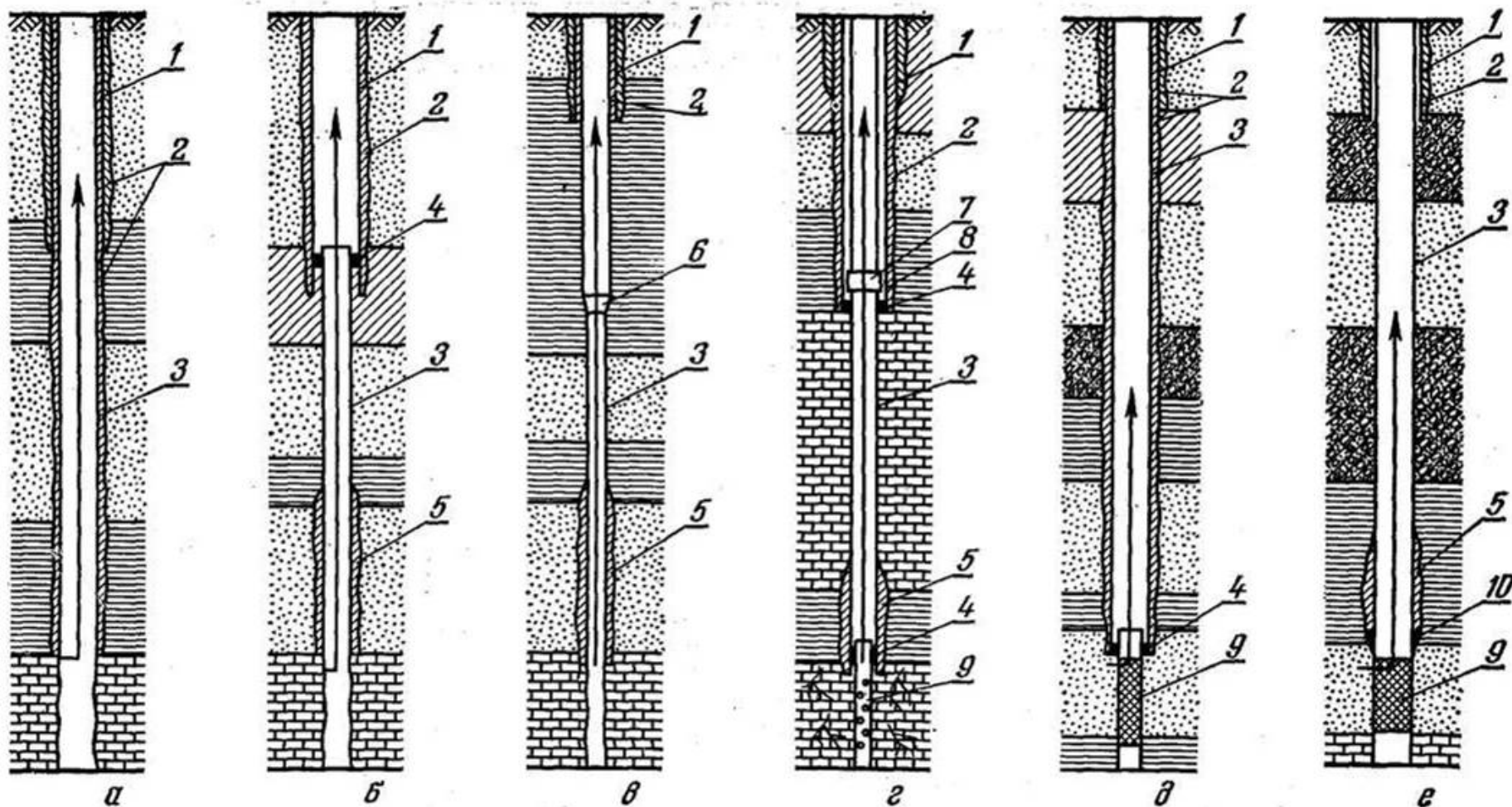
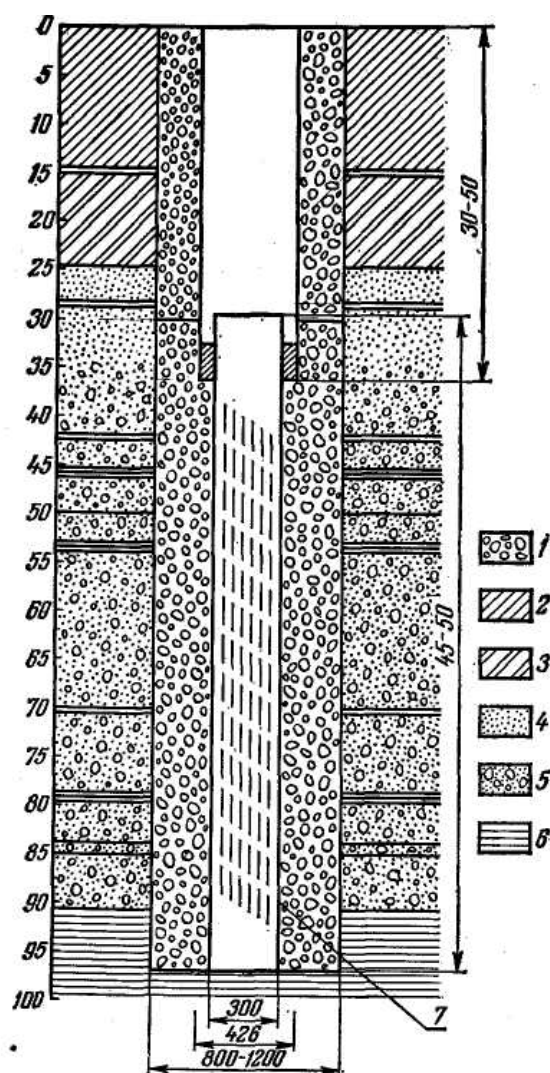


Рис. 13. Схемы конструкций скважин при роторном бурении:

1-кондуктор; 2-затрубное цементирование; 3- эксплуатационная колонна; 4- сальник; 5-подбашмачное цементирование; 6-преходник;  
7-муфта с левой резьбой; 8-техническая колонна; 9-фильтровая колонна (фильтр); 10-манжета для цементирования.



*Рис. 14. Примерная конструкция скважины большого диаметра с искусственным гравийным фильтром:*

1-чистый гравий; 2-суглинок легкий; 3-суглинок тяжелый; 4-песок тонкозернистый глинистый с редким включением гравия; 5-галечник мелкий с песком и гравием; 6-глина; 7-отстойник.

Конструкция скважины, показанная на рисунке 13 *е*, отличается от предыдущей наличием фильтра, установленного непосредственно на эксплуатационной колонне и специальном манжете для цементирования над зоной водоносного горизонта. Эту конструкцию применяют реже из-за сложности манжетного цементирования, а также невозможности замены фильтра в случае его выхода из строя.[23]

Для скважин большого диаметра целесообразно применять конструкции с искусственным гравийным фильтром (рис.14).

Следует отметить, что при роторном бурении кондуктор можно опускать на глубину 100-200 м, а при ударном бурении – на 50 м.

## 2.8. Выбор насосного агрегата

2.8.1. В большинстве случаев артезианские несамоизливающиеся скважины оборудуют погруженным электронасосом, опускаемым под динамический уровень воды.

Для выбора марки насоса определяется его подача и полный напор.

2.8.2. Подача скважинного насоса определяется по формуле:

$$Q_n = \frac{Q}{t \cdot n_p}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (32)$$

где  $Q$  - суточная водопотребность объекта водоснабжения,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;

$t$  - число часов работы скважины в течение суток;

$n_p$  - число рабочих скважин.

2.8.3. Для определения полного напора насоса составляется расчетная схема водоподъемника (рис. 15).

2.8.4. Полный напор насоса определяется по формуле:

$$H_n = B - BH + h_w, \text{ м}, \quad (33)$$

где  $B$  - отметка, на которую необходимо подать воду из скважины (принимается из исходных данных);

$BH$  - отметка верха насоса, который располагается на глубине не менее 2 метров под динамическим уровнем воды;

$h_w$  - потери напора в водоподъемной трубе, м. Величина  $h_w$  определяется на основе гидравлического расчета. Для приближенного расчета рекомендуется принимать:  $h_w = 2-4$  м.

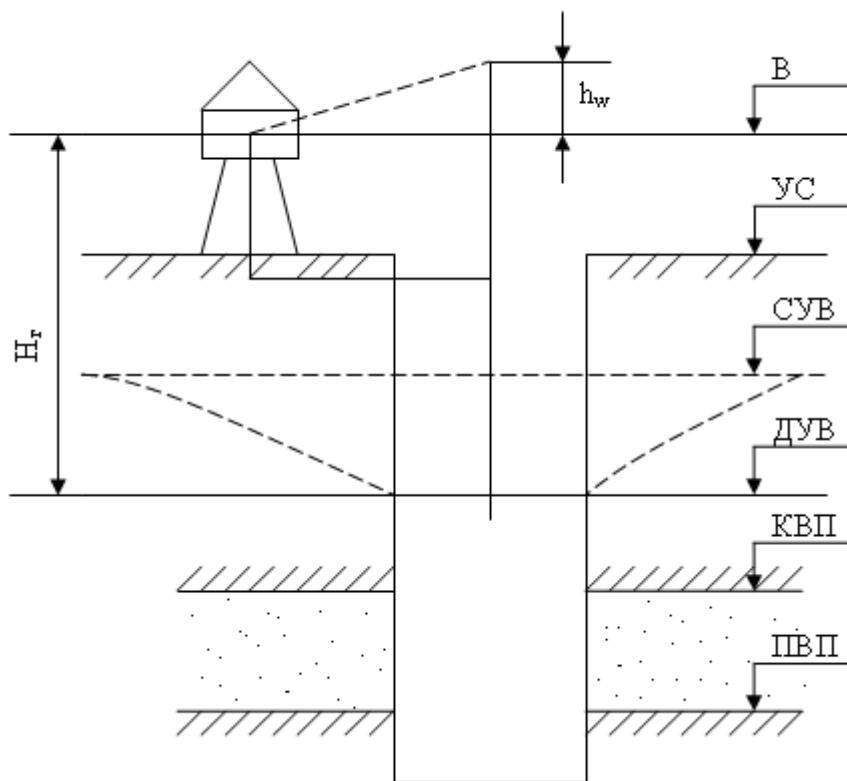


Рис. 15. Расчетная схема водоприемника

2.8.5. По значениям  $H_n$  и  $Q_n$  из таблицы 25 принимается марка погружного центробежного насоса.

Таблица 25

## Технические характеристики погружного центробежного насоса

| Тип            | Насос                        |                     |                    |           |                      | Электродвигатель |                   |                                     |                    |                             |           |
|----------------|------------------------------|---------------------|--------------------|-----------|----------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------|
|                | подача,<br>м <sup>3</sup> /ч | напор, м<br>вод. ст | кол-во<br>ступеней | масса, кг | подпор, м<br>вод. ст | тип              | мощность<br>, кВт | Частота<br>вращения<br>вала, об/мин | напряже-<br>ние, В | номиналь-<br>ный ток,<br>кг | масса, кг |
| 1              | 2                            | 3                   | 4                  | 5         | 6                    | 7                | 8                 | 9                                   | 10                 | 11                          | 12        |
| ЭЦВ4-1, 6-30   | 1,6                          | 30                  | 8                  | 5,9       | 1                    | ПЭДВ0, 4-93      | 0,4               | 2820                                | 220                | 3,2                         | 25        |
| ЭЦВ4-1, 6-50   | 1,6                          | 50                  | 14                 | 6,8       | 1                    | ПЭДВ0, 7-93      | 0,7               | 2820                                | 220                | 5,3                         | 28        |
| ЭЦВ4-1, 6-65   | 1,6                          | 65                  | 18                 | 7,4       | 1                    | 1ПЭДВ1-93        | 1,0               | 2840                                | 380                | 2,8                         | 29        |
| ЭЦВ4-1, 6-85   | 1,6                          | 85                  | 21                 | 8,1       | 1                    | То же            | 1,0               | 2840                                | 380                | 2,8                         | 30        |
| ЭЦВ4-1, 6-130  | 1,6                          | 130                 | 31                 | 22        | 1                    | 1ПЭДВ1, 6-93     | 1,6               | 2840                                | 380                | 4,2                         | 42        |
| ЭЦВ4-4-30      | 4,0                          | 30                  | 7                  | 7         | 1                    | ПЭДВ0, 7-93      | 0,7               | 2840                                | 220                | 5,3                         | 25        |
| 1ЭЦВ4-4-45     | 4,0                          | 45                  | 10                 | 7         | 1                    | 1ПЭДВ1-93        | 1,0               | 2840                                | 380                | 2,8                         | 29        |
| 1ЭЦВ4-4-70     | 4,0                          | 70                  | 15                 | 8,5       | 1                    | 1ПЭДВ1, 6-93     | 1,6               | 2840                                | 380                | 4,2                         | 33        |
| ЭЦВ5-4-125     | 4,0                          | 125                 | 22                 | 15        | 1                    | ПЭДВ2, 8-114     | 2,8               | 2850                                | 380                | 7,8                         | 75        |
| ЭЦВ5-6, 3-80   | 6,3                          | 80                  | 14                 | 15        | 1                    | То же            | 2,8               | 2850                                | 380                | 7,8                         | 75        |
| ЭЦВБ-4-90      | 4,0                          | 90                  | 10                 | 30        | 1                    | ПЭДВ2, 8-140     | 2,8               | 2850                                | 380                | 7,0                         | 85        |
| ЭЦВ6-4-130     | 4,0                          | 130                 | 15                 | 42        | 1                    | ПЭДВ2, 8-140     | 2,8               | 2850                                | 380                | 7,0                         | 97        |
| ЭЦВ6-4-190     | 4,0                          | 190                 | 22                 | 52        | 1                    | 1ПЭДВ4, 5-140    | 4,5               | 2850                                | 380                | 10,7                        | 112       |
| 2ЭЦВ6-6, 3-85  | 6,3                          | 85                  | 10                 | 30        | 1                    | ПЭДВ2, 8-140     | 2,8               | 2850                                | 380                | 7,0                         | 85        |
| 1ЭЦВ6-6, 3-125 | 6,3                          | 125                 | 15                 | 42        | 1                    | 1ПЭДВ4, 5-140    | 4,5               | 2850                                | 380                | 10,7                        | 102       |
| 3ЭЦВ6-6, 3-60  | 6,3                          | 60                  | 8                  | 24        | 1                    | ПЭДВ2-140        | 2,0               | 2850                                | 380                | 5,2                         | 75        |
| 3ЭЦВ6-6, 3-85  | 6,3                          | 85                  | 12                 | 29        | 1                    | ПЭДВ2, 8-140     | 2,8               | 2850                                | 380                | 7,0                         | 85        |
| 3ЭЦВ6-6, 3-125 | 6,3                          | 125                 | 18                 | 36        | 1                    | 4ПЭДВ4, 5-140    | 4,5               | 2850                                | 380                | 10,7                        | 97        |
| 1ЭЦВ6-10-50    | 10                           | 50                  | 6                  | 25        | 1                    | 1ПЭДВ2, 8-140    | 2,8               | 2850                                | 380                | 7,0                         | 73        |
| ЭЦВ6-10-80     | 10                           | 80                  | 9                  | 29        | 1                    | 1ПЭДВ4, 5-140    | 4,5               | 2850                                | 380                | 10,7                        | 95        |
| 1ЭЦВ6-10-80    | 10                           | 80                  | 9                  | 25        | 1                    | ПЭДВ4, 5-140     | 4,5               | 2850                                | 380                | 10,7                        | 82        |
| ЭЦВ6-10-110    | 10                           | 110                 | 12                 | 34        | 1                    | ПЭДВ5, 5-140     | 5,5               | 2850                                | 380                | 12,7                        | 98        |

|               |     |     |    |     |   |              |      |      |     |      |     |
|---------------|-----|-----|----|-----|---|--------------|------|------|-----|------|-----|
| 1ЭЦВ6-10-140  | 10  | 140 | 15 | 44  | 1 | 3ПЭДВ8-140   | 8,0  | 2850 | 380 | 18,3 | 116 |
| 1ЭЦВ6-10-185  | 10  | 185 | 21 | 54  | 1 | То же        | 8,0  | 2850 | 380 | 18,3 | 121 |
| ЭЦВ6-10-235   | 10  | 235 | 27 | 66  | 1 | ПЭДВ11-140   | 11,0 | 2850 | 380 | 24,8 | 130 |
| 3ЭЦВ6-16-50   | 16  | 50  | 6  | 28  | 1 | ПЭДВ4,5-140  | 4,5  | 2850 | 380 | 10,7 | 84  |
| 3ЭЦВ6-16-75   | 16  | 75  | 9  | 34  | 1 | ПЭДВ5,5-140  | 5,5  | 2850 | 380 | 12,7 | 99  |
| 3ЭЦВ8-16-140  | 16  | 140 | 12 | 65  | 1 | ПЭДВ11-180   | 11   | 2850 | 380 | 24,2 | 170 |
| 1ЭЦВ8-25-100  | 25  | 100 | 7  | 38  | 1 | 4ПЭДВ11-180  | 11   | 2850 | 380 | 24,2 | 145 |
| ЭЦВ8-25-150   | 25  | 150 | 10 | 63  | 1 | 1ПЭДВ16-180  | 16   | 2850 | 380 | 35,6 | 202 |
| ЭЦВ8-25-195   | 25  | 195 | 13 | 69  | 1 | 3ПЭДВ22-180  | 22   | 2900 | 380 | 48,5 | 246 |
| 1ЭЦВ8-25-300  | 25  | 300 | 19 | 268 | 1 | ПЭДВ32-18    | 32   | 2900 | 380 | 69,7 | 390 |
| ЭЦВ8-40-65    | 40  | 65  | 5  | 95  | 1 | ПЭДВ11-180   | 11   | 2850 | 380 | 24,2 | 207 |
| ЭЦВ8-40-165   | 40  | 165 | 12 | 172 | 1 | ПЭДВ32-180   | 32   | 2900 | 380 | 69,7 | 360 |
| ЭЦВ10-63-40Г  | 63  | 40  | 2  | 84  | 1 | ПЭДВ11-180Г  | 11   | 2850 | 380 | 24,2 | 220 |
| 1ЭЦВ10-63-65  | 63  | 65  | 3  | 86  | 1 | ПЭДВ22-219   | 22   | 2900 | 380 | 47,2 | 271 |
| ЭЦВ10-63-110  | 63  | 110 | 5  | 148 | 1 | ПЭДВ32-230   | 32   | 2900 | 380 | 66,7 | 348 |
| 1ЭЦВ10-63-110 | 63  | 110 | 5  | 100 | 1 | ПЭДВ32-219   | 32   | 2900 | 380 | 66   | 310 |
| 1ЭЦВ1—63-150  | 63  | 150 | 7  | 130 | 1 | ПЭДВ45-219   | 45   | 2900 | 380 | 92   | 400 |
| 1ЭЦВ1—63-180  | 63  | 180 | 9  | 136 | 1 | ПЭДВ45-219   | 45   | 2900 | 380 | 92   | 406 |
| ЭЦВ1—63-270   | 63  | 270 | 11 | 345 | 1 | ПЭДВ65-230   | 65   | 2900 | 380 | 132  | 727 |
| ЭЦВ10-120-40Г | 120 | 40  | 2  | 77  | 1 | ПЭДВ22-219Г  | 22   | 2900 | 380 | 47,2 | 256 |
| 1ЭЦВ10-120-60 | 120 | 60  | 3  | 116 | 1 | ПЭДВ32-219   | 32   | 2900 | 380 | 66,7 | 328 |
| ЭЦВ10-160-35Г | 160 | 35  | 2  | 100 | 1 | ПЭДВ22-219Г  | 22   | 2900 | 380 | 47,2 | 290 |
| ЭЦВ10-160-65  | 160 | 65  | 4  | 138 | 1 | ПЭДВ45-230   | 45   | 2900 | 380 | 92   | 408 |
| ЭЦВ12-160-65  | 160 | 65  | 2  | 110 | 1 | АДП-273-45/2 | 45   | 2920 | 380 | 93,3 | 400 |
| ЭЦВ12-160-100 | 160 | 100 | 3  | 170 | 1 | ПЭДВ65-270   | 65   | 2920 | 380 | 130  | 470 |
| ЭЦВ12-160-140 | 160 | 140 | 4  | 192 | 1 | 1ПЭДВ90-270  | 90   | 2920 | 660 | 180  | 605 |
| ЭЦВ12-210-25  | 210 | 25  | 1  | 60  | 2 | ПЭДВ22-230   | 22   | 2900 | 380 | 47,2 | 250 |
| ЭЦВ12-210-55  | 210 | 55  | 2  | 105 | 2 | 1ПЭДВ45-270  | 45   | 2920 | 380 | 93,3 | 395 |
| 2ЭЦВ12-210-85 | 210 | 85  | 3  | 181 | 2 | ПЭДВ65-230   | 65   | 2920 | 380 | 132  | 563 |
| ЭЦВ12-210-145 | 210 | 145 | 5  | 288 | 2 | 5ПЭДВ125-270 | 125  | 2920 | 660 | 260  | 800 |
| ЭЦВ12-255-30Г | 255 | 30  | 1  | 68  | 6 | 2ПЭДВ32-219  | 32   | 2900 | 380 | 66,7 | 291 |

|                 |     |      |    |      |    |               |     |      |     |     |       |
|-----------------|-----|------|----|------|----|---------------|-----|------|-----|-----|-------|
| ЭЦВ12-375-30    | 375 | 30   | 1  | 70   | 6  | 2ПЭДВ45-230   | 45  | 2920 | 380 | 92  | 360   |
| 1ЭЦВ14-120-540К | 120 | 540  | 16 | 893  | 1  | 1ПЭДВ250-320М | 250 | 2920 | 380 | 66  | 1993  |
| ЭЦВ14-210-300К  | 210 | 300  | 6  | 700  | 2  | 1ПЭДВ250-320К | 250 | 2920 | 380 | 66  | 1800  |
| ЭЦВ16-375-175К  | 375 | 175  | 3  | 585  | 6  | То же         | 250 | 2920 | 380 | 66  | 1680  |
| ЭЦВ16-3000-1000 | 125 | 1000 | 16 | 1300 | 16 | ПЭДВ500-375   | 126 | 2970 | 380 | 126 | 14500 |

По марке насоса подбираются его основные характеристики. Например, насос марки ЭЦВ6-70-100: Э – электрический, Ц – центробежный, В – для воды; 6 – наружный диаметр насоса, увеличенный в 25 раз в м; т.е.  $D_n = 6 \cdot 25 = 150$  мм; 70 – подача м<sup>3</sup>/час; 110 – напор в метрах.

## 2.9. Выбор конструкции водоприемной части скважины [12]

2.9.1. Водоприемная часть скважины может быть бесфильтровой или оборудована фильтром определенной конструкции.

2.9.2. Выбор конструкции водоприемной части осуществляется в зависимости от характеристик пород водоносных пластов и кровли над этим пластом. Рекомендации по выбору конструкции водоприемной части приведены в таблице 26.

Таблица 26

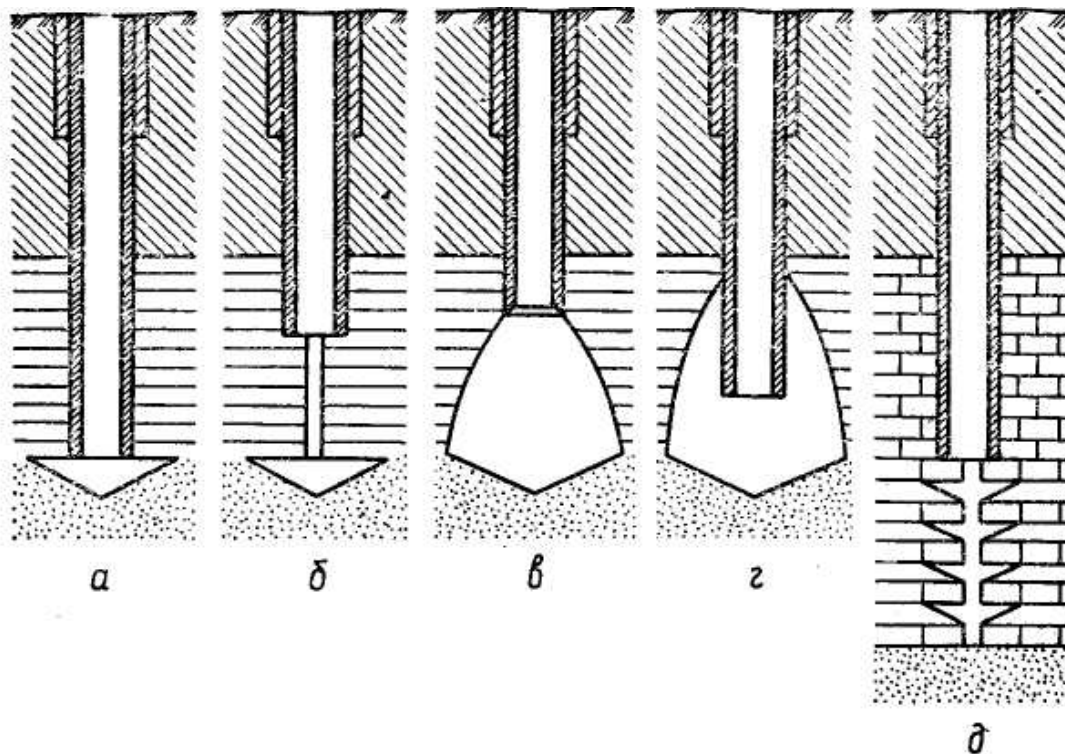
### Рекомендации по выбору конструкции водоприемной части скважины

| Характеристика водоносных пластов                                                                               | Характеристика кровли                             | Тип скважинного фильтра                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Пески мелкозернистые с 50% диаметром частиц 0,1-0,25 мм                                                         | Любая                                             | Гравийный фильтр                                                     |
| Пески среднезернистые с 50% диаметром частиц 0,25-0,50 мм                                                       | Любая                                             | Сетчатый фильтр с сеткой галунного плетения                          |
| Пески крупнозернистые с 50% диаметром частиц 0,50-2,0 мм<br><br>Гравелистый песок с 50% диаметром частиц 2-5 мм | Неглинистая                                       | Сетчатый фильтр с сеткой квадратного плетения                        |
|                                                                                                                 | Глина плотная мощностью более 10 м<br>Неглинистая | Бесфильтровая скважина<br><br>Трубчатый фильтр с круглой перфорацией |
|                                                                                                                 | Глина плотная мощность более 10 м                 | Бесфильтровая скважина                                               |
| Скальные и полускальные породы с 50% диаметром частиц более 5 мм                                                | Любая                                             | Трубчатый фильтр с круглой перфорацией                               |

## 2.10. Проектирование водоприемной части бесфильтровой скважины [27,12]

2.10.1. В твердых устойчивых водоносных породах (скальных) забор воды может осуществляться без применения фильтров. В некоторых случаях бесфильтровые скважины бурят и для забора воды из песчаных водоносных пород. Необходимое условие для бурения таких скважин – устойчивость

кровли над водоносным слоем и наличием напора воды в нем. В этих условиях скважину бурят до водоносного горизонта и извлекают из него песок в количестве, достаточном для создания полости (воронки), объем которой обеспечивает требуемое поступление воды в скважину без пескования. Схемы устройства бесфильтровой скважины показаны на рисунке 16.



*Рис. 16. Конструкции бесфильтровых скважин:*

а – скважина с водоприемной каверной в виде воронки, обсадные трубы доведены до водоносного горизонта; б – то же, обсадные трубы доведены до кровли, прочные породы кровли не требуют крепления их трубами; в – то же, над каверной свод обрушения; г – обсадные трубы доведены до водоносного горизонта, над каверной свод обрушения; д – скважина с удлиненной водоприемной каверной в переслаивающемся водоносном горизонте, воронки образованы в каждом рыхлом слое.

Необходимым условием сооружения бесфильтровых скважин является наличие устойчивой кровли над водоносным горизонтом, а в случае кровли, сложенной глинами, наличие поддерживающего ее напора подземных вод.

К основным преимуществам бесфильтровых скважин относятся следующие:

- 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.  
Расчетная схема водоприемной воронки приводится на рисунке 17.

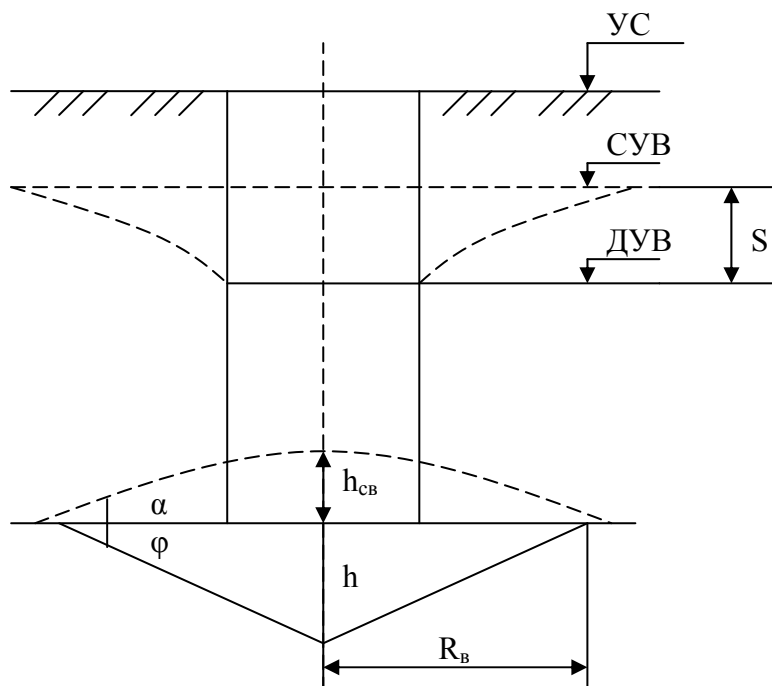


Рис. 17. Схема водоприемной воронки.

Обозначения к схеме :

$S$  – глубина понижения уровня воды;

$h$  – глубина водоприемной воронки;

$R_{\text{в}}$  – радиус водоприемной воронки;

$\phi$  – угол естественного откоса водоносного песка;

$h_{\text{св}}$  – высота свода обрушения;

$\alpha$  – угол внутреннего трения грунта кровли.

2.10.2. Определяется требуемый радиус водоприемной воронки:

$$R = \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot V_0 \sqrt{1 + \tan^2 \phi}}}, \text{ м}, \quad (34)$$

где  $q$  – дебит бесфильтровой скважины,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;

$V_0$  – допустимая скорость фильтрации на границе выхода грунтового потока в воронку,  $\text{м}/\text{сутки}$ ;

$\phi$  – угол естественного откоса песка под водой.

Величина  $V_0$  определяется по формуле:

$$V_0 = K_{\phi} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot (1 - \rho), \text{ м}/\text{сут}, \quad (35)$$

где  $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации водоносного грунта,  $\text{м}/\text{сут}$ ;

$\eta_1$  – коэффициент запаса ( $\eta = 0,7-0,8$ );

$\eta_2$  – коэффициент уменьшения допускаемых уклонов. Он зависит от угла естественного откоса. Для  $\phi = 25^\circ$   $\eta_2 = 0,84$ ;

$\rho$  – пористость водоносного песка, в долях (принять  $\rho = 0,38$ ).

2.10.3. Определяется высота водоприемной воронки:

$$h = R \cdot t \cdot g \cdot \phi, \text{ м} \quad (36)$$

2.10.4. Определяется высота свода обрушения по формуле:

$$h_{об} = \frac{R}{tg\alpha}, \quad (37)$$

где  $\alpha$  – угол внутреннего трения глинистого грунта кровли;  
 $tg\alpha=0,78$ .

2.10.5. Определяется допустимый радиус водоприемной воронки из условия необрушения кровли:

$$R_{доп} \leq \frac{\gamma(U_{ст} - S) \cdot tg\alpha}{(1 - P_{кр}) \cdot \gamma_{кр} + \gamma \cdot P_{кр}}, \quad (38)$$

где  $U_{ст}$  – статический напор воды в скважине, м;

$S$  – глубина понижения уровня воды в скважине, м;

$P_{кр}$  – пористость породы кровли (в долях). Принимаем  $P_{кр}=0,2$ ;

$\gamma_{кр}$  – удельная плотность породы кровли, т/м<sup>3</sup>,  $\gamma_{кр}=2,73 - 2,92$ ;

$\gamma$  – удельный вес породы ( $\gamma=1$  т /м<sup>3</sup>).

2.10.6. Сравнивается  $R_{доп}$  с  $R$ :

Если  $R_{доп} < R$ , то расчет закончен: скважина удовлетворяет требованиям устойчивости кровли.

Если  $R_{доп} > R$ , то принимается окончательный радиус  $R_{доп}$  и для него окончательно находится  $h$ .

## 2.11. Конструкции фильтров водозаборных скважин.[21]

. Фильтры водозаборных скважин должны обеспечивать свободный доступ воды в скважину, надежно защищать ее от пескования при минимальных гидравлических потерях, обеспечивать устойчивую работу скважины в течение длительного времени, а в случае кольматажа водоприемной поверхности допускать возможность проведения восстановительных мероприятий с использованием различных реагентов-растворителей или совместного импульсного и реагентного восстановления производительности скважин

Фильтр – основной элемент скважины, поэтому от его качества зависят дебит и долговечность скважины. Конструкцию фильтра выбирают с учетом гранулометрического состава пород водоносного горизонта.

Фильтр состоит из водоприемной (рабочей) части, надфильтровых труб и отстойников. Длина надфильтровых труб зависит от конструкции скважины. Когда фильтр находится на колонне, то расположенные выше него надфильтровые трубы являются одновременно и эксплуатационной колонной.

Между эксплуатационной колонной и надфильтровой трубой должен быть установлен сальник.

Конструкции фильтров должны отвечать следующим требованиям:

1) обладать необходимой механической прочностью и достаточной устойчивостью против коррозии и эрозионного воздействия воды;

- 2) диаметры фильтровых каркасов должны быть рассчитаны на максимальный пропуск воды со скоростью, не превышающей 1,5-2 м/с;
- 3) водопроницаемость фильтров должна быть значительно выше водопроницаемости водоносных пород, в которых они устанавливаются, и для данных гидрогеологических условий должна предусматриваться максимальной с учетом возможного химического и биологического колюматажа при эксплуатации водозаборов.
- 4) фильтры должны быть доступны для проведения мероприятий по восстановлению производительности скважин.

Фильтры состоят из каркаса и водоприемной поверхности. Выпускаются следующие типы каркасов: стержневые; трубчатые с круглыми или щелевыми отверстиями; каркасы из штампованного листа; спирально-проволочные. Каркасы являются основой для водоприемной поверхности, которая устраивается из: проволочной обмотки, штампованного листа, металлических и неметаллических сеток.

В гравийно-галечниковых отложениях, а также в неустойчивых полускальных и скальных породах указанные типы каркасов могут использоваться без дополнительной водоприемной поверхности.

Наиболее распространенным и эффективным типом фильтров с точки зрения обеспечения длительной и устойчивой эксплуатации скважин являются гравийные фильтры, которые, в свою очередь, подразделяются на засыпные, кожуховые, блочные. Кожуховые и блочные фильтры собираются на поверхности и в готовом виде устанавливаются в скважинах.

Гравийные фильтры могут иметь в качестве поддерживающей основы непосредственно фильтры-каркасы (стержневые, трубчатые и др.) или различные водоприемные поверхности - проволочные обмотки, сетки и т. д.

Основные конструктивные схемы фильтров представлены на рисунке 18.

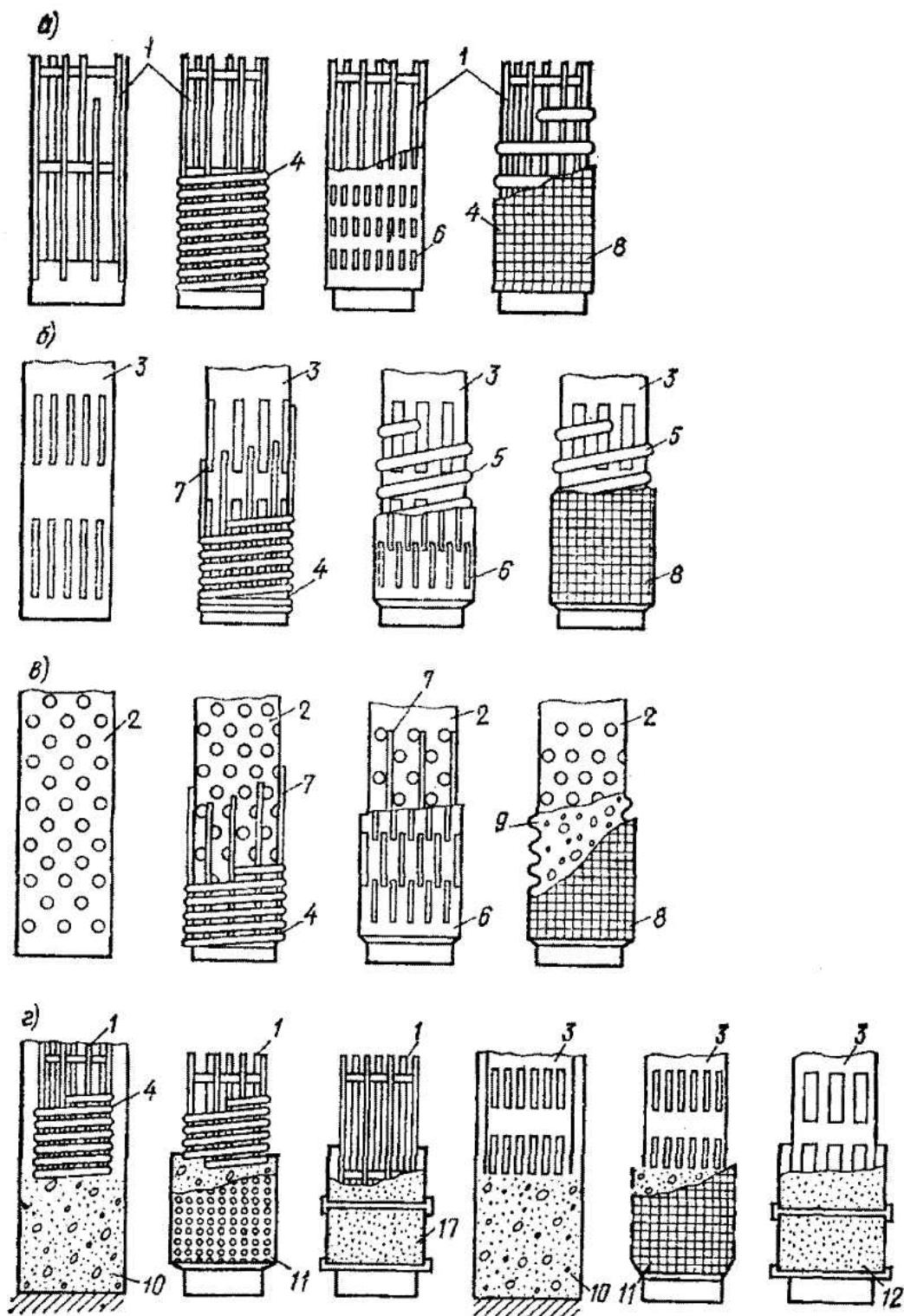


Рис. 18. Основные схемы конструкций фильтров водозаборных скважин

а – на основе стержневых каркасов; б – на основе трубчатых каркасов со 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 – проволоочная обмотка из нержавеющей стали; 5 – опорная проволоочная спираль; 6 – лист, штампованный из нержавеющей стали; 7 – опорные проволоочные стержни под проволоочную обмотку и лист; 8 – сетка из

нержавеющей стали или латуни; 9 – сетка подкладная, синтетическая; 10 – рыхлая обсыпка; 11 – гравийная обсыпка в кожухе; 12 – гравийный блок.

## **2.12. Расчет фильтров водозаборных скважин.**

### **2.12.1. Общие положения**

Длина фильтра определяется в зависимости от производительности скважин, изменения водопроницаемости пород и гидрохимических условий.

Теоретически в однородных пластах величина гидравлических потерь в фильтре растет до определенных пределов, и при некоторых соотношениях размеров фильтра (его диаметра, длины, скважности) гидравлические потери и приток к скважине должны оставаться постоянными.

Тем не менее, в реальных условиях, учитывая неоднородность водоносного горизонта и возможность интенсивного химического зарастания фильтров, следует увеличивать длину и размеры отверстий фильтров. При этом в первую очередь фильтры должны устанавливаться в наиболее водопроницаемых зонах водоносного горизонта. [22]

В безнапорных водоносных горизонтах длина фильтра определяется с учетом понижения динамического уровня в скважине: в этом случае мощность  $m \approx h_e - \frac{S_0}{2}$ , где  $h_e$  - первоначальная мощность безнапорного горизонта;  $S_0$  - проектное понижение уровня в скважине.

При выборе типа фильтра для оборудования скважины необходимо исходить из применения конструкции, коэффициент водопроницаемости, которой равен или превышает коэффициент водопроницаемости водоносных пород или гравийных обсыпок, контактирующих с фильтром. Наиболее предпочтительно использование фильтров-каркасов. Сравнительные данные о проницаемости различных фильтров приведены на рисунке 19. Коэффициент водопроницаемости каркасно-стержневых фильтров изменяется от 1,5 до 2,15 см/с, проволоочных конструкций на трубчатом каркасе - от 0,42 до 1,8 см/с, фильтра с водоприемной поверхностью из штампованного листа - от 0,23 до 0,52 см/с, сетчатых фильтров с сеткой галунного плетения - от 0,08 до 0,37 см/с.

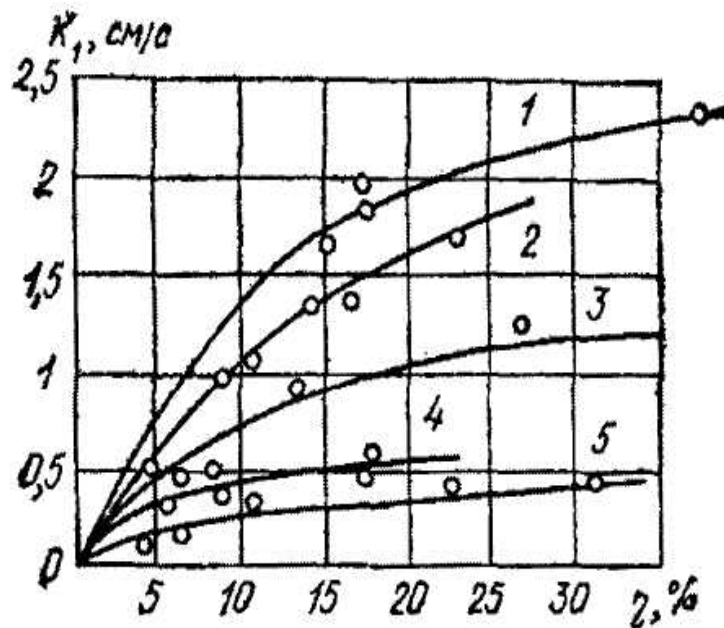


Рис. 19. Изменение проницаемости различных фильтров в зависимости от скважности

1 - каркасно-стержневого; 2 - проволочного на трубчатом каркасе; 3 - с мостообразными отверстиями; 4 - с водоприемной поверхностью из штампованного листа; 5 - с сеткой галунного плетения

Фильтрационные характеристики существенно ухудшаются в блочных конструкциях и при усложнении водоприемной поверхности. Величина коэффициента водопроницаемости новых модификации рекомендованных фильтров устанавливается индикаторным методом.

Размер проходных отверстий фильтра назначают с учетом гранулометрического состава пород, слагающих водоносный горн-зонт, и соответствующего размера частиц гравийной обсыпки. Для подбора размера отверстий фильтров рекомендуются следующие эмпирические соотношения (табл. 27).

Таблица 27

### Рекомендуемые размеры отверстий фильтров

| Фильтр                | Рекомендуемые размеры отверстий фильтров |                                  |
|-----------------------|------------------------------------------|----------------------------------|
|                       | в однородных породах $K_n \leq 2$        | в неоднородных породах $K_n > 2$ |
| С круглой перфорацией | $2,5-3d_{50}$                            | $3-4 d_{50}$                     |
| Сетчатый              | $1,5-2 d_{50}$                           | $2-2,5 d_{50}$                   |
| С щелевой перфорацией | $1,25-1 d_{50}$                          | $1,5-2 d_{50}$                   |
| Проволочный           | $1,25 d_{50}$                            | $1,5 d_{50}$                     |

Примечания:

1.  $K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{60}$ ,  $d_{10}$  – размеры частиц, меньше которых в водоносном пласте содержится соответственно 10, 50 и 60 % (определяется по графику гранулометрического состава).

2. Меньшие значения численных коэффициентов  $K_n$  относятся к мелкозернистым породам, большие - к крупнозернистым.

Размеры проходных отверстий фильтров при устройстве гравийной обсыпки должны приниматься равными среднему диаметру частиц слоя обсыпки  $d_{50}$ , примыкающего к стенкам фильтра.

Основным требованием к подбору гравийных обсыпок является обеспечение суффозионной устойчивости пород в прискважинной зоне при сохранении относительно небольших контактных потерь напора.

При подборе гравийного фильтра в относительно однородных грунтах ( $K_n < 5$ ) должно выдерживаться соотношение

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} \approx 8 - 12, \quad (39)$$

где  $D_{50}$  и  $d_{50}$  - средний диаметр частиц соответственно водоносных пород и материала обсыпки.

Для подбора размера частиц обсыпки в существенно суффозионных породах, при значительной их неоднородности ( $K_n < 5$ ) можно пользоваться диаграммой рисунок 20. Расчетную величину среднего диаметра обсыпки получают умножением на 5 найденной по графику величины характерного диаметра (на пересечении с кривой зернового состава).

Например, точке А на рис. 20 на пересечении кривой гранулометрического состав водоносных пород с кривой характерного диаметра (пунктирная линия) соответствует расчетный диаметр 2,6 мм. Следовательно,  $d_{50}$  гравия обсыпки будет  $2,6 \cdot 5 = 13$  мм.

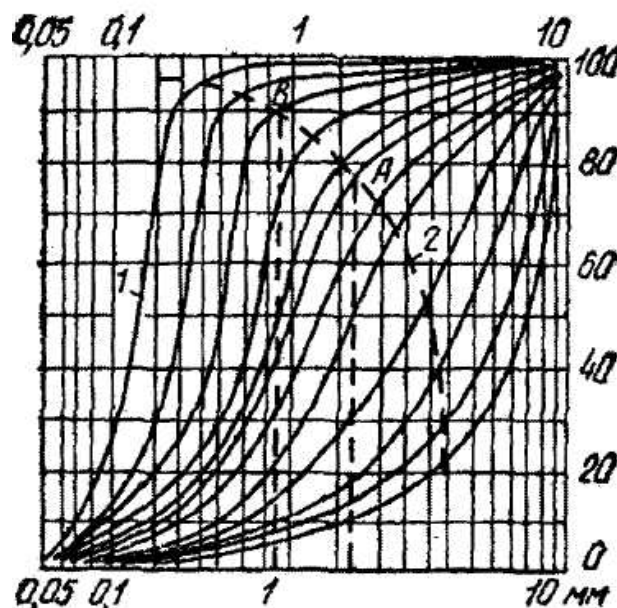


Рис. 20. График для определения состава гравийной обсыпки

1 - кривые зернового состава песков; 2 - кривая характерного диаметра

Подбор механического состава материала при устройстве двух и трехслойных гравийных обсыпок фильтров надлежит производить по соотношению  $\frac{D_{50}^1}{D_{50}^2} \approx 4 - 6$ , где  $D_{50}^1$  и  $D_{50}^2$  - средние диаметры частиц материала соседних слоев обсыпки.

Материал обсыпки должен быть однородным. Во всех случаях количество части максимального и минимального диаметра в составе обсыпки не должно превышать 10 %.

Оптимальная толщина обсыпки должна составлять 150-200 мм. Минимальную ее величину следует выбирать в зависимости от размера зерен гравия и песка (табл. 28).

Таблица 28

**Соотношение размеров зерен обсыпки с толщиной ее слоя**

|                          |      |      |       |
|--------------------------|------|------|-------|
| Размер зерен обсыпки, мм | До 4 | 4-12 | 12-35 |
| Толщина слоя обсыпки, мм | 60   | 70   | 80    |

В скважинах с многослойной обсыпкой толщина слоя из мелкого гравия (песка) не должна приниматься меньше толщины опорного слоя гравия. Применение для гравийных фильтров неоднородного состава нецелесообразно из-за существенного расслоения его в процессе засыпки.

Примечание. Материал, используемый для гравийных фильтров, должен быть незагрязненным, не содержать глинистых, пылеватых частиц и быть надежным в санитарном отношении.

## 2.12.2. Расчет трубчатого фильтра с круглой перфорацией

2.12.2.1. Расчетная схема звена трубчатого фильтра приведена на рис. 21.

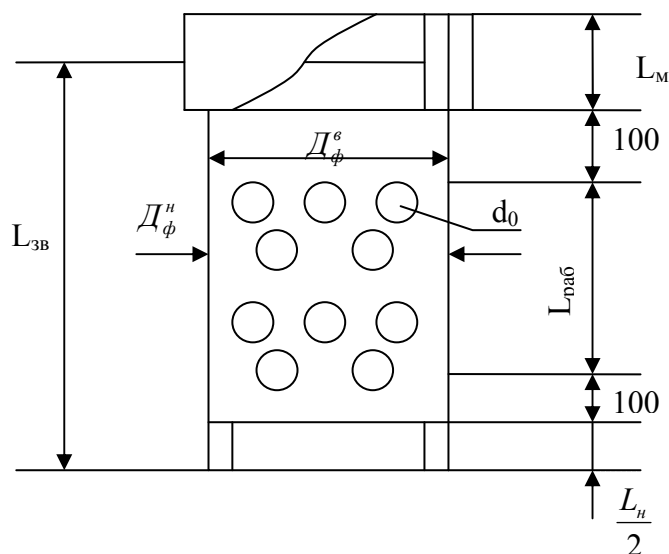


Рис. 21. Схема звена трубчатого фильтра

2.12.2.2. Определяется минимальный допустимый наружный диаметр фильтра по формуле:

$$D_{\phi м} = \frac{Q}{\pi \cdot h_{рф} \cdot V_0 \cdot \rho}, \text{ м}, \quad (40)$$

где  $Q$  – дебит скважины,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$h_{рф}$  – длина рабочей части фильтра (для напорных вод эту величину назначают на 3-4 м меньше мощности водоносного пласта);

$\rho$  – пористость фильтра (принимается для трубчатых фильтров в пределах 0,25-0,30);

$V_0$  – допустимая выходная скорость фильтрации,  $\text{м}/\text{ч}$ , определяется по формуле

$$V_0 = \frac{65\sqrt{K_{\phi}}}{24}, \text{ м}/\text{ч}, \quad (41)$$

где  $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации водоносного грунта.

2.12.2.3. После определения минимально допустимого диаметра фильтра, учитывая, что этот фильтр изготавливается из обсадных труб по ГОСТу 632-80, подбирают конструктивный диаметр фильтра  $D_{фк}$ , пользуясь данными, приведенными в таблице 29.

**Трубы обсадные цельнотянутые и муфты к ним (по ГОСТ 632-80)**

| Трубы                |                    |                        |                         | Муфты                |           |           |
|----------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------|-----------|
| наружный диаметр, мм | толщина стенки, мм | внутренний диаметр, мм | теоретическая масса, кг | наружный диаметр, мм | длина, мм | масса, кг |
| 1                    | 2                  | 3                      | 4                       | 5                    | 6         | 7         |
| 114                  | 7                  | 100                    | 18,5                    | 133                  | 191       | 6,3       |
| 127                  | 7                  | 113                    | 20,7                    | 147                  | 191       | 7,3       |
| 141                  | 7<br>10            | 127<br>121             | 23,1<br>32,3            | 166                  | 191       | 8,7       |
| 146                  | 7<br>10            | 132<br>126             | 24,0<br>33,5            | 166                  | 191       | 8,7       |
| 159                  | 12<br>10           | 122<br>139             | 39,7<br>36,7            | 179                  | 191       | 9,0       |
| 168                  | 7<br>12            | 154<br>144             | 27,8<br>42,2            | 188                  | 184       | 9,1       |
| 194                  | 9<br>14            | 176<br>166             | 41,1<br>62,2            | 216                  | 203       | 12,5      |
| 219                  | 8<br>11            | 203<br>197             | 41,6<br>56,4            | 243                  | 203       | 15,0      |
| 245                  | 8<br>11            | 229<br>223             | 46,8<br>63,5            | 269                  | 203       | 11,3      |
| 289                  | 10,5<br>10         | 252<br>253             | 68,0<br>71,3            | 296                  | 216       | 21,3      |
| 315                  | 12<br>10           | 275<br>273             | 84,9<br>77,7            | 325                  | 216       | 24,3      |
| 325                  | 12                 | 301                    | 92,6                    | 351                  | 229       | 28,0      |
| 351                  | 11                 | 329                    | 92,2                    | 376                  | 229       | 29,0      |
| 377                  | 11                 | 355                    | 99,3                    | 402                  | 229       | 31,0      |
| 426                  | 11                 | 404                    | 112,6                   | 451                  | 220       | 35,0      |
| 508                  | 11                 | 486                    | 135,0                   | 533                  | 228       | 44,6      |

2.12.2.4. По пятидесятипроцентному диаметру частиц водоносного грунта ( $d_{50}$ ) определяется диаметр отверстий в фильтре:

$$D_0 = (2,5 - 4,0) \cdot d_{50} \quad (42)$$

2.12.2.5. Если мощность водоносного пласта ( $m$ ) не превышает 10 м, фильтровая колонна должна состоять из одного звена. Длина рабочей части фильтра в этом случае принимается равной:

$$L_{аб} = (0,8 - 0,9) \cdot m \quad (43)$$

Если мощность водоносного пласта более 10 м, фильтр должен состоять из нескольких звеньев. Длина одного звена должна быть в пределах  $L_{ав}=5-10$  м. В этом случае общее количество звеньев равно:

$$n_{ав} = \frac{m - (2 - 4)}{L_{ав}} \quad (44)$$

2.12.2.6. Определяется общее количество отверстий, которое необходимо разместить на боковой поверхности одного звена рабочей части трубчатого фильтра. Для этого определяется общая площадь боковой поверхности:

$$F_{\sigma} = D_{фк} \cdot \pi (L_{ав} - L_{м} - 0,2), \text{ м}, \quad (45)$$

где  $D_{фк}$  – конструктивный наружный диаметр, м;

$L_{ав}$  – длина звена, м;

$L_{м}$  – длина муфты, м (принимается по таблице 22).

Определяется площадь одного отверстия:

$$F_0 = 0,785 \cdot D_0^2, \text{ м}^2, \quad (46)$$

где  $D_0$  – диаметр одного отверстия, м.

Определяется общая площадь всех отверстий, размещаемых на боковой поверхности одного звена фильтра:

$$F = \rho \cdot F_{\sigma}, \text{ м}^2, \quad (47)$$

где  $\rho$  – пористость фильтра.

Общее количество отверстий на одном звене фильтра:

$$n = \frac{F}{F_0}, \text{ штук} \quad (48)$$

2.12.2.7. Для размещения отверстий на боковой поверхности фильтра определяют расстояние между осями рядов отверстий:  $L = (1,4-1,7)D_0$  и расстояние между осями отверстий в каждом ряде:  $L_0 = (1,7-2,4)D_0$ .

### 2.12.3. Расчет сетчатого фильтра

2.12.3.1. Составляется расчетная схема одного звена фильтра (рис. 22).

2.12.3.2. Сетчатый фильтр представляет собой каркас из обсадных труб с круглой перфорацией, обтянутый сеткой квадратного или галунного плетения. Минимальный наружный допустимый диаметр сетчатого фильтра  $D_{фм}$  определяется также, как и диаметр трубчатого фильтра. При этом пористость фильтра принимается  $\rho = 1$ .

Если величина  $D_{фм}$  получилась менее 114 мм, то окончательно принимается диаметр каркаса фильтра  $D_{к}=114$  мм. Если величина получилась больше 114 мм, окончательно принимают  $D_{к}$  из таблицы 22.

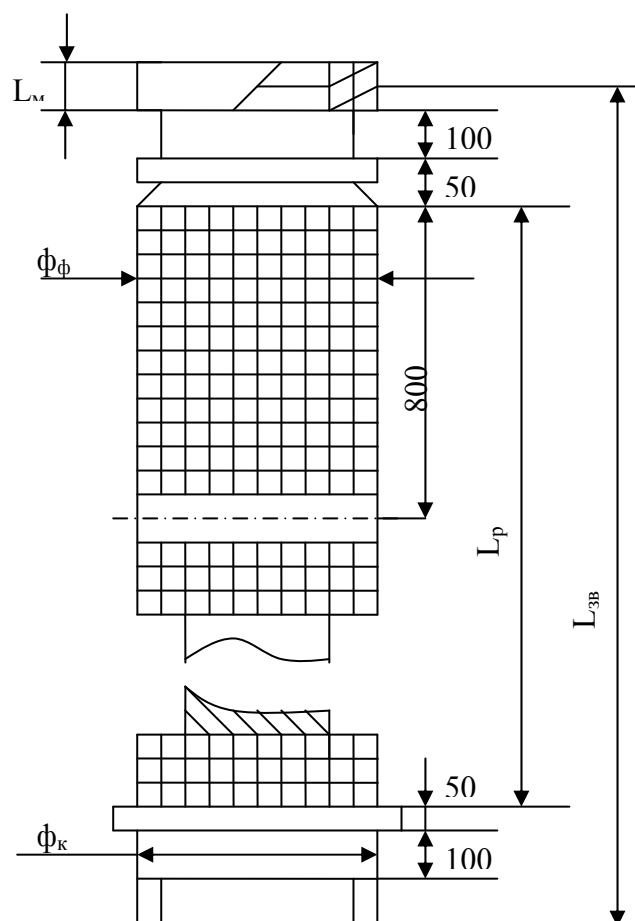


Рис.22. Схема звена сетчатого фильтра

2.12.3.3. Определяется требуемый размер отверстия в сетке:

$$D_0 = (1,5 - 2,5) \cdot d_{50} \quad (49)$$

2.12.3.4. Для фильтров с сеткой квадратного плетения подбирается номер сетки и выписывается ее характеристика из таблицы 30.

Таблица 30

**Сетка проволоочная тканная с квадратными ячейками**

| Номер сетки | Диаметр проволоки,<br>мм | Размер стороны<br>ячейки в свету, мм | Вес 1м <sup>2</sup><br>латунной сетки,<br>кг |
|-------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1           | 2                        | 3                                    | 4                                            |
| 2,60        | 0,50                     | 2,60                                 | 1,14                                         |
| 2,50        | 0,50                     | 2,50                                 | 1,18                                         |
| 2,00        | 0,50                     | 2,00                                 | 1,41                                         |
| 1,60        | 0,45                     | 1,60                                 | 1,39                                         |
| 1,25        | 0,40                     | 1,25                                 | 1,33                                         |
| 1,00        | 0,35                     | 1,00                                 | 1,23                                         |
| 0,90        | 0,35                     | 0,90                                 | 1,38                                         |
| 0,80        | 0,30                     | 0,80                                 | 1,20                                         |
| 0,70        | 0,30                     | 0,70                                 | 1,27                                         |
| 0,63        | 0,25                     | 0,63                                 | 1,00                                         |

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| 0,60 | 0,25 | 0,60 | 1,04 |
| 0,56 | 0,23 | 0,56 | 0,97 |
| 0,50 | 0,22 | 0,45 | 0,72 |
| 0,45 | 0,18 | 0,45 | 0,72 |
| 0,42 | 0,15 | 0,42 | 0,55 |
| 0,40 | 0,15 | 0,40 | 0,58 |

Для фильтров с сеткой галунного плетения подбирается номер сетки, и выписываются ее характеристики из таблицы 31.

Таблица 31

### Основные данные сеток галунного плетения

| Номер сетки | Диаметр проволоки |      | Размер ячейки, мм | Материал | Вес 1м <sup>2</sup> , кг |
|-------------|-------------------|------|-------------------|----------|--------------------------|
|             | основа            | утка |                   |          |                          |
| 1           | 2                 | 3    | 4                 | 5        | 6                        |
| 6/70        | 0,70              | 0,40 | 0,34              | латунь   | 3,79                     |
| 7/70        | 0,60              | 0,40 | 0,34              | Л-68     | 3,68                     |
| 8/55        | 0,60              | 0,50 | -                 | Л-68     | 4,46                     |
| 8/70        | 0,60              | 0,40 | -                 | Л-80     | 4,83                     |
| 8/80        | 0,50              | 0,35 | 0,32              | Л-80     | 3,30                     |
| 10/70       | 0,50              | 0,40 | 0,32              | Л-80     | 3,74                     |
| 10/80       | 0,50              | 0,33 | -                 | Л-80     | 3,05                     |
| 10/90       | 0,45              | 0,30 | 0,27              | Л-80     | 2,75                     |
| 10/100      | 0,45              | 0,30 | -                 | Л-80     | 2,68                     |
| 12/90       | 0,45              | 0,30 | 0,27              | Л-80     | 2,86                     |
| 14/90       | 0,45              | 0,30 | -                 | Л-80     | 3,10                     |
| 14/100      | 0,45              | 0,28 | 0,23              | Л-80     | 3,04                     |
| 16/100      | 0,40              | 0,25 | 0,23              | Л-80     | 2,82                     |
| 18/130      | 0,32              | 0,22 | 0,17              | Л-80     | 2,30                     |
| 20/160      | 0,28              | 0,18 | 0,14              | Л-80     | 2,00                     |

2.12.3.5. Определяется конструктивный диаметр сетчатого фильтра по формуле:

$$D_k + 2t_c + 2t_{п} + 2t_{ст}, \text{ мм}, \quad (50)$$

где  $D_{фк}$  - конструктивный диаметр каркаса фильтра, мм;

$t_c$  - толщина сетки, мм;

$t_{п}$  - толщина подмотки под сетку, которая выполняется из проволоки диаметром 2-3 мм;

$t_{ст}$  - толщина стержней, навариваемых вдоль каркаса фильтра. Каждый стержень имеет диаметр 3-4 мм.

Толщина сетки квадратного плетения равна:

$$t_c = 3d, \text{ мм} \quad (51)$$

где  $d$  - диаметр проволоки, мм.

Толщина сетки галунного плетения равна:

$$t_c = 2d_y + d_0, \text{ мм},$$

где  $d_y$  - диаметр проволоки утка, мм;

$d_0$  - диаметр проволоки основы, мм.

#### 2.12.4. Расчет гравийного фильтра

2.12.4.1. Одной из разновидностей гравийных фильтров цементированный гравийный фильтр СГФ.

Составляется схема одного звена СГФ (рис.23), этот фильтр представляет собой каркас из обсадных труб с круглой перфорацией, вокруг которого устраивается цементированный слой гравия.

2.12.4.2. Минимальный допустимый наружный диаметр гравийного фильтра  $D_{\phi м}$  определяется так же, как и трубчатого фильтра. При этом пористость фильтра принимается  $\rho=1$ .

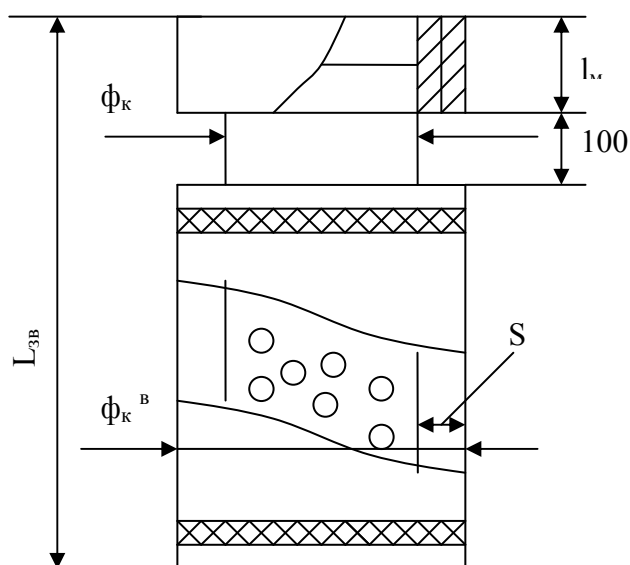


Рис. 23. Схема звена гравийного фильтра

2.12.4.3. Определяется толщина цементированного слоя фильтра:

$$\delta = 0,5 \cdot D_{50} + 1, \text{ см}, \quad (52)$$

где  $D_{50}$  - пятидесятипроцентный диаметр зерен гравия.

$$D_{50} = A \cdot d_{50}, \text{ мм}, \quad (53)$$

где  $A$  - коэффициент перехода, учитывающий состав водоносно песка (принимается в пределах  $A = 16-20$ );

$d_{50}$  - пятидесятипроцентный диаметр зерен водоносного песка, мм.

2.12.4.4. Наружный диаметр каркаса гравийного фильтра определяется по формуле:

$$D_k = D_{\phi м} - 2\delta, \text{ мм} \quad (54)$$

Если величина  $D_k$  получилась менее 114 мм, окончательно принимают диаметр каркаса  $D_k=114$  мм. Если величина  $D_k$  получилась более 114 мм, принимают  $D_k$  из таблицы 29.

2.12.4.5. Определяется конструктивный диаметр гравийного фильтра

$$D_{\phi_k} = D_k + 2\delta, \text{ мм} \quad (55)$$

2.12.4.6. Количество и размеры звеньев гравийного фильтра определяются так же, как для трубчатого фильтра. (см. п. 2.12.2.5. данного пособия).

### 2.13. Разработка конструкции скважины ударно-канатного бурения

2.13.1. Основными элементами конструкции ствола скважины являются диаметры, длины и количество колонн обсадных труб, которыми укрепляют стенки скважины. Конструкция скважины зависит от способа бурения.

2.13.2. При ударно-канатном бурении количество обсадных колонн определяется с учетом допустимой величины выхода каждой колонны. Выход должен приниматься в пределах:  $\Delta H = 30 - 50$  м.

2.13.3. Общее количество колонн (включая направляющую) для ориентировочного расчета определяется по формуле:

$$n = \frac{H_{\text{скв}}}{\Delta H}, \text{ шт.}, \quad (56)$$

где  $H_{\text{скв}}$  - глубина скважины (от поверхности земли до кровли водоносного пласта).

2.13.4. Составляется схема конструкции ствола скважины ударно-канатного бурения (рис. 24).

Внутренняя колонна называется эксплуатационной, наружная направляющей, промежуточные - техническими.

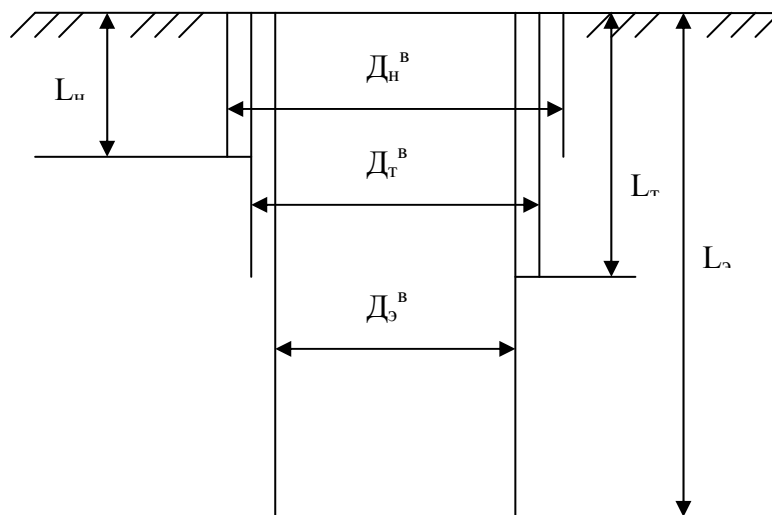


Рис. 24. Схема конструкции ствола скважины ударно-канатного бурения

2.13.5. Внутренний диаметр эксплуатационной колонны обуславливается конструктивными диаметрами фильтра или водоподъемника (большим из них) и подбирается по таблице 29.

По внутреннему диаметру из таблицы 22 подбирается диаметр эксплуатационной колонны. Длина эксплуатационной колонны принимается равной глубине скважины

2.13.6. Определяют размеры следующей колонны (технической или направляющей). Внутренний диаметр этой колонны должен быть больше (не менее чем на 20 мм) наружного диаметра предыдущей (эксплуатационной) колонны. Затем определяется по таблице 22 наружный диаметр колонны. Ее длина должна быть меньше длины предыдущей колонны на величину  $\Delta h$ .

2.13.7. Подбираются размеры остальных технических и направляющих колонн. Длина направляющей колонны рекомендуется в пределах от 10 до 20 м.

2.13.8. Конструкция скважины ударно-канатного бурения вычерчивается в вертикальном масштабе на проектном геолого-техническом разрезе (рис. 7).

## 2.14. Разработка конструкции скважины роторного бурения

2.14.1. При роторном бурении ствол скважины обычно состоит из двух обсадных колонн труб - эксплуатационной и направляющей. Пространство между колоннами и стенками скважины цементируется.

Если глубина скважины превышает 120 м, устраивается одна промежуточная (техническая) колонна.

2.14.2. Составляется схема конструкции скважины роторного бурения (рис. 25)

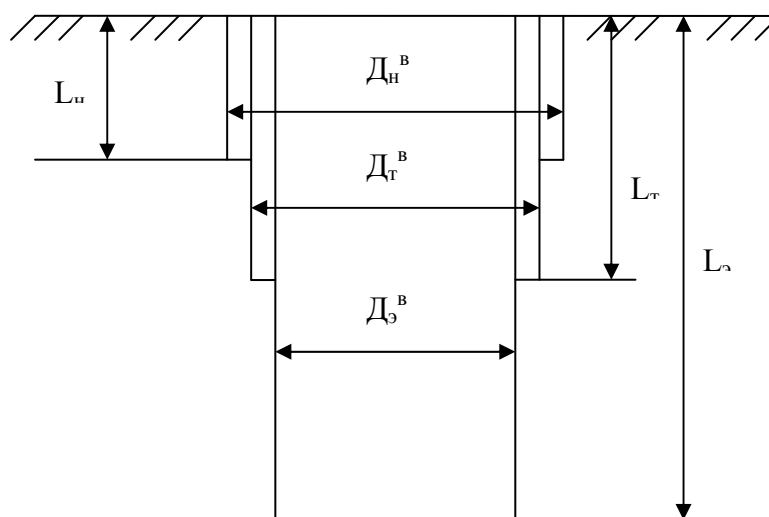


Рис. 25. Схема конструкции ствола скважины роторного бурения

2.14.3. Диаметры и длина эксплуатационной колонны:  $D_н^Б$ ;  $D_т^Б$ ;  $L_э$  принимаются так же, как и для ударно-канатного бурения. Кроме того, по таблице 22 для каждой колонны определяется диаметр муфты  $D_м^Б$ .

2.14.4. Внутренний диаметр следующей колонны (технической или направляющей) должен быть больше (не менее, чем на 20 мм) диаметра муфты предыдущей колонны.

Длина направляющей колонны рекомендуется в пределах от 10 до 20 м.

2.14.5. Конструкция скважины роторного бурения вычерчивается в вертикальном масштабе на проектном геолого-техническом разрезе (рис. 7).

## **ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН.**

### **3.1. Основные характеристики горных пород.[26]**

При бурении скважин с целью водоснабжения часто приходится сталкиваться с горными породами, а также с заключенными в них подземными водами.

В настоящем справочнике приведены некоторые сведения о горных породах, наиболее часто встречающихся в практике бурения на воду, и основные гидрогеологические понятия и параметры, определяющие условия нахождения подземных вод в породах и их количественные показатели.

Эти сведения могут быть полезными как при ознакомлении буровых мастеров и прорабов с проектной документацией, в которой отражаются геологический разрез и основные сведения об ожидаемой водоносности пород, так и в процессе проведения самих буровых работ и опробования водоносных горизонтов.

Горные породы, слагающие земную кору, делятся по своему происхождению на три крупные группы: магматические, метаморфические и осадочные.

Магматические породы образовались в результате охлаждения и затвердевания расплавленной высокотемпературной массы сложного состава (магмы), поступающей из глубинных зон земли. Магма может затвердевать на глубине внутри земной коры, давая в этом случае так называемые интрузивные породы, и на земной поверхности, образуя эффузивные (вулканические) породы,

К интрузивным магматическим породам относятся: граниты, сиениты, диориты, габбро, перидотиты, дуниты, нефелиновые сиениты и др.

К эффузивным магматическим породам относятся: липариты, трахиты, андезиты, базальты, порфириты, диабазы и др.

Метаморфические породы образовались в земной коре из магматических и осадочных пород в результате воздействия на них температуры, давления и химически активных веществ.

К метаморфическим породам относятся: сланцы, гнейсы, роговики, мраморы, кварциты и др.

Осадочные породы, как это явствует из их названия, образуются преимущественно в результате осаждения и последующего уплотнения (в морях, океанах, озерах, реках, а также на поверхности земли) продуктов

механического разрушения горных пород, химических веществ, выпадающих в осадок, и остатков погибших организмов. По основным источникам образования осадочных пород они делятся на обломочные, химические и органогенные.

Среди осадочных пород обломочного происхождения выделяются по размерам обломков, а также по сложенности и плотности следующие основные породы: валунники (валунные конгломераты), галечники (конгломераты), гравий (гравелиты), пески (песчаники), алевроиты (алевролиты), глины (аргиллиты).

К осадочным породам химического происхождения относятся известняки, доломиты, гипсы, ангидриты, каменная соль и др. В случае добавления к химическим осадкам обломочных частиц образуются такие породы, как мергель, представляющий собой смесь известковистых и глинистых веществ.

К органогенным осадочным породам относятся известняки ракушечники, диатомиты и другие породы, основную массу которых составляют остатки раковин и скелетных обломков различных организмов.

Основные типы горных пород изображают на геологических картах и разрезах определенными условными обозначениями (рис. 26).

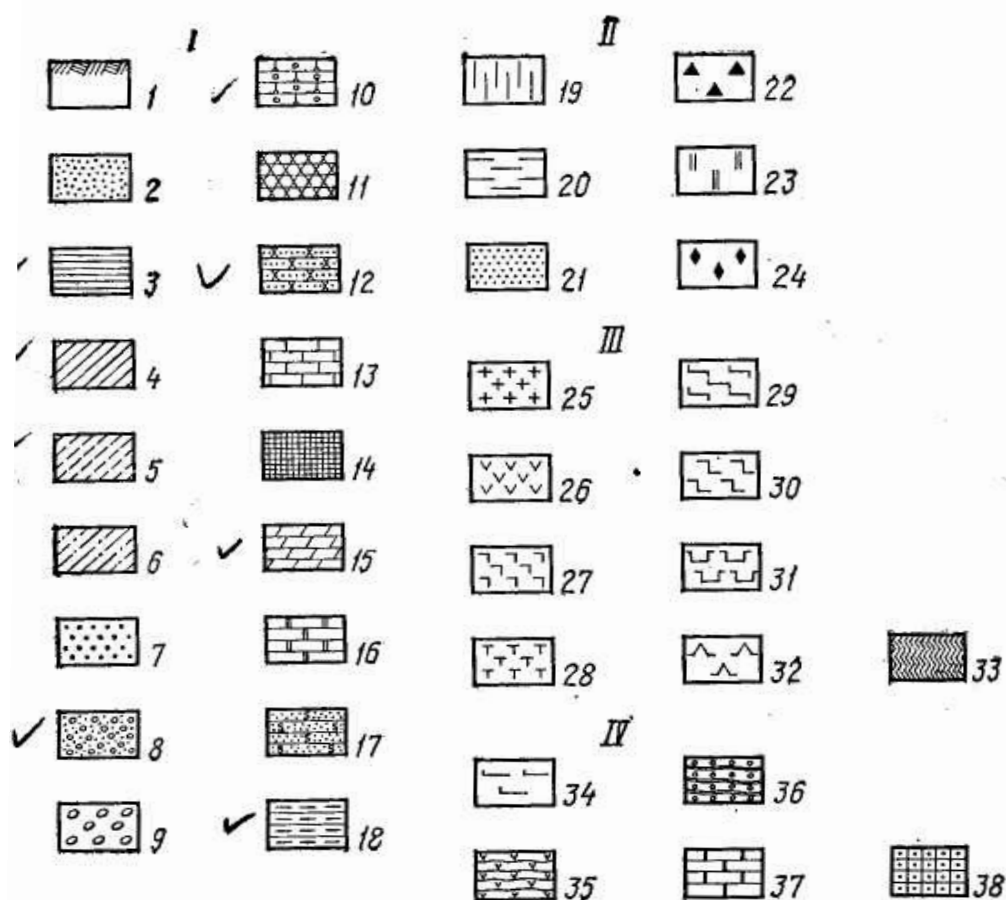


Рис. 26. Условные обозначения горных пород

I – осадочные породы; II – характерные литологические особенности; III – магматические породы; IV – метаморфические породы; 1 – растительный слой; 2 – песок; 3 – глина четвертичная; 4 – суглинок; 5 – суглинок лессовидный; 6 – супесь; 7 – гравий; 8 – галечник; 9 – валуны; 10 – конгломерат; 11 – брекчия; 12 – песчаник; 13 – известняк; 14 – мел; 15 – мергель; 16 – доломит; 17 – алевролит; 18 – глинистый сланец; 19 – известковистость; 20 – глинистость; 21 – песчанистость; 22 – гипсоносность; 23 – доломитизация; 24 – соленосность; 25 – засоленность; 26 – кислые породы, граниты; 26 – средние породы (сиениты, диориты); 27 – основные породы (габбро, нортиты); 28 – ультраосновные породы (пироксениты, буниты); 29 – кислые лавы (кварцевые порфиры); 30 – средние лавы (порфиры, трахиты); 31 – основные лавы (диабазы, базальты); 32 – ультраосновные лавы (базаниты, пикриты); 33 – туф вулканический; 34 – гнейсы и гнейсовые породы; 35 – кварце-биотитовые и другие сланцы; 36 – роговики, яшмы, кремнистые сланцы; 37 – мраморы; 38 – кварциты.

### 3.2. Условия применения различных способов бурения [19]

При проектировании водозаборных скважин способ бурения выбирают исходя из общих геологических и гидрогеологических условий участка размещения водозабора – глубин залегания водоносных горизонтов, подлежащих вскрытию и эксплуатации, литологии пород, слагающих водоносный горизонт, а также из необходимого диаметра скважины и наибольшей технико-экономической целесообразности способа бурения в данных конкретных условиях.

Технико-экономическая целесообразность применения того или иного способа бурения скважин определяется по совокупности трех показателей: качество и долговечность скважины, продолжительность ее сооружения, стоимость сооружения. В случаях, когда не представляется возможным согласовать все три показателя, решающим должен быть, как правило, первый показатель.

При выборе способа бурения водозаборных скважин необходимо руководствоваться рекомендациями, приведенными в табл. 32.

Таблица 32

#### Выбор способа бурения

| Способ бурения                     | Условия применения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ударно-канатный                    | В рыхлых и скальных породах при глубине скважин до 150 м                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Роторный с прямой промывкой        | 1. В рыхлых и скальных породах при любой глубине скважин с начальным диаметром до 500 мм на горизонты подземных вод, обладающие большими напорами, с промывкой глинистым или водогипановым раствором.<br>2. В скальных породах на ненапорные водоносные горизонты при условии применения в качестве промывной жидкости чистой воды |
| Комбинированный (ударно-канатный и | При глубине скважин более 150 м на ненапорные или слабонапорные водоносные горизонты,                                                                                                                                                                                                                                              |

|                               |                                                                                                                                                  |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| роторный с прямой промывкой)  | представленные рыхлыми отложениями. До кровли водоносного горизонта – роторный с глинистым раствором; по водоносному горизонту – ударно-канатный |
| Роторный с обратной промывкой | В породах I-IV категорий с содержанием в рыхлых и связных отложениях при глубине скважин до 200 м                                                |
| Колонковый                    | В скальных породах диаметром до 150-200 мм при глубине бурения до 150м                                                                           |
| Реактивно-турбинный           | При больших глубинах (500-1000 м и более) и больших диаметрах скважин                                                                            |

### 3.3. Техничко-экономическое обоснование выбора способа бурения

3.3.1. Окончательный выбор способа бурения производится на основании сравнения экономических показателей бурения. Сравниваются стоимости бурения скважин с учетом закрепления их обсадными трубами.

3.3.2. Сравнение производится по ценам 1991 года с дальнейшим перерасчетом на реальные цены путем умножения на коэффициент инфляции.

3.3.3. Стоимость бурения скважин ударно-канатным способом определяется по следующей форме.

Форма

#### Определение стоимости бурения скважины ударно-канатным способом с закреплением обсадными трубами

| Название обсадных труб | Наружный диаметр, мм | Длина промежутков, м | Стоимость 1 м бурения | Общая стоимость, руб |
|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Направляющая           |                      |                      |                       |                      |
| 1-ая техническая       |                      |                      |                       |                      |
| 2-ая техническая       |                      |                      |                       |                      |
| .....                  |                      |                      |                       |                      |
| Эксплуатационная       |                      |                      |                       |                      |
| Итого                  |                      |                      |                       |                      |

Данные для граф 1 и 2 принимаются по схеме ствола скважины роторного бурения. При этом, учитывая, что стоимость одного метра бурения зависит от глубины и изменяется через 50 метров, каждая колонна делится на промежутки с учетом изменений стоимости.

3.3.4. Стоимость одного метра бурения ударно-канатным способом принимается по данным таблицы 34.

Таблица 34

#### Стоимость 1 м ударно-канатного бурения скважины

| Наружный диаметр обсадной | Глубина скважины            |          |             |
|---------------------------|-----------------------------|----------|-------------|
|                           | до 50 м                     | до 100 м | более 100 м |
|                           | Стоимость 1 м скважины, руб |          |             |

| КОЛОННЫ |      |      |      |
|---------|------|------|------|
| 114     | 19,8 | 23,3 | 25,2 |
| 127     | 21,6 | 24,0 | 26,4 |
| 141     | 23,4 | 25,1 | 27,8 |
| 146     | 23,8 | 25,9 | 28,7 |
| 159     | 25,1 | 26,2 | 31,0 |
| 168     | 25,9 | 27,5 | 33,0 |
| 194     | 28,7 | 30,1 | 37,6 |
| 219     | 30,6 | 34,1 | 40,2 |
| 245     | 33,3 | 37,8 | 43,1 |
| 273     | 35,3 | 40,1 | 46,8 |
| 299     | 38,2 | 43,2 | 54,6 |
| 325     | 40,6 | 46,2 | 63,9 |
| 351     | 42,4 | 50,6 | 66,7 |
| 377     | 43,7 | 52,8 | 70,0 |
| 426     | 48,6 | 58,8 | 72,9 |
| 508     | 54,7 | 66,0 | 79,8 |

3.4.5. Стоимость 1 метра роторного бурения принимается по данным таблицы 35.

Таблица 35

### Стоимость 1 м роторного бурения скважины

| Наружный диаметр обсадной колонны | Глубина скважины            |          |             |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------|-------------|
|                                   | до 100 м                    | до 200 м | более 200 м |
|                                   | Стоимость 1 м скважины, руб |          |             |
| 114                               | 9,0                         | 10,5     | 12,5        |
| 127                               | 10,5                        | 12,0     | 13,5        |
| 141                               | 12,0                        | 14,3     | 16,0        |
| 146                               | 13,0                        | 16,5     | 17,5        |
| 159                               | 14,1                        | 18,0     | 18,4        |
| 168                               | 15,0                        | 19,5     | 19,8        |
| 194                               | 17,5                        | 21,5     | 21,5        |
| 219                               | 18,5                        | 23,3     | 23,5        |
| 245                               | 21,5                        | 25,5     | 25,9        |
| 273                               | 23,5                        | 27,5     | 27,9        |
| 299                               | 26,0                        | 30,0     | 30,0        |

3.3.6. Если для закрепления стенок скважины, пробуренной роторным способом, предусматривается цементирование, то общую стоимость скважины следует умножить на коэффициент 1,5.

3.3.7. экономически наивыгоднейшим является тот способ бурения, стоимость которого меньше.

### 3.4. Технология ударно-канатного бурения

В практике ударно-канатного бурения применяют для разрушения породы следующие четыре типа долот: двутавровое, округляющее, крестовое и плоское. [2]

Двутавровые долота используют для бурения в вязких и средней твердости породах.

Округляющие долота применяют для бурения твердых и трещиноватых пород. Долота этой конструкции обеспечивают округление стенок скважины и в процессе бурения, а боковые перья долота защищают лезвие от быстрого износа.

Крестовые долота используют при бурении трещиноватых пород и валунно-галечниковых отложений, чтобы предотвратить прихват снаряда.

Плоские долота предназначены для бурения мягких пород.

Желонки применяют для бурения в песках и чистки скважин в процессе бурения. В зависимости от назначения существуют разные типы желонки, наибольшее распространение получили одностворчатые желонки. Желонка двустворчатая предназначена в основном для удаления разбуренной породы забоя. Желонка с полусферическим клапаном и копьём обеспечивает за счет плотного закрытия клапана сбор разжиженной массы.

Замки канатные необходимы для соединения бурового снаряда с бурильным канатом.

Раздвижные штанги служат для отрыва долота от забоя и выбивания бурового снаряда в процессе ударного бурения (особенно при проходке вязких пород).

Ударные штанги применяют для увеличения веса бурового снаряда в целях повышения эффективности разрушения породы и для предупреждения искривления скважин. Изготавливается два типа ударных штанг: гладкоствольные и с высаженными концами.

Последовательность сборки бурового снаряда для ударного инструмента и его основные параметры приведены на рисунке 27.

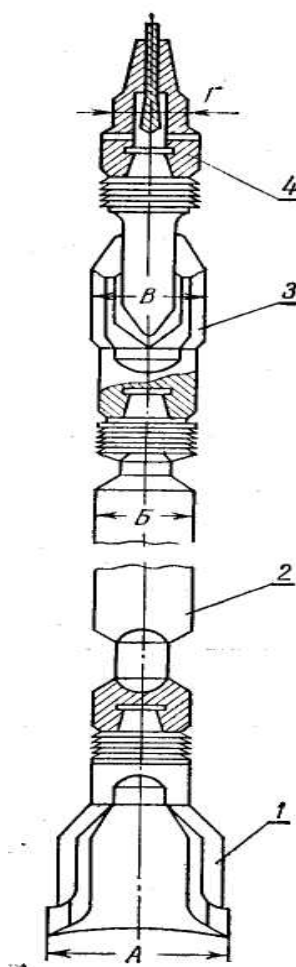


Рис. 27. Схема сборки бурового снаряда для ударно -канатного бурения:

1 - долото; 2 - ударная штанга; 3 – раздвижная штанга; 4 – канатный замок

К преимуществам ударно-канатного способа относится вскрытие водоносного горизонта без применения глинистого раствора. Хорошие результаты получаются при вскрытии слабонапорных и безнапорных водоносных горизонтов. К недостаткам следует отнести низкие скорости бурения и большой расход обсадных труб, вследствие чего объем бурения ударно-канатным способом в сельском хозяйстве составляет не более 10%. Опыт работы показал, что наиболее рационально использовать ударно-канатное бурение для проходки скважин глубиной до 100-150 м с целью вскрытия слабонапорных водоносных горизонтов.

Режим ударно-канатного бурения определяется типом долота, числом ударов, весом и высотой подъема снаряда, величиной навески.

Массу снаряда принимают из расчета от 25-30 кг на 1 см длины лезвия в мягких породах до 60-70 кг в крепких. Число ударов в мин меняется от 30-40 в крепких породах до 55-60 в мягких. Рекомендуемые величины можно изменять в зависимости от конкретных геолого-технических условий.

Правильно установленное соотношение числа ударов, высоты подъема снаряда и величины навески практически определяется по устойчивой работе бурового станка и вращению оттяжного ролика.

Схема работы станка для ударно-канатного бурения показана на рис. 28. При данном способе бурения породу забоя разрушают ударами бурового снаряда 1, подвешенного на канате (тросе) 3. Канат 3 перебрасывается через ролик блока 5 в вершине мачты 4, огибает оттяжной 6 и направляющий 8 ролики и наматывается на инструментальный барабан 9.

Для разрушения породы буровой снаряд многократно поднимают канатом и сбрасывают на забой. Такую работу выполняет механизм, состоящий из шестерни 12, шатуна 11 и балансирной рамы 7, на которой укреплены оттяжной ролик 6 и направляющий ролик 8. При вращении шестерни 12 шатун 11 совершая возвратно-поступательное движение, приподнимает и опускает балансирную раму 7. При опускании рамы оттяжной ролик 6 натягивает и поднимает буровой снаряд над забоем (рис. 28а). При подъеме рамы канат опускается, снаряд падает на забой и разрушает породу (рис. 28б). Вследствие скручивания и раскручивания упругого каната буровой снаряд после каждого удара поворачивается на некоторый угол, благодаря чему и происходит округление скважины.

По мере накопления на забое разрушенной породы (шлама) эффективность ударов долота ослабевает. Тогда выключают ударный механизм и извлекают буровой снаряд из скважины. Для удаления с забоя скважины разрушенной породы применяют специальный инструмент, называемый желонкой.

При ударном способе бурения стенки скважины крепят трубами непрерывно по мере углубления забоя. Диаметры долота и желонки меньше внутреннего диаметра обсадных труб. Поэтому колонну труб задавливают или забивают. По мере углубления обсадной колонны сопротивление пород увеличивается и на глубине 30-50 м продвижение колонны прекращается. Дальнейшее углубление скважины проводят долотом и обсадными трубами меньших диаметров. Обычно разность диаметров двух смежных колонн обсадных труб при ударно-канатном бурении принимают около 50 мм. Новую колонну обсадных труб меньшего диаметра удастся погрузить в породы (ниже башмака предыдущей колонны) также на 30-50 м. Расстояние по оси скважины между башмаками двух смежных колонн обсадных труб называется выходом. Вследствие малого выхода скважины ударного бурения приходится закреплять несколькими колоннами обсадных труб, и конструкция скважины получается телескопического вида.

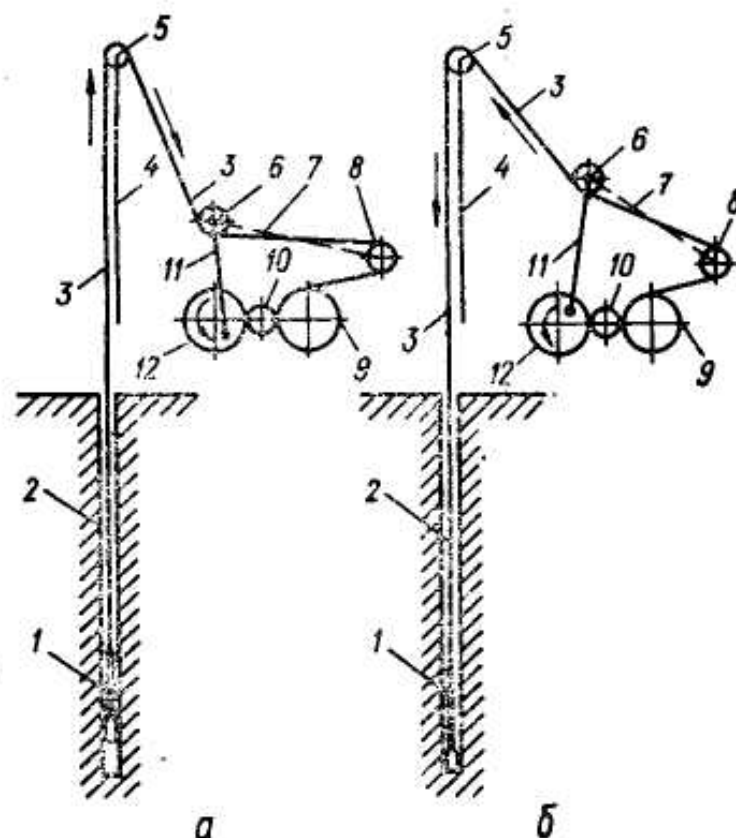


Рис. 28. Схема ударно-канатного бурения:

а - подъем снаряда над забоем; б - удар снаряда по забою; 1 - буровой снаряд; 2 - скважина; 3 - канат; 4 - мачта; 5 - блок на вершине мачты; 6 - оттяжной ролик; 7 - балансирующая рама; 8 - направляющий ролик; 9 - инструментальный барабан; 10 - шестерня главного вала; 11 - шатун; 12 - большая шестерня ударного механизма.

Технологический расчет ударно-канатного бурения выполняется следующим образом.

1. Обсадные трубы в скважину ударно-канатного бурения устанавливаются забивным способом, поэтому бурение скважины осуществляют долотами, имеющими меньший диаметр, чем диаметр обсадных труб. Типы долот для ударно-канатного бурения подбираются в зависимости от твердости пород геологического разреза скважины. Для мягких пород (пески, мергели рыхлые, растительный слой и т.д.) рекомендуется использовать плоские долота. Для пород средней твердости (глины, глины песчаные и др.) рекомендуется использовать двутавровые долота. Для твердых пород (песчаники, гравий и др.) и трещиноватых пород применяют округляющие долота.

Характеристики долот приводятся в таблице 36.

Таблица 36

### Долота для ударно-канатного бурения

| Ширина лезвия, | Плоские |        | Двутавровые |        | Округляющие |        |
|----------------|---------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                | длина   | масса, | длина       | масса, | длина       | масса, |

| ММ  | ДОЛОТА, ММ | КГ  | ДОЛОТА, ММ | КГ  | ДОЛОТА, ММ | КГ   |
|-----|------------|-----|------------|-----|------------|------|
| 148 | 650        | 42  | 650        | 42  | 1150       | 85   |
| 198 | 750        | 70  | 750        | 70  | 1200       | 120  |
| 248 | 850        | 120 | 850        | 93  | 1300       | 200  |
| 298 | 900        | 140 | 900        | 120 | 1300       | 310  |
| 345 | 1000       | 180 | 1000       | 180 | 1350       | 370  |
| 395 | 1050       | 220 | 1050       | 200 | 1500       | 398  |
| 445 | 1100       | 280 | 1100       | 320 | 1500       | 596  |
| 495 | 1150       | 340 | 1150       | 400 | 1500       | 700  |
| 595 | 1200       | 450 | 1200       | 440 | 1500       | 900  |
| 695 | 1300       | 520 | 1300       | 520 | 1500       | 1400 |
| 795 | -          | -   | 1400       | 570 | -          | -    |
| 850 | -          | -   | 1500       | 630 | -          | -    |

Для каждого промежутка бурения подбирается стандартный диаметр долота.

2. Разрушенная порода при ударно-канатном бурении извлекается из скважины с помощью желонки. В проекте следует подобрать диаметр и вид желонки. Сведения о желонках приведены в таблице 37.

Таблица 37

### Желонки для ударно-канатного бурения

| Диаметр башмака, мм | Наружный диаметр, мм | Длина, мм | Масса, кг | Тип тельни                        |
|---------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------------------------------|
| 1                   | 2                    | 3         | 4         | 5                                 |
| 120                 | 114                  | 6175      | 85        | С плоским одностворчатым клапаном |
| 172                 | 168                  | 4475      | 181       |                                   |
| 225                 | 219                  | 4450      | 248       |                                   |
| 286                 | 273                  | 4590      | 334       |                                   |
| 335                 | 325                  | 4580      | 409       | С плоским двустворчатым клапаном  |
| 390                 | 377                  | 4720      | 522       |                                   |
| 435                 | 426                  | 4800      | 635       |                                   |
| 530                 | 529                  | 3900      | 800       |                                   |

3. В зависимости от принятых диаметров долот (под каждую колонну обсадных труб) составляется схема ударно-канатного бурения скважины. На этой схеме указываются диаметры и глубины бурения (см. пример на рис.29)

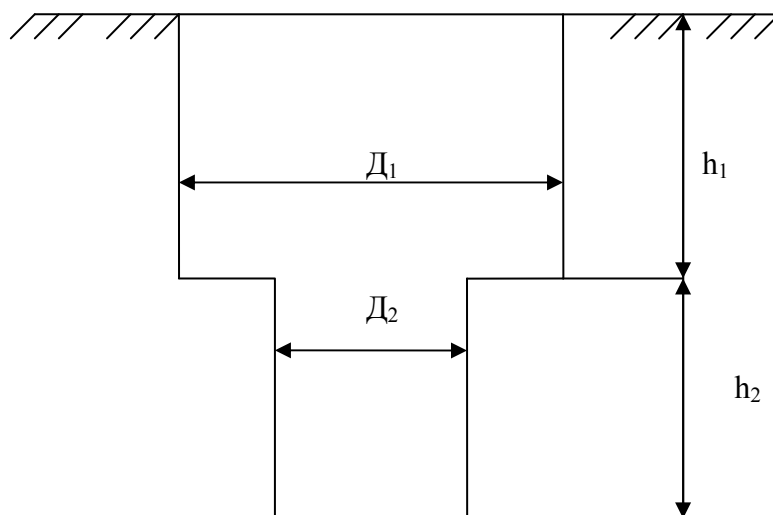


Рис. 29. Схема бурения ударно-канатным способом

4. По максимальному диаметру и глубине бурения подбирается марка станка ударно-канатного бурения, и выписываются его характеристики, которые приведены в таблице 38.

Таблица 38

### Станки для ударно-канатного бурения

| Технические показатели        | Марки станков |          |        |          |
|-------------------------------|---------------|----------|--------|----------|
|                               | УКС-22М       | УКС-30М  | КС-24О | КС-24Э   |
| Наибольший диаметр бурения    | 600           | 900      | 600    | 600      |
| Глубина бурения, м            | 300           | 500      | 200    | 200      |
| Число ударов снаряда в минуту | 40-45-50      | 40-45-50 | 40-57  | 40-46-52 |
| Мощность двигателя, КВт       | 20            | 40       | 50     | 30       |

### 3.5. Технология роторного бурения

При роторном бурении горная порода разрушается по всему поперечному сечению скважины вращающимся породоразрушающим инструментом (долотом) 1 с приложением осевой нагрузки. Разрушенная порода (шлам) непрерывно выносятся из скважины восходящим потоком промывочной жидкости, подаваемой к забою промывным насосом по нагнетательному шлангу 14, ведущей трубе 5 и бурильным трубам 4.

Основные элементы буровой установки: буровой снаряд 1-5; роторный буровой станок с двигателем, вышкой, ротором 15, лебедкой 6 и талевой системой 10-12; циркуляционная система для отстаивания промывочной жидкости 16-17.

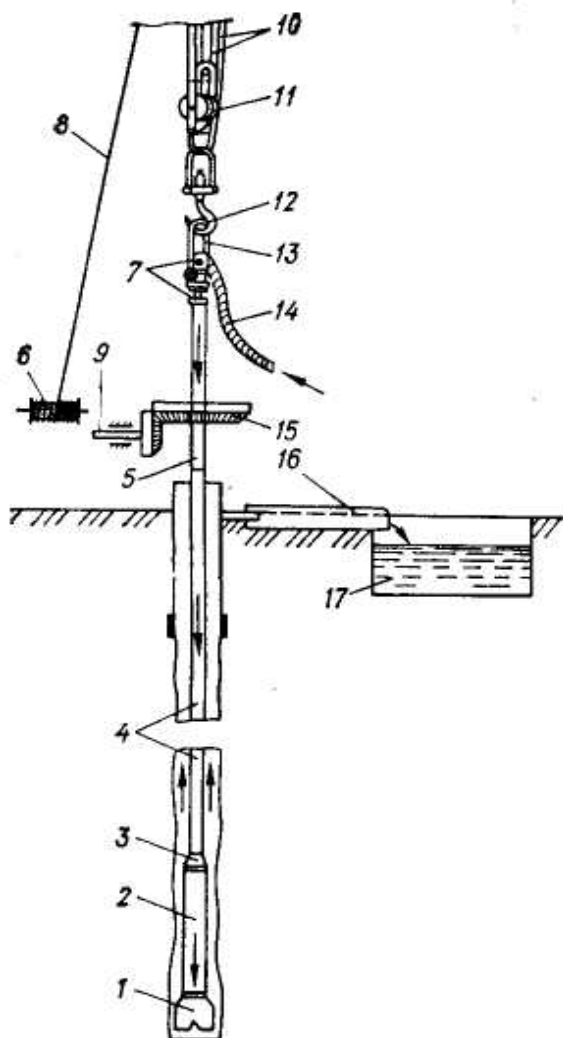
Буровой снаряд состоит из долота 1, утяжеленной бурильной трубы 2, устанавливаемой при бурении глубоких скважин для уменьшения их искривления; переходника 3 бурильной колонны 4; ведущей трубы 5.

Ведущая труба 5 квадратного сечения свободно проходит через отверстие вращателя такого же сечения и с его помощью передает вращение буровому снаряду.

На верхний конец ведущей трубы навинчен вертлюг-сальник 7, обеспечивающий герметичность и подвижность ее соединения с невращающимся шлангом 14, по которому в скважину нагнетается промывочная жидкость, и крюком 12. Вертлюг-сальник стропами 13 одет на крюк 12 талевого блока 11. Через ролики этого блока и кронблока пропущен талевый канат 10, один конец которого 8 прикреплен к барабану подъемной лебедки 6, а другой - к талевому блоку.

По мере углубления скважины канат сматывается с барабана лебедки 6 и опускает буровой снаряд. Как только ведущая труба погрузится в отверстие ротора на предельную глубину, буровой снаряд приподнимают, подвешивают за верхнюю бурильную трубу над устьем скважины, отвинчивают ведущую трубу, ввинчивают новую бурильную трубу, опускают снаряд на забой скважины, соединяют его с ведущей трубой и продолжают бурение. Для смены притупившегося долота или для замены его долотом меньшего диаметра из скважины извлекается весь буровой снаряд.

По окончании бурения скважины на заданную глубину стенки ее крепят обсадными трубами. До закрепления трубами стенки скважины с неустойчивыми породами удерживаются от обрушения гидростатическим давлением промывочной жидкости, заполняющей ствол скважины. В качестве промывочной жидкости обычно используются глинистые растворы.



*Рис. 30. Схема установки роторного бурения:*

1 – долото; 2 – утяжеленная бурильная труба; 3 – переходник; 4 – бурильные трубы; 5 – ведущая труба; 6 – подъемная лебедка; 7 – вертлюг-сальник; 8 – конец талевого каната, закрепленный на барабане лебедки; 10 – канат (трос); 11 – талевый блок; 12 – крюк; 13 – стропы; 14 – нагнетательный шланг; 15 – ротор; 16 – лоток циркуляционной системы; 17 – отстойник.

К преимуществам роторного способа относятся высокие механические скорости, большой выход обсадных колонн, бурение на большие глубины, экономическая рентабельность. К недостаткам следует отнести возможную глинизацию водоносного горизонта и связанные с этим значительные затраты времени на разглинизацию. Потери времени на разглинизацию зависят от качества применяемого промывочного раствора и контроля за его параметрами в процессе бурения. Роторный способ может быть рекомендован для проходки водозаборных скважин на любые глубины, в первую очередь для вскрытия напорных водоносных горизонтов.

Параметры технологического режима роторного бурения определяются физико-механическими свойствами пород и гидрогеологическими условиями разреза, а также опытом буровых бригад и техническими возможностями применяемого оборудования.

При роторном бурении обсадные трубы спускаются в скважину свободно. Следовательно, диаметр скважины должен быть больше диаметра обсадной трубы. Типы долот подбираются в зависимости от твердости пород геологического разреза скважины: для мягких и средних пород рекомендуется применять двухлопатные долота. Для твердых пород - шарошечные долота. Характеристики долот приведены в таблице 39.

Строится схема роторного бурения скважины (аналогично схеме ударно-канатного бурения см. рис.29).

Подбирается марка станка для роторного бурения. Рекомендации по выбору станка приведены в таблице 40.

Таблица 39

### **Характеристика долот роторного бурения**

| Диаметр долота,<br>мм | Двухлопатное |           | Шарошечное |           |
|-----------------------|--------------|-----------|------------|-----------|
|                       | высота, мм   | масса, кг | высота, мм | масса, кг |
| 118                   | -            | -         | 205        | 6,5       |
| 140                   | -            | -         | 235        | 11,8      |
| 161                   | 210          | 7,5       | 245        | 13,9      |
| 172                   | -            | -         | 250        | 18,0      |
| 190                   | -            | -         | 275        | 21,8      |
| 214                   | 270          | 18,5      | 300        | 37,8      |
| 243                   | -            | -         | 320        | 48,3      |
| 295                   | -            | -         | 380        | 65,1      |
| 320                   | -            | -         | 400        | 81,0      |
| 370                   | -            | -         | 520        | 150,0     |

|     |     |     |     |       |
|-----|-----|-----|-----|-------|
| 394 | -   | -   | 525 | 175,0 |
| 445 | -   | -   | 575 | 275,0 |
| 490 | 570 | 142 | 625 | 350,0 |
| 540 | 620 | 184 | -   | -     |
| 590 | 670 | 215 | -   | -     |
| 640 | 720 | 240 | -   | -     |
| 705 | 770 | 270 | -   | -     |

Таблица 40

### Станки для роторного бурения

| Технические показатели          | Марки станков |         |         |         |         |
|---------------------------------|---------------|---------|---------|---------|---------|
|                                 | УРБ-2А        | УРБ-3АМ | 1БА-15В | УРБ-3А3 | 2БА-15Н |
| Наибольший диаметр бурения      | 146           | 200     | 450     | 250     | 490     |
| Глубина бурения, м              | 200           | 500     | 500     | 800     | 1500    |
| Наружный диаметр бурильных труб | 60,3;73       | 60,3;73 | 73;89   | 73;89   | 73;89   |
| Проходное отверстие ротора      | 150           | 250     | 410     | 250     | 410     |
| Высота мачты, м                 | 9,5           | 14,5    | 16      | 17,5    | 18      |
| Мощность двигателя, л.с.        | 60            | 54      | 105     | 105     | 150     |

### 3.6. Промывка скважин

Глинистые растворы применяются при роторном бурении скважин на воду в рыхлых, неустойчивых и подверженных размыванию породах для следующих целей:

а) очистки забоя скважины от выбуренной породы (шлама) и выноса ее на поверхность;

б) глинизации стенок скважины, которая препятствует разрушению их во время бурения в рыхлых породах;

в) создания гидростатического давления на стенки скважины с целью предотвращения от разрушения в неустойчивых породах;

г) охлаждения рабочей части бурового наконечника во время бурения.

Воду в качестве промывочной жидкости используют при бурении в устойчивых породах, не требующих закрепления стенок скважины.

При бурении в крепких породах для понижения их твердости, а также в условиях многолетней мерзлоты в качестве промывочной жидкости применяют водные растворы минеральных солей.

Для приготовления глинистых растворов рекомендуется использовать монтмориллонитовые глины (бентониты), образующие с водой коллоидный раствор, а также глины, содержащие небольшое количество гипса и других солевых примесей.

Для приготовления глинистых растворов, как правило, не следует применять глины, содержащие песчаные частицы: крупнее 0,1 мм - более 6%, крупнее 0,05 мм - более 12%, мельче 0,001 мм (глинистая составляющая) - менее 40-50%.

Подача глинистого раствора в скважину осуществляется буровым насосом.

3.6.1. Определение необходимой производительности бурового насоса при промывке скважины

При прямой промывке промывочная жидкость подается с помощью бурового насоса по буровым трубам к забою скважины, а затем под давлением, развиваемым насосом, по кольцевому пространству между стенками скважины и бурильными трубами выносятся на поверхность земли.

Необходимая производительность бурового насоса определяется по формуле:

$$Q_{a.i} = 0,785(D_c^2 - d_{a.o.}^i) V_{r.a.}, \quad (57)$$

где  $Q_{a.i}$  - производительность бурового насоса, м<sup>3</sup>/с;

$D_n$  - диаметр скважины, м;

$d_{a.o.}^i$  - наружный диаметр бурильной трубы, м;

$V_{r.a.}$  - скорость восходящего потока промывочной жидкости, м/с.

Скорость восходящего потока промывочной жидкости следует принимать в зависимости от категории разбуриваемых пород и типа применяемого породоразрушающего инструмента в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 40.

Таблица 40

**Рекомендации по выбору скорости восходящего потока промывочной жидкости**

| Тип породоразрушающего инструмента и категория разбуриваемых пород | Скорость восходящего потока промывочной жидкости в кольцевом пространстве, м/с, при промывке |                     |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|                                                                    | водой                                                                                        | глинистым раствором |
| Долота РХ в мягких породах (до V категории)                        | 0,6-1,0                                                                                      | 0,6-0,8             |
| Шарошечное долото в твердых породах (свыше V категории)            | 0,6-0,8                                                                                      | 0,4-0,6             |
| Коронки, армированные твердым сплавом                              | 0,25-0,8                                                                                     | 0,2-0,5             |
| Алмазные коронки                                                   | 0,5-0,8                                                                                      | -                   |

3.6.2. Определение необходимого давления бурового насоса при промывке скважин

Давление, развиваемое буровым насосом при промывке скважин должно равняться сумме гидравлических сопротивлений в отдельных элементах циркуляционной системы с учетом величины коэффициента запаса:

$$D = \hat{E}_3(D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5) + H_{\text{нвд}}/10, \quad (58)$$

где  $D_1$  - потери давления в поверхностной обвязке циркуляционной системы;

$D_2$  - потери давления в бурильных трубах;

$D_3$  - потери давления в соединениях бурильных труб;

$D_4$  - потери давления в породоразрушающем инструменте;

$D_5$  - потери давления в кольцевом пространстве;

$K_3$  - коэффициент запаса, вводимый из-за разности удельных весов промывочной жидкости в бурильных трубах и в кольцевом пространстве. Следует принимать  $K_3 = 1,1 - 1,3$ .

Потери давления в поверхностной обвязке циркуляционной системы следует определять по формуле:

$$P_1 = \dot{a}_0 \cdot \gamma_{\text{ад}} \cdot Q_{\text{а.и}}^2, \text{ кгс/см}^2, \quad (59)$$

где  $\dot{a}_0$  - обобщенный коэффициент сопротивления в элементах поверхностной обвязки циркуляционной системы (сопротивление стояка с отводом, бурового рукава, вертлюга и ведущей трубы). Величину  $\dot{a}_0$  следует принимать в пределах  $(2-4)10^{-3}$ ;

$\gamma_{\text{ад}}$  - удельная плотность глинистого раствора, которую следует принимать в пределах  $(1,1-1,3) \text{ г/см}^3$ ;

$Q_{\text{а.и}}$  - производительность бурового насоса, л/с.

Потери давления в бурильных трубах следует определять по формуле:

$$D_2 = 82,6 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma_{\text{ад}} \frac{Q_{\text{а.и}}^2 \cdot l}{(d_{\text{а.б}}^{\text{а}})^3} \text{ кгс/см}^2, \quad (60)$$

где  $\lambda_1$  - коэффициент сопротивления в бурильных трубах;

$\gamma_{\text{ад}}$  - удельная плотность глинистого раствора,  $\text{г/см}^3$ ;

$Q_{\text{а.и}}$  - производительность бурового насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$l$  - общая длина бурильных труб, м;

$d_{\text{а.б}}^{\text{а}}$  - внутренний диаметр бурильных труб, см.

При промывке водой коэффициент сопротивления следует определять по формуле:

$$\lambda_1 = \frac{0,0121}{(d_{\text{а.б}}^{\text{а}})^{0,226}}, \quad (61)$$

где  $d_{\text{а.б}}^{\text{а}}$  - в метрах.

В этом случае для приближенных расчетов можно принимать

$$\lambda_1 = 0,02-0,025.$$

Если промывка скважины производится глинистым раствором, то для определения коэффициента сопротивления  $\lambda_1$  необходимо вычислить критическую скорость течения жидкости в бурильных трубах по формуле:

$$Y_{\text{ед}} = 0,25 \sqrt{\frac{\tau_0}{\gamma_{\text{ад}}}}, \text{ м/с}, \quad (62)$$

где  $\tau_0$  - динамическое напряжение сдвига глинистого раствора. Для неутяжеленных глинистых растворов следует применять

$$\tau_0 = 80-100 \text{ дин/см}^2.$$

Затем определяется фактическая скорость течения раствора в буровых трубах по формуле:

$$Y_{\dot{a},\dot{o}} = \frac{Q_{\dot{a},i}}{0,0785(d_{\dot{a},\dot{o}}^{\dot{a}})^2}, \text{ м/с}, \quad (63)$$

где размерность  $Q_{\dot{a},i}$  в л/с;  $d_{\dot{a},\dot{o}}^{\dot{a}}$  - в см.

Сравнивая  $Y_{\dot{e},\dot{o}}$   $Y_{\dot{a},\dot{o}}$  определяется режим потока в буровых трубах: при  $Y_{\dot{a},\dot{o}} < Y_{\dot{e},\dot{o}}$  - режим ламинарный, при  $Y_{\dot{a},\dot{o}} > Y_{\dot{e},\dot{o}}$  - режим турбулентный.

Подсчитывается обобщенный критерий Рейнольдса Re по формуле:

$$Re = \frac{1}{\frac{\eta}{Y_{\dot{a},\dot{o}} \cdot d_{\dot{a},\dot{o}}^{\dot{a}} \cdot \gamma_{\dot{a},\dot{o}}} + \frac{\tau_0}{6(\gamma_{\dot{a},\dot{o}} \cdot d_{\dot{a},\dot{o}}^{\dot{a}})^2}}, \quad (64)$$

где  $\eta$  - динамическая вязкость глинистого раствора, следует принимать:  $\eta = 0,01$  пз. Размерность остальных единиц:  $\tau_0 = 80 - 100$  дин/см<sup>2</sup>,  $Y_{\dot{a},\dot{o}}$  - см/с,  $\gamma_{\dot{a},\dot{o}}$  - (1,1-1,3) г/см<sup>3</sup>.

При ламинарном режиме движения промывочной жидкости в буровых трубах коэффициент сопротивления  $\lambda$  определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (65)$$

При турбулентном режиме движения, если  $Re > 50000$ , коэффициент сопротивления равен:

$$\lambda_1 = \frac{0,0121}{(d_{\dot{a},\dot{o}}^{\dot{a}})^{0,226}} \quad (66)$$

Если же  $Re < 50000$ , коэффициент сопротивления равен:

$$\lambda_1 = 0,1(Re)^{-0,15} \quad (67)$$

Потери давления в соединениях буровых труб рекомендуется принимать:

$$D_3 = (0,1 - 0,13)D_2, \text{ кгс/см}^2. \quad (68)$$

Потери давления в породоразрушающем инструменте следует принимать:

$$D_4 = (0,12 - 0,14)D_2, \text{ кгс/см}^2. \quad (69)$$

Потери давления в кольцевом пространстве следует определять по формуле:

$$D_5 = 82,6\lambda_2 \cdot \gamma_{\dot{a},\dot{o}} \frac{Q_{\dot{a},i}^2 \cdot l}{[D_{\dot{n}} - (d_{\dot{a},\dot{o}}^i)]^3 \cdot [D_{\dot{n}} + (d_{\dot{a},\dot{o}}^i)]^3}, \quad (70)$$

где  $\lambda_2$  - коэффициент сопротивления в кольцевом пространстве.

Если промывочной жидкостью является вода, то следует принимать  $\lambda = 0,025$ .

Если же для промывки скважины применяется глинистый раствор, то определяют фактическую скорость течения глинистого раствора в кольцевом пространстве по формуле:

$$Y_{e.i} = \frac{Q_{a.i}}{0,0785[D_{\bar{n}}^2 - (d_{a.o}^i)^2]}, \text{ м/с}, \quad (71)$$

где размерность:

$Q_{a.i}$  - в л/с;  $D_{\bar{n}}$  и  $d_{a.o}^i$  - в см.

Если  $Y_{e.i} > Y_{e.o}$ , то  $\lambda_2 = 0,024-0,025$ .

Если же  $Y_{e.i} < Y_{e.o}$ , необходимо определить обобщенный критерий Рейнольдса по формуле:

$$Re = \frac{1}{\frac{\eta}{Y_{e.i}(D_{\bar{n}} - d_{a.o}^i)^i \gamma_{a.o}} + \frac{\tau_0}{6\gamma_{a.o} \cdot Y_{e.i}^2}}, \quad (72)$$

где основные единицы измерений и величины принимать такими же, как при определении Re для течения жидкости в буровых трубах.

По величине Re определяется сопротивление в кольцевом пространстве:

$$\lambda_2 = \frac{80}{Re} \quad (73)$$

### 3.6.3. Подбор бурового насоса для промывки скважин

По величине необходимого давления  $P$  и необходимой производительности бурового насоса в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 42, подбирается марка бурового насоса. Для подобранной марки бурового насоса в соответствии с данными в таблице 43, выписывается его техническая характеристика.

Таблица 42

#### Марки насосов и соответствующие им величины производительности и давления

| Наибольшее рабочее давление бурового насоса, кгс/см <sup>2</sup> | Наибольшая производительность бурового насоса, л/с | Марка бурового насоса |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|
| 1                                                                | 2                                                  | 3                     |
| 24                                                               | 17,45                                              | 9Гр                   |
| 29                                                               | 14,60                                              | 9Гр                   |
| 35                                                               | 16,70                                              | 9Гр                   |
| 39                                                               | 10,80                                              | 9Гр                   |
| 45                                                               | 13,30                                              | 9МГр                  |
| 50                                                               | 4,20                                               | 9МГр                  |
|                                                                  | 5,00                                               | 11ГрБ                 |
|                                                                  | 8,34                                               | 9Гр                   |
| 60                                                               | 9,95                                               | 9МГр                  |
|                                                                  | 10,20                                              |                       |

|     |              |      |
|-----|--------------|------|
| 65  | 3,75         | 11Гр |
| 75  | 7,85<br>8,25 | 9МГр |
| 80  | 5,29<br>7,16 | 9Гр  |
| 100 | 6,00<br>6,10 | 9МГр |
| 125 | 4,80         |      |
| 160 | 3,65         |      |

Таблица 43

### Основные характеристики буровых насосов

| Параметры                                       | Марка бурового насоса |                                                    |                                                                              |      |       |
|-------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
|                                                 | НГр<br>250/50         | 9Гр                                                | 9МГр                                                                         | 11Гр | 11ГрБ |
| Наибольшее рабочее давление кгс/см <sup>2</sup> |                       | 24;29;<br>39;50;<br>80                             | 35;45;<br>60;75;<br>100;125;<br>160                                          | 65   | 50    |
| Наибольшая производительность, л/с              | 4,2                   | 17;45;<br>14;6;<br>10;8;<br>8;34;<br>5;29;<br>7;16 | 16;7;<br>13;3;<br>9;95;<br>10;2;<br>7;85;<br>8;25;<br>6;6,1;<br>4,8;<br>3,65 | 3,75 | 5,0   |
| Диаметр сменных втулок, мм                      |                       | 100;<br>115;<br>127                                | 80;90;<br>100;115;<br>127                                                    | 80   | 90    |
| Число двойных ходов поршня в минуту             | 94                    | 44;<br>90                                          | 55;<br>90                                                                    | 100  | 100   |
| Потребл. мощность, КВт                          | 23,5                  | 44,2                                               | 73,6                                                                         | 35,3 | 35,3  |
| Габаритн. размеры, мм                           |                       |                                                    |                                                                              |      |       |
| длина                                           | 144                   | 630                                                | 2630                                                                         | 1930 | 1870  |
| ширина                                          | 873                   | 1040                                               | 1040                                                                         | 990  | 997   |
| высота                                          | 932                   | 1630                                               | 1630                                                                         | 1510 | 1510  |
| Вес, кг                                         | 700                   | 2760                                               | 2760                                                                         | 1150 | 1100  |

3.6.4. Расчеты потребного количества глинистого раствора и компонентов для его приготовления

Потребное количество глинистого раствора для бурения одной скважины определяется из условия возможной потери при циркуляции по формуле:

$$W_{\text{до}} = W_{\text{н}} + W_{\text{ин}} + W_{\text{г}}, \quad (74)$$

$W_{\text{н}}$  - объем скважины проектной глубины, м<sup>3</sup>;

$W_{\text{ин}}$  - объем очистной системы, принимаемый в зависимости от геологических условий и глубины скважины равным 3-8 м<sup>3</sup>;

$W_{\text{г}}$  - потери промывочной жидкости, принимаемые равными 3-6% от объема скважины.

Объем скважины принимается (с запасом) равным:

$$W_{\text{н}} = \frac{\pi d^2}{4} H, \quad (75)$$

где  $d$  - диаметр скважины начальный, м;

$H$  - глубина скважины, м.

Количество глины в тоннах, необходимое для приготовления 1 метра определяется по формуле:

$$D_2 = \frac{\gamma_{\text{до}}(\gamma_{\text{до}} - \gamma_{\text{в}})}{\gamma_{\text{в}} - \gamma_{\text{г}}}, \quad (76)$$

где  $\gamma_{\text{г}} = 2,3 - 2,6$  т/м<sup>3</sup> - удельная плотность глины;

$\gamma_{\text{до}}$  - заданная удельная плотность глинистого раствора, т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_{\text{в}}$  - удельная плотность воды, т/м<sup>3</sup>.

Общая потребность в глине определяется по формуле:

$$\tilde{A} = D_2 \cdot W_{\text{до}}, \text{ т}, \quad (77)$$

Общая потребность в воде для приготовления глинистого раствора равна:

$$\hat{A} = \left( 1 - \frac{\gamma_{\text{до}} - \gamma_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в}} - \gamma_{\text{г}}} \right) \cdot W_{\text{до}}, \text{ т}. \quad (78)$$

В зависимости от принятого процента потерь промывочной жидкости определяется сменная потребность в глине и воде для восстановления объема глинистого раствора.

Сменная потребность в глине:

$$\tilde{A}_{\text{н}} = 0,036 Q_{\text{д.н}} \cdot \dot{O}_{\text{н}} \cdot \rho \cdot D_2, \text{ м}^3. \quad (79)$$

Сменная потребность в воде:

$$\hat{A} = \left( 1 - \frac{\gamma_{\text{до}} - \gamma_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в}} - \gamma_{\text{г}}} \right) \cdot Q_{\text{д.н}} \cdot \dot{O}_{\text{н}}, \text{ м}^3, \quad (80)$$

где  $Q_{\text{д.н}}$  - производительность бурового насоса, л/с;

$\dot{O}_{\text{н}}$  - количество часов работы в течение смены, следует принять  $\dot{O}_{\text{н}} = 6-8$  часов;

$\rho$  - потери глинистого раствора.

Следует принимать:

$$\rho = \frac{100 \cdot W_i}{W_{ад}}, \%. \quad (81)$$

### 3.7. Цементирование затрубного пространства скважин

#### 3.7.1. Технология цементирования

Затрубное цементирование под давлением проводят цементировочными агрегатами.

Цементировочный агрегат состоит из водяного насоса, насоса для закачивания цементного и глинистого растворов, мерного бака, обвязки насосов, разборного металлического трубопровода для соединения агрегата со скважиной, гидравлической цементомешалки (воронки), бачка для цементного раствора.

Цементируют затрубное пространство с применением специальных цементированных пробок, предназначенных для предохранения от смешивания цементного и глинистого раствора.

Способ цементирования при помощи двух пробок (рис. 31) заключается в следующем.

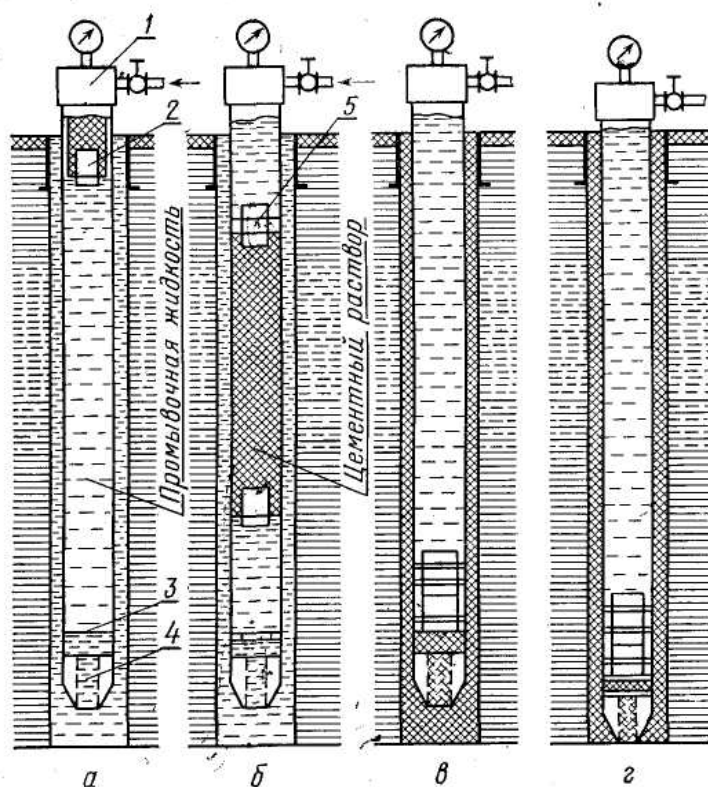


Рис. 31. Схема цементирования с помощью двух пробок:

а - закачивание цементного раствора; б - подача цементного раствора в скважину в - продавливание цементного раствора в затрубное пространство и схождение пробок; г - опускание колонны на забой; 1 - цементирующая головка; 2 - нижняя цементирующая пробка; 3 - упорное кольцо; 4 - башмачная пробка; 5 - верхняя пробка.

Колонну обсадных труб подвешивают над забоем на высоту 1-2 м и промывают скважину высококачественным глинистым раствором. Если стенки скважины устойчивы, раствор иногда заменяют водой или снижают его плотность.

Затем, открыв крышку цементировочной головки 7, в обсадную колонну опускают нижнюю цементировочную пробку 2, центральное отверстие которой закрыто пластинкой из стекла; верхнюю пробку при помощи стопоров закрепляют в цементировочной головке (если применяют головки ЦГЗ-120). Крышку головки снова навинчивают и закачивают в скважину необходимое количество цементного раствора.

Под давлением цементного раствора нижняя пробка опускается в колонне труб на определенную глубину. После закачки цементного раствора освобождают верхнюю пробку и поверх нее закачивают промывочную жидкость, как правило, глинистый раствор.

Цементный раствор, находящийся между двумя пробками, продавливается вниз. Нижняя пробка, дойдя до упорного кольца 3 или до башмачной пробки 4, останавливается. Цементный раствор под давлением верхней пробки разрушает стеклянную пластинку нижней и вытесняется, в затрубное пространство. Когда верхняя пробка 5 дойдет до нижней, манометр на насосе покажет резкое повышение давления, произойдет гидравлический удар, указывающий на окончание продавливания цементного раствора. Это служит сигналом для окончания нагнетания жидкости. Выключив насос, закрывают вентиль цементировочной головки, чтобы не было обратного движения раствора из скважины, и обсадную колонну опускают на забой. В таком виде эксплуатационную колонну оставляют герметично закрытой на 24 ч для затвердевания цемента (при цементировании кондукторов - на 16 ч).

### 3.7.2. Технологический расчет цементирования

Объем цементного раствора, необходимый для создания в затрубном пространстве цементного кольца высотой  $H_{ц}$  и цементного столба внутри колонны обсадных труб  $h_{ст}$  определяется по формуле:

$$W_{\sigma} = 0,785 \hat{E}_{\sigma} \left\{ D_{\hat{n}}^2 - (D^i_0)^2 \right\} H_{\sigma} + (D^a_0)^2 h_{\hat{n}\sigma} \Big\}, \text{ м}^3, \quad (82)$$

где  $D_{\hat{n}}$  - диаметр скважины, м;

$D^i_i$  - наружный диаметр обсадных труб, м;

$D^a_i$  - внутренний диаметр обсадных труб, м;

$H_{ц}$  - высота цементного кольца в затрубном пространстве, м;

$h_{ст}$  - высота цементного стакана внутри колонны обсадных труб, принимается равной 10-20 м;

$K_{ц}$  - 1,2-1,3 - коэффициент, учитывающий потери цементного раствора и его дополнительный расход на заполнение расширений в скважине.

Для приготовления цементного раствора следует определить потребное количество сухого цемента по формуле:

$$\ddot{O} = \hat{E}_{\ddot{n}\ddot{o}} \frac{\gamma_{\ddot{o}} \cdot \gamma_{\hat{a}}}{\gamma_{\hat{a}} + \left( \frac{\hat{A}}{\ddot{O}} \right) \cdot \gamma_{\ddot{o}}} \cdot W_{\ddot{o}}, \text{ Т}, \quad (83)$$

где  $\gamma_{\ddot{o}} = 3,05 - 3,2 \text{ т/м}^3$  - удельная плотность сухого цемента;

$\gamma_{\hat{a}} = 1 \text{ т/м}^3$  - удельная плотность воды;

$\text{В/Ц} = 0,3-0,5$  - водоцементное отношение;

$K_{\text{сц}} = 1,1-1,15$  коэффициент, учитывающий потери сухого цемента при приготовлении раствора.

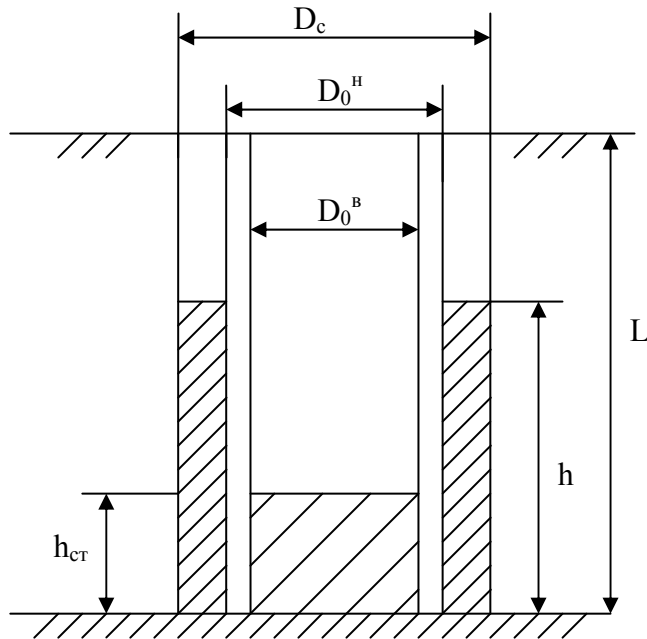


Рис. 32. Расчетная схема цементирования скважины

Потребное количество воды для приготовления цементного раствора будет равно:

$$\hat{A} = \ddot{O} \cdot \hat{A} / \ddot{O}, \text{ м}. \quad (84)$$

Цементный раствор в кольцевое пространство попадает снизу, выходя из обсадной трубы путем продавливания его с помощью глинистого раствора (продавочной жидкости).

Количество продавочной жидкости для продавливания цементного раствора следует определять по формуле:

$$W_{\text{с}} = 0,785 \hat{E}_{\text{с}} \cdot (D_0^{\hat{a}})^2 (H - h_{\ddot{n}\ddot{o}}), \text{ м}, \quad (85)$$

где  $H$  - глубина скважин, м;

$K_{\text{ж}}$  - коэффициент, учитывающий сжатие жидкости.

Давление, которое должен создать буровой насос для продавливания цементного раствора, определяется по формуле:

$$D = \frac{(\hat{I} - h_{\ddot{n}\ddot{o}})(\gamma_{\ddot{o}\ddot{o}} - \gamma_{\hat{a}\ddot{o}})}{10} + 0,01 \hat{I} + 8, \text{ КГс/см}^2, \quad (86)$$

где  $\gamma_{\ddot{o}\ddot{o}} = (1,85-1,95) \text{ т/м}^3$  - удельная плотность цементного раствора;

$\gamma_{\text{ад}}$  - удельная плотность продавочной жидкости, принимается равной  $\gamma_{\text{ад}}$  при промывке скважины.

По вычисленному давлению подбирается марка бурового насоса в соответствии с данными таблицы 41. При этом следует рассмотреть вопрос о возможности применения для цементирования скважины бурового насоса, используемого для закачивания в скважину промытой жидкости. По выбранной марке бурового насоса, используя данные таблицы 42, подбирается производительность бурового насоса, равная производительности цементировочного агрегата  $Q_{\text{ца}}$ .

Время, необходимое для цементирования скважины, определяется по формуле:

$$\dot{O} = \frac{W_o + W_e}{Q_{\text{ца}}} + t_{\text{ан}}, \text{ мин}, \quad (87)$$

где  $Q_{\text{ца}}$  - производительность цементировочного агрегата м<sup>3</sup>/мин;

$t_{\text{ан}}$  - время, расходуемое на вспомогательные операции при цементировании. Следует принимать  $t_{\text{ан}}=10-15$  мин.

Общее время, необходимое для процесса цементирования, должно быть меньше времени схватывания цементного раствора, т.е. должно выполняться условие:

$$T \leq 0,75 T_{\text{схв}}, \quad (88)$$

где величина  $T_{\text{схв}}$  определяется в зависимости от водоцементного отношения по таблице 44.

Таблица 44

**Время до начала схватывания и продолжительность схватывания цемента**

| Водоцементное отношение В/Ц | Время до начала схватывания, мин | Продолжительность схватывания, мин |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 0,30                        | 85                               | 20                                 |
| 0,35                        | 95                               | 20                                 |
| 0,40                        | 105                              | 20                                 |
| 0,45                        | 115                              | 20                                 |
| 0,50                        | 120                              | 20                                 |

Если условие 87 не выполняется, следует подобрать буровой насос большей производительности.

### 3.8. Герметизация водоприемной части скважины

Для предохранения кольцевого зазора между надфильтровыми и обсадными трубами от попадания песка применяют сальники, которые обычно устанавливают на надфильтровой трубе. [2]

Кольцевой деревянный сальник представляет собой кольцо с острыми нижними краями. Наружный диаметр кольца должен быть немного меньше внутреннего диаметра обсадных труб, а внутренний диаметр - немного больше наружного диаметра фильтровой трубы.

Кольцо высотой 0,4-0,5 м, опускаемое в скважину, вводят нижним заостренным краем в зазор между надфильтровой и обсадной трубами и забивают ударами сверху. В воде дерево разбухает и плотно закрывает зазор.

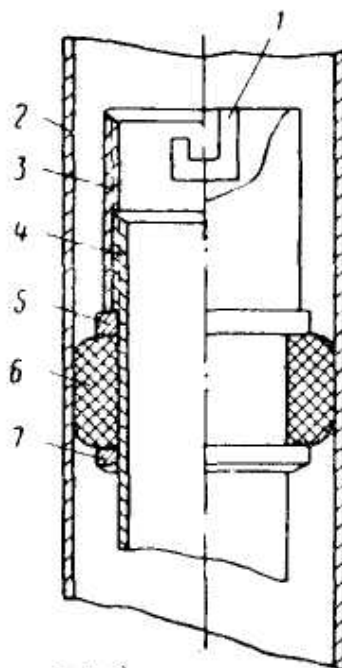
Резиновый разжимной сальник (рис. 33) изготовляют следующим образом.

На трубе 4 укрепляют опорное кольцо 7 с бортиком. На верхнем конце трубы имеется резьба, на которую навинчивают муфту 3. Ниже муфты помещают свободно перемещающееся по трубе кольцо 5. На верхнем конце муфты 3 делают вырез спускового крюка. Между кольцами 5 и 7 помещают резиновый цилиндр 6. Вращая бурильные трубы направо, муфту 3 навинчивают на трубу 4. Муфта 3 нажимает на кольцо 5, которое постепенно сжимает резиновый цилиндр 6. Когда резиновый цилиндр при расширении упрется в стенки обсадных труб 2, дальнейшее движение муфты 3 вниз станет затруднительным; следовательно, кольцевой зазор выше фильтра будет закрыт резиновым цилиндром, зажатым между кольцами.

Пеньковый сальник. Верхний край надфильтрового патрубка имеет резьбу длиной в три раза больше стандартной для трубы соответствующего диаметра. Муфта с двойным Г-образным вырезом для спускового крюка должна иметь резьбу в два раза длиннее стандартной.

Сальниковое устройство состоит из муфты и надфильтрового патрубка, на котором на 0,3-0,4 м ниже резьбовой части приварено опорное кольцо, уплотняющее грундебуксы и пеньковую сальниковую набивку. Установив фильтр на забой скважины, муфту вращают спусковым крюком вправо, грундебукса двигается вниз и уплотняет сальниковую набивку в кольцевом зазоре.

Зазор более 50 мм между наружным диаметром надфильтровой трубы и внутренним диаметром обсадной рабочей колонны закрывают переходным пеньковым патрубком-сальником. Диаметр его в нижней части равен диаметру надфильтровой трубы, в верхней - на 50 мм меньше диаметра обсадных труб.



*Рис. 33. Сальник резиновый разжимной*

1 - вырез для спускового крюка; 2 - обсадная труба; 3 - муфта; 4 - надфильтровая труба; 5 - кольцо; 6 - резиновый цилиндр; 7 - опорное кольцо.

### **3.9. Наблюдения в процессах бурения**

В процессе бурения скважин на воду необходимо проводить гидрогеологические наблюдения.

Гидрогеологические наблюдения при ударно-канатном бурении. Положение уровня воды в скважине фиксируют не менее четырех раз в смену: в начале смены, перед спуском инструмента; перед перерывом на обед, после подъема инструмента; после перерыва; в конце смены. Уровень воды в скважине измеряют хлопушкой или электроуровнемером от края обсадной трубы с фиксацией его положения относительно устья скважины.

Косвенными показателями и признаками вскрытия и проходки скважины водоносного горизонта служат:

состав пород, типичный для водоносных горизонтов (пески, гравий, галечники, мел, известняки, доломиты и т. д.).

значительная скорость восстановления уровня воды в скважине после чистки забоя желонкой с отливом воды на поверхность;

«чистота» забоя при бурении в скальных породах - известняках, доломитах, песчаниках и др.

Для предварительной оценки степени водообильности вскрытого водоносного горизонта целесообразно в процессе бурения проверить тартание желонкой с наблюдениями за временем полного восстановления уровня, сниженного при тартании.

Гидрогеологические наблюдения при роторном бурении должны включать следующие комплексы работ:

замеры уровня воды в скважине перед спуском и после подъема инструмента;

определение поглощения промывочной жидкости, являющееся косвенным признаком вскрытия водоносных горизонтов;

фиксирование провалов бурового инструмента, свидетельствующих вскрытие крупных трещин и каверн;

определение самоизлива воды в случае вскрытия водоносных горизонтов, обладающих напором.

### **3.10. Опробование водоносных пластов. Применение эрлифтов**

В процессе бурения скважин на воду производят различные виды откачек воды.

Откачку проводят для того, чтобы очистить воду от примесей, взвешенной породы, мути, а также установить дебит скважины и подготовить ее к эксплуатации. Опробование скважин включает прокачку, пробно-эксплуатационную и опытную откачки.

Прокачка требуется для очистки скважины от шлама и глинистого раствора. В период прокачку делают замеры расхода и уровня воды, ведут наблюдения за степенью осветления откачиваемой воды и количеством выносимой с водой породы. Прокачку проводят в течение нескольких часов чаще всего желонкой, эрлифтом или соответствующим насосным оборудованием. Прокачка нужна и как вспомогательная работа перед пробно-эксплуатационной или опытной откачкой. Данные прокачки используются для ориентировочной оценки водообильности вскрытого водоносного горизонта.

Пробно-эксплуатационная и опытная откачки являются самостоятельными работами и проводятся при опробовании скважины.

Для установления возможности получения запроектированного дебита применяют пробно-эксплуатационную откачку, по результатам которой выбирают оборудование для опытной откачки и определяют ее режим. Допускают также откачки с одним понижением уровня при условии получения запроектированного дебита.

Опытная откачка позволяет определить производительность скважины, устойчивость дебита, радиус влияния, связь намечаемого к эксплуатации пласта с поверхностными водами или смежными водоносными горизонтами, а также установить взаимодействие между близ расположенными скважинами.

Откачки следует вести не менее чем при двух понижениях с дебитом, составляющим при большем понижении 75% проектной производительности.

Продолжительность откачек из скважины, как правило, должна составлять 1-3 суток на каждое понижение. При этом необходимо добиться полного осветления воды и стабильности понижения уровня при определенном дебите.

В отдельных случаях продолжительность откачек может быть более длительной в связи с интенсивным выносом мелких песчаных фракции из фильтровых обсыпок и водоносного горизонта.

Продолжительность опытной откачки зависит от характеристик водоносных пород, гидравлического режима и количества опробованных скважин (табл. 45).

Таблица 45

**Ориентировочная продолжительность опытных откачек на  
максимальное понижение уровня воды**

| Водоносные породы                                                                                       | Коэф. фильтрации, м/сут | Гидравл. режим | Продолжительность откачки, сут |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
|                                                                                                         |                         |                | одиночная скважина             | группа скважин |
| Грунтовые и неглубокие напорные воды                                                                    |                         |                |                                |                |
| Трещиноватые и закарстованные породы, гравийно-галечниковые отложения, крупные и средне-зернистые пески | Более 30                | Напорный       | 2-3                            | 3-5            |
|                                                                                                         |                         | Безнапорный    | 3-4                            | 4-6            |
| То же                                                                                                   | 10-30                   | Напорный       | 3-4                            | 4-6            |
|                                                                                                         |                         | Безнапорный    | 4-6                            | 5-7            |
| Неоднородные крупно- средне-, мелкозернистые пески                                                      | 5-10                    | Напорный       | 4-6                            | 5-7            |
|                                                                                                         |                         | Безнапорный    | 5-7                            | 6-8            |
| Глубокие напорные воды                                                                                  |                         |                |                                |                |
| Трещиноватые породы, пески                                                                              | 0,5-5                   | Высоконапорные | 3-5                            | 5-7            |
| то же                                                                                                   | менее 0,5               | Высоконапорные | 5-7                            | 7-10           |

По данным откачки составляется график зависимости дебита от глубины понижения уровня  $Q=f(S)$ .

Если при построении графика по данным откачки получается вогнутая линия (рис. 34а), т.е. с увеличением понижения удельный дебит как бы возрастает, (чего в действительности быть не может), то это свидетельствует о дефектах откачки (ошибки при замерах дебита или понижения).

График типа II (рис.34б) показывает, что дебит в напорном горизонте растет по закону прямой, а удельный дебит является величиной постоянной.

График типа III (рис.34в) показывает, что водоносный горизонт является безнапорным.

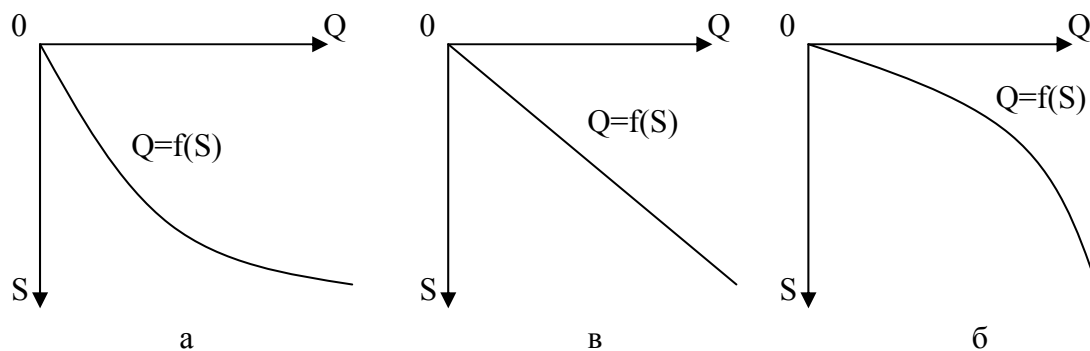


Рис.34. Графики зависимости дебита от понижения уровня воды в скважине

В большинстве случаев опробование скважины производят с помощью эрлифта (рис. 35).

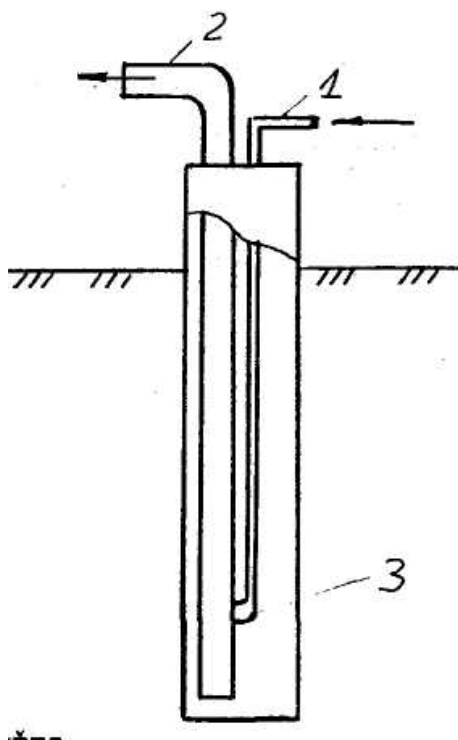


Рис. 35. Схема эрлифта

1 - воздухопроводная труба; 2 - водоподъемная труба; 3 – смеситель.

Расчет работы эрлифта при опробовании скважины заключается в определении глубины погружения смесителя и давления воздуха при пуске и нормальной работе компрессора. Глубина погружения смесителя:

$$U = K \cdot h_{\text{дв}} , \text{ м}, \quad (89)$$

где  $K$  - коэффициент погружения - зависит от глубины динамического уровня;

$h_{a\bar{e}i}$  - расстояние от поверхности земли до динамического уровня (дано в предыдущих расчетах).

Удельный расход воздуха м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> воды:

$$V_0 = \frac{h_{a\bar{e}i}}{\tilde{N} \cdot \lg \frac{h_{a\bar{e}i}(\hat{E} - 1) + 10}{10}}, \quad (90)$$

где  $\tilde{N}$  - опытный коэффициент, принимается по таблице в зависимости от  $h_{a\bar{e}i}$ .

Полный расход воздуха:

$$W = \frac{Q \cdot V_0}{60}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (91)$$

где  $Q$  - расчетный дебит одной скважины, м<sup>3</sup>/час.

Необходимый расход воздушно-водяной эмульсии на изливе:

$$q = \frac{Q}{360} + \frac{W}{60}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (92)$$

Необходимое давление воздуха в момент пуска компрессора:

$$P_0 = 10^{-6} q \cdot \rho_{\bar{a}} \cdot (U - h_{n\bar{o}} + 2), \text{ МПа}, \quad (93)$$

где  $q$ ,  $U$  - см. предыдущие расчеты;

$\rho_{\bar{a}}$  - плотность воды, принимаемая 1000 кг/м<sup>3</sup>;

$h_{cn}$  - расстояние от поверхности земли до статического уровня воды, м;

Давление воздуха в процессе работы компрессора:

$$P = 10^{-6} q \cdot \rho_{\bar{a}} \cdot [h_{a\bar{e}i}(\hat{E} - 1) + 5], \text{ МПа}. \quad (94)$$

### 3.11. Дезинфекция скважин

Для дезинфекции можно использовать любые подходящие для этой цели дезинфицирующие препараты, разрешенные к применению Минздравом России. Чаще всего для этих целей используют хлорсодержащие препараты - хлорную известь или двутретьосновную соль гипохлорита кальция (ДТСГК).

Дезинфекция скважин по эпидемическим показателям включает:

- предварительную дезинфекцию скважин;
- очистку скважин;
- повторную дезинфекцию скважин

Перед дезинфекцией скважин расчетным методом определяют объем воды в ней (в м<sup>3</sup>) путем умножения площади сечения (в м<sup>2</sup>) на высоту водяного столба (в м).

Затем проводят орошение из гидропульта наружной и внутренней части ствола-шахты 5%-ным раствором хлорной извести или 3%-ным раствором ДТСГК из расчета 0,5 л на 1 м<sup>2</sup> поверхности.

Зная объем воды в скважине, проводят дезинфекцию ее нижней (водной) части путем внесения хлорсодержащих препаратов из расчета 100 - 150 мг (гр) активного хлора на 1 л (м<sup>3</sup>) воды.

Воду тщательно перемешивают и скважину оставляют на 1,5-2 часа, не допуская забора воды из нее.

Расчет количества хлорной извести или ДТСГК, необходимого для создания в воде заданной дозы активного хлора (100 – 150 мг (гр) на 1 л (м<sup>3</sup>)), проводят по формуле:

$$D = \frac{A \cdot \tilde{N} \cdot 100}{I}, \quad (95)$$

где Р - количество хлорной извести или ДТСГК, гр;

С - заданная доза активного хлора в воде колодца, мг/л (гр/м );

Е - объем воды в колодце, м<sup>3</sup>;

Н - содержание активного хлора в препарате, %;

100 - числовой коэффициент.

Очистка скважины проводится через 1,5-2 часа после предварительной дезинфекции.

## **ГЛАВА 4. ЗОНЫ САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН**

### **4.1. Назначение зон санитарной охраны [8,9,11]**

Для сохранения питьевого качества воды водозаборы подземных вод должны располагаться, как правило, вне территории промышленных предприятий и населенных пунктов. Кроме того, для предотвращения загрязнения водозабора в его окрестности устанавливается зона санитарной охраны (ЗСО), где осуществляются специальные мероприятия, исключающие возможность поступления загрязнений в водозабор и в водоносный пласт [10,16].

При организации ЗСО учитывается вид загрязнений (микробное, химическое), определяющий их устойчивость (стабильность) и в связи с этим возможную длину пути продвижения в водоносном пласте, которая зависит также от их количества и гидрогеологических факторов, но при этом ограничивается временем их выживаемости.

При определении размеров ЗСО водозаборов подземных вод, а также состава санитарно-оздоровительных и защитных мероприятий в их пределах должны учитываться производительность, тип водозабора и гидрогеологические условия, в частности естественная защищенность подземных вод от поверхностного загрязнения. Защищенность эксплуатируемого водоносного горизонта зависит от возможности и интенсивности поступления в него загрязненных вод с поверхности земли или из рек, озер и других водоемов.

К защищенным подземным водам относятся напорные и безнапорные межпластовые воды, которые имеют в пределах всех поясов в ЗСО сплошную водоупорную кровлю, исключающую возможность местного питания из вышележащих недостаточно защищенных водоносных горизонтов или с поверхности земли; должна также отсутствовать непосредственная связь с поверхностными водами.

К недостаточно защищенным подземным водам относятся:

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

б) напорные и безнапорные межпластовые воды, которые в естественных условиях или в результате снижения напора (уровня) при эксплуатации водозабора получают питание на площади ЗСО из вышележащих недостаточно защищенных водоносных горизонтов.

В случаях, когда залегающая над водоносным горизонтом толща пород не обеспечивает естественную защищенность подземных вод от поверхностного загрязнения, защита водозабора в пределах ЗСО реализуется специальными мероприятиями. Необходимо, чтобы возможные источники загрязнения были удалены от границ ЗСО на расстояние, при котором длительность движения загрязнений по пласту к водозабору будет в пределах от 100 до 400 суток для микробных, 25-50 лет для химических загрязнений.

#### **4.2. Устройство зон санитарной охраны [19]**

В состав ЗСО входят три пояса: первый - строгого режима, второй и третий - ограничений. Первый пояс ЗСО включает территорию расположения водозаборов, площадок расположения всех водопроводных сооружений, при искусственном пополнении - инфильтрационные сооружения и водоподводящий канал. Он устанавливается в целях устранения возможности случайного или умышленного загрязнения воды источника в месте расположения водозаборных и водопроводных сооружений.

Граница первого пояса ЗСО устанавливается в зависимости от защищенности подземных вод в пределах первого и второго поясов ЗСО: на расстоянии не менее 30 м от водозабора - при использовании защищенных подземных вод, и на расстоянии не менее 50 м - при использовании недостаточно защищенных вод. При использовании группы подземных водозаборов граница первого пояса должна быть удалена на те же расстояния (не менее 30 или 50 м) от крайних скважин (шахтных колодцев) водозаборных групп.

Второй пояс ЗСО предназначен для защиты водоносного горизонта от микробных загрязнений; поскольку второй пояс расположен внутри третьего, он предназначен также для защиты и от химического загрязнения.

Основным параметром, определяющим расстояние от границы второго пояса ЗСО до водозабора, является расчетное время продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору, которое должно быть достаточным для утраты его жизнеспособности.

Граница второго пояса ЗСО определяется гидродинамическими расчетами исходя из условия, что, если за ее пределами через зону аэрации или непосредственно в водоносный горизонт поступят микробные загрязнения, то они не достигнут водозабора. Расчетное время  $T_m$  выбирается в соответствии с рекомендациями в табл. 46.

Третий пояс ЗСО предназначен для защиты подземных вод от химических загрязнений. Расположение границы третьего пояса ЗСО также определяется гидродинамическими расчетами. Исходя из условия, что, если в водоносный пласт поступят химические загрязнения, они достигнут водозабора, перемещаясь с подземными водами вне области питания, или достигнут водозабора, но не ранее расчетного времени продвижения загрязненной воды от границы третьего пояса до водозабора. Если запасы подземных вод обеспечивают неограниченный срок эксплуатации водозабора, третий пояс должен обеспечить соответственно длительное сохранение качества подземных вод.

Таблица 46

### Рекомендации по выбору расчетного времени

| Гидрогеологические условия                                                  | Т <sub>м</sub> , сут                    |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                             | в пределах I и II климатических районов | в пределах III и IV климатических районов |
| 1. Грунтовые воды:                                                          |                                         |                                           |
| а) при наличии гидравлической связи с открытым водоемом                     | 400                                     | 400                                       |
| б) при отсутствии гидравлической связи с открытым водоемом                  | 400                                     | 200                                       |
| 2. Напорные и безнапорные межпластовые воды:                                |                                         |                                           |
| а) при наличии непосредственной гидравлической связи с открытым водоемом    | 200                                     | 200                                       |
| б) при отсутствии непосредственной гидравлической связи с открытым водоемом | 200                                     | 100                                       |

### 4.3 Режимы зон санитарной охраны [28]

Санитарно-оздоровительные и защитные водоохранные мероприятия устанавливаются отдельно для каждого пояса ЗСО в соответствии с его назначением и выполняются либо как единовременные меры, осуществляемые до начала эксплуатации водозабора (например, снос некоторых строений, устройство ограды и др.), либо как постоянные мероприятия режимного характера (запрещение нового строительства, запрещение использования ядохимикатов и др.).

По второму и третьему поясам ЗСО предусматриваются следующие общие мероприятия:

1) выявление, ликвидация (или восстановление) всех бездействующих, старых, дефектных или неправильно эксплуатируемых скважин, представляющих опасность в отношении возможности загрязнения водоносного горизонта;

2) регулирование любого нового строительства и бурение новых скважин при обязательном согласовании с местными органами санитарно-эпидемиологической службы, органами геологического контроля и органами по регулированию использования и охране вод;

3) запрещение закачки отработанных вод в подземные горизонты земного складирования твердых отходов и разработки недр земли, которая может привести к загрязнению водоносного горизонта;

4) своевременное выполнение необходимых мероприятий по сан охране поверхностных водотоков и водоемов, имеющих непосредственную гидравлическую связь с используемым водоносным горизонтом;

5) запрещение размещения накопителей промостоков, шламохранилищ складов горючесмазочных материалов, складов ядохимикатов и минеральных удобрений, крупных птицефабрик и животноводческих комплексов-источников химического нитратного загрязнения, а также других объектов, обуславливающих опасность химического загрязнения подземных вод; размещение таких объектов допускается в пределах третьего пояса ЗСО только при использовании защищенных подземных вод, а также при условии выполнения специальных мероприятий по защите водоносного горизонта от загрязнения и по согласованию с вышеназванными органами санитарного, геологического и водного контроля.

При размещении в пределах третьего пояса ЗСО объектов, являющихся источниками микробного загрязнения (поля фильтрации, навозохранилища, животноводческие и птицеводческие предприятия и т. п.), должна быть исключена возможность поступления поверхностного и дренажного стока на территорию второго пояса ЗСО.

По второму поясу ЗСО, кроме мероприятий, общих для второго и третьего поясов, подлежат выполнению следующие дополнительные мероприятия:

1) запрещение:

размещения кладбищ, скотомогильников, полей ассенизации, полей фильтрации, земледельческих полей орошения, силосных траншей, животноводческих и птицеводческих предприятий, а также других сельскохозяйственных объектов, обуславливающих опасность микробного загрязнения подземных вод;

применения удобрений и ядохимикатов;

промышленной рубки леса;

2) выполнение мероприятий по санитарному благоустройству территории населенных пунктов и других объектов (канализование, устройство водонепроницаемых выгребов) и др.

По первому поясу ЗСО дополнительно к мероприятиям, для второго и третьего поясов, предусматриваются следующие меры:

1) территория первого пояса должна быть спланирована для отвода почетного стока за ее пределы, озеленена, ограждена и обеспечена постоянной охраной;

2) запрещаются все виды строительства, не имеющие непосредственного отношения к эксплуатации водозабора и водопроводных сооружений, в том числе жилых и хозяйственных зданий, прокладка трубопроводов различного назначения, проживание людей (в том числе работающих на водопроводе), а также применение ядохимикатов и удобрений;

3) здания должны быть канализованы с отведением сточных вод и систему канализации или на местные очистные сооружения, расположенные за пределами первого пояса ЗСО с учетом санитарного режима на территории второго пояса ЗСО. В исключительных случаях при отсутствии канализации устраиваются водонепроницаемые приемники для бытовых отходов и нечистот, расположенные в местах, исключающих при их вывозе загрязнение территории первого и второго поясов;

4) предусматривается строгое выполнение санитарно-технических требований к конструкции водозаборных и наблюдательных скважин (оголовки, устья, затрубные пространства скважин и др.);

5) водозаборные скважины должны быть оборудованы аппаратурой для систематического контроля соответствия фактического дебита при эксплуатации и проектной производительности, предусмотренной при проектировании водозабора и обосновании границ ЗСО.

Обобщенная схема фильтрации подземных вод к водозабору с дебитом  $Q_v$  однородном неограниченном водоносном пласте при наличии одномерного естественного бытового потока с единичным расходом  $q$  представлена на рис. 36.



Рис. 36. Схема фильтрации подземных вод в сторону водозабора

Область захвата водозабора увеличивается в процессе эксплуатации водозабора и соответственно положение границ ЗСО изменяется вместе с увеличением длительности работы водозабора  $T$ .

#### 4.4 Расчеты зон санитарной охраны. [19,14]

Для практических расчетов ЗСО область захвата водозаборных сооружений схематизируется в виде прямоугольника шириной и общей протяженностью  $L$ , причем (см. рис. 36)

$$L = r + R \quad (96)$$

Величина  $2d$  принимается равной максимальной ширине области захвата водозабора.

Протяженность ЗСО вверх по потоку должна быть такой, чтобы частицы воды, удаленные от водозабора на расстояние  $K$ , достигли водозабора лишь к концу расчетного времени  $T$ , отсчитываемого от начала включения водозабора ( $T=T_m$  при расчете границы второго пояса ЗСО,  $T=T_x$ , при расчете третьего пояса ЗСО).

Расстояние  $R$  целесообразно представить в виде

$$R = Rq + \Delta R, \quad (97)$$

где  $Rq$  - расстояние, преодолеваемое частицами воды при движении со скоростью естественного потока, удельный расход которого  $q$ ;

$\Delta R$  - дополнительное расстояние, которое проходит частица йоды при эксплуатации водозабора.

Вниз по потоку подземных вод граница ЗСО, как правило, проводится через раздельную точку  $N$ . Но в тех случаях, когда расстояние от водозабора до точки  $N$  велико и время движения частиц воды от нее к водозабору больше расчетного времени  $T$ , положение границы ЗСО смещается ближе к водозабору на расстояние  $r$  от водозабора.

В безнапорных водоносных горизонтах, а также в неглубоких залегающих напорных пластах, перекрытых сверху слабопроницаемыми отложениями при определении положения границы второго пояса ЗСО для защиты от микробного загрязнения в отдельных случаях, целесообразно учитывать время  $t_0$  просачивания загрязненных вод по вертикали до основного эксплуатационного пласта, т. е. принимать  $\dot{O} = T_i - t_0$ . Если  $t_0 > T_i$ , водоносный горизонт защищен от микробных загрязнений.

Величина  $t_0$  приближенно может быть определена по следующим формулам:

а) при малой интенсивности инфильтрации загрязненных вод  $\varepsilon$  ( $\varepsilon < k_0$ ,  $k_0$  - коэффициент фильтрации пород зоны аэрации), т. е., когда инфильтрация происходит неполным насыщением пор водой,

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0 / \sqrt[3]{\varepsilon^2 \cdot k_0} \quad (98)$$

б) при значительной интенсивности инфильтрации  $\varepsilon$  ( $\varepsilon > k_0$ ), т. е. при инфильтрации с полным насыщением пор,

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0 / k_0 \quad (99)$$

в) при двух-трехслойном строении водоносной толщи

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0^2 / (k_0 \Delta H) \quad (100)$$

В формулах (97)-(99)  $m_0$  и  $n_0$  - мощность и активная пористость пород над эксплуатируемым горизонтом (в случаях "а" и "б" - это породы зоны аэрации, в случае "в" - породы верхнего слабопроницаемого слоя),  $\Delta l$  - разность уровней воды основного эксплуатируемого и вышележащего питающего слоев.

Параметры  $k_0$ ,  $m_0$  и  $n_0$  следует определять при разведке подземных вод. На ранних стадиях изысканий (выбор водоносного горизонта, участка расположения водозабора) при отсутствии экспериментально определенных значений указанных параметров последние принимаются по литературным данным с учетом повышенной водопроницаемости покровных отложений и пород зоны аэрации.

## **ГЛАВА 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН**

### **5.1. Приемка скважин в эксплуатацию [15,30]**

При сдаче скважин в эксплуатацию строительно-монтажная организация представляет приемочной комиссии проектную и исполнительную техническую документацию, а также:

- паспорт скважины, содержащий данные о работе и координатах расположения скважин, абсолютной отметке устья, расходе воды, назначении и особых требованиях к скважине;

- геологическое описание, освещающее общегеологическую, стратиграфическую характеристики всех пройденных при бурении горизонтов;

- описание конструкции скважин, способа бурения и типа станка, каротажной диаграммы, подробное описание фильтра, произведенной цементации и данные откачки из эксплуатационного горизонта.

К паспорту скважины прилагают: акт заложения скважины, акт установки фильтровой колонны, акт на цементацию обсадных колонн, геологический разрез скважины, каротажную диаграмму, журнал опытной откачки, данные о результатах химических и бактериологических анализов воды с заключением органов санитарно-эпидемиологической службы, гарантийный паспорт с адресом подрядчика.

Не допускается прием скважин, не оборудованных зоной санитарной охраны, павильоном насосной станции, герметизирующим оголовком, водонапорной башней или резервуаром, а также системой автоматического управления погружным электронасосом.

В процессе приемки скважин в обязательном порядке должны производить пробную откачку и опробование насосной установки.

Для подготовки скважин к постоянной эксплуатации, установления фактической производительности, определения качества воды, очистки воды от посторонних примесей, песка и мути производят опробование скважин путем пробных откачек.

Пробные откачки осуществляются непрерывно в течение каждой ступени понижения с замерами производительности, статического и динамического уровней воды.

При откачках надлежит соблюдать следующие правила: в рыхлых породах откачка начинается с малых понижений уровня воды с постепенным переходом на большие понижения; в скальных породах откачка производится в обратном порядке.

Количество откачиваемой воды при пробной откачке из эксплуатационного водоносного слоя должно составлять не менее 75%, в отдельных случаях - не менее 50% проектной производительности.

Опытная откачка производится не менее чем с двумя понижениями уровня воды.

Продолжительность опытной откачки определяется временем, необходимым:

- для достижения практически постоянного динамического уровня воды при данном дебите скважины;

- для получения осветленной воды, освобожденной от механических примесей;

- для достижения стабильности химико-бактериологических показателей анализов воды.

После достижения постоянного динамического уровня (при постоянном дебите) и надлежащего осветления воды непрерывная откачка должна производиться для каждого понижения не менее 24 часов. При неустановившемся режиме откачку на каждое понижение рекомендуется производить не менее трех суток.

Если имеется опасение возможного ухудшения качества получаемой из скважины воды, необходимая продолжительность откачки устанавливается особо.

Пробы воды для химического анализа отбираются в процессе откачки не менее двух раз при каждом понижении. Откачка прекращается не ранее практической стабилизации химического состава воды.

Проба на бактериологический анализ берется в середине и конце откачки представителем органов государственного санитарного надзора.

Работы по опытным откачкам должны фиксироваться в журналах откачки, а результаты откачек - оформляться актами.

При самоизливе воды из скважины в количестве, близком к расчетной производительности скважины, откачка заменяется замерами количества самоизливающейся воды.

При устройстве бесфильтровых водоприемных частей скважин опытные откачки производятся аналогично откачкам из скважин с фильтровыми водоприемными частями. Непременное условие эксплуатации таких скважин - непрерывный и равномерный режим откачки, исключающий нарушение угла естественного откоса водоносной породы.

В процессе эксплуатации в паспорт водозаборных сооружений вносят результаты реальных проверок, освидетельствования технического состояния,

анализов воды, данные о замене оборудования, переустройствах в схеме коммуникаций, ремонтах и др.

Кроме того при приемке скважин проверяют: расположение обсадных труб (отметки низа-верха), вертикальность ствола, крепление насосного агрегата к нижнему фланцу опорной плиты, комплектность водоподъемного оборудования с автоматикой пуска, качество выполнения бетонного фундамента для опорной плиты, положение электропривода и его крепление к водоподъемной трубе, правильность монтажа напорного трубопровода (на участке от водозаборного сооружения до сборного резервуара) и наличие на нем запорной задвижки, обратного клапана, манометра, водомера и крана для взятия проб воды.

По окончании проверки и выполнения отладочных и регулировочных работ в присутствии комиссии производится повторный пуск скважины в нужном эксплуатационном режиме.

## **5.2. Техническое обслуживание водозаборных скважин [31,32]**

Эксплуатация скважины проводится работниками хозяйства, которому принадлежит скважина. Работник должен пройти специальную подготовку на ведение работ по эксплуатации скважин на воду и иметь удостоверение на право ведения эксплуатации скважины.

В обязанность работника хозяйства входит выполнение следующих операций и правил:

1. Пуск в эксплуатацию насоса и его остановка;
2. Наблюдение за электроизмерительными приборами;
3. Недопущение к эксплуатации скважины посторонних лиц и охрана от повреждения.

Измерение дебита, статического и динамического уровней, устьевое давление, напряжения в сети, частоты и силы тока; определение появления песка в воде, высоты столба воды над верхней частью электропогружного насоса и суточного расхода воды. Все данные по скважине заносятся в журнал по эксплуатации скважин. Эти операции должны быть приурочены к периодическим контрольным проверкам скважин один раз в квартал.

При снижении качества воды в скважине (особенно, если отмечено появление бактерий), подача воды потребителям должна быть немедленно прекращена. Восстановление качества воды (см. раздел «Дезинфекция скважин») должно выполняться под наблюдением представителей санэпидстанции.

Необходимо немедленно прекращать эксплуатацию скважины и сообщать об ее аварийном состоянии водохозяйственной организации в тех случаях, когда в воде появляется песок или происходит падение динамического уровня до верхней части погружного насоса.

Техническое обслуживание скважины производится с целью увеличения общего и межремонтного срока эксплуатации, значительного

сокращения сложных и дорогостоящих ремонтных работ и увеличения времени работы насосов.

Длительная работа скважины зависит от своевременного технического ухода. В состав работ по техническому уходу должны входить мероприятия по организации регулярного профилактического ухода и контроля за эксплуатацией скважины.

Профилактический уход состоит из технического обслуживания, контроля и своевременного проведения профилактических ремонтов.

Скважина осматривается с целью:

ознакомления с техническим состоянием и проверки исправности наземного оборудования, электроизмерительных приборов, наличия уровнемера, манометра и водомера;

организации работ по устранению мелких неисправностей;

проведения контрольных замеров дебита, устьевое давления, статического и динамического уровней;

определения наличия песка в воде, степени падения удельного дебита, высоты водяного столба над работающим насосом; объема откаченной воды за время эксплуатации скважины, железобактерий в воде;

проверки работы электроизмерительных приборов, автоматов, режима электрической сети; заполнения журнала по эксплуатации скважины и степени подготовленности работников непосредственно эксплуатирующих скважины;

пломбирования скважины.

На основании полученных данных водохозяйственная организация проводит анализ существующего технического состояния скважины и планирует проведение ремонтных работ.

Один раз в год в период, определяемый местными условиями, производят генеральную проверку состояния скважины, оборудования и всех трубопроводов.

Результаты проверки и испытаний заносят в паспорт скважины.

При генеральной проверке состояния скважины и оборудования устанавливают степень их износа, причины изменения производительности водоприемников, качества воды и гидрогеологических условий эксплуатации водоносного горизонта, состояние обсадных труб и водоприемной части и пр. На основании результатов проверки назначают вид ремонта и принимают меры для обеспечения условий нормальной эксплуатации.

Во время генеральной проверки определяют производительность каждой скважины одиночными или групповыми откачками воды.

Неисправности скважины могут повлечь за собой изменение статического и динамического уровней, удельного дебита, качества воды и привести к резкому уменьшению ее производительности.

Типичные причины уменьшения производительности водозаборных скважин приведены в таблице 47

Таблица 47

## Типичные признаки неисправности водозаборных скважин и причины уменьшения их производительности

| Признаки неисправности     |                                         |                                                         | Возможные причины<br>уменьшения<br>производительности<br>скважин                                        |
|----------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| по уровню воды             |                                         | по удельному<br>дебиту                                  |                                                                                                         |
| статическому               | динамическому                           |                                                         |                                                                                                         |
| 1                          | 2                                       | 3                                                       | 4                                                                                                       |
| Без изменения              | Выше, чем<br>раньше                     | Меньше, или<br>несколько больше<br>первоначального      | Неисправность насоса                                                                                    |
| Постоянное<br>понижение    | Постоянное<br>понижение                 | Без изменения                                           | Увеличение районной<br>депрессии                                                                        |
| Периодическое<br>понижение | Периодическое<br>понижение              | Без изменения<br>раньше                                 | Влияние работы<br>соседних скважин                                                                      |
| Без изменения<br>раньше    | Ниже, чем<br>раньше                     | Уменьшенный                                             | Неисправность<br>водоприемной части<br>скважины                                                         |
| Ниже, чем<br>раньше        | Без изменения<br>или ниже чем<br>раньше | Почти без<br>изменения или<br>меньше<br>первоначального | Утечка воды через<br>поврежденные места в<br>обсадных трубах на<br>участке выше<br>динамического уровня |

Снижение дебита скважины чаще всего происходит из-за неисправностей водоприемной части, которые возникают в результате перекрытия фильтров песчаной пробкой или закупорки водоприемной области химическими механическими и бактериологическими осадками.

О техническом состоянии фильтра судят по наличию осадка и крупности частиц песка в пробе воды. Если в осадке имеются крупные зерна и фракционный состав его совпадает с данными механического анализа песка водоносного пласта, то это свидетельствует о повреждении сетки фильтра или сальника.

### 5.3. Наблюдения за состоянием подземных вод [37]

Наблюдения за работой водозаборов и режимом подземных вод при эксплуатации.

На водозаборных скважинах в течение всего периода их эксплуатации должны проводиться наблюдения за режимом уровней, температуры, химического состава подземных вод и за дебитом.

Целью режимных наблюдений являются:

- а) выявление характера изменения естественного режима подземных вод под влиянием водоотбора;
- б) определение оптимального режима эксплуатации водозабора;

в) своевременное предупреждение возможного ухудшения качества подземных вод на участке водозабора;

г) оценка влияния эксплуатации водозабора на существующие водозаборы подземных вод, а также на поверхностные водные источники и экономические условия данного района;

д) накопление опыта эксплуатации сооружений по забору подземных вод в различных гидрогеологических условиях и решение вопросов, связанных с расширением водоснабжения в данном районе и сооружением новых водозаборов в аналогичных гидрогеологических условиях.

Водозаборные скважины должны быть оборудованы устройствами для систематических наблюдений за уровнем и дебитом воды в каждой скважине, должна быть также создана сеть наблюдательных скважин на прилегающей территории, водомерные посты на выходах подземных вод на поверхность, на водотоках и водоемах, связанных с эксплуатируемым водоносным горизонтом.

Строительство режимной сети и наблюдения по ней ведутся за счет средств владельца водозабора.

Наблюдения должны быть начаты до ввода водозабора в эксплуатацию, с тем иметь данные о режиме уровней воды, не нарушенном работой водозабора.

Схема расположения наблюдательных пунктов, их количество, конструкция и частота наблюдений определяются типом подземных вод, условиями питания водоносного горизонта, санитарным состоянием участка, схемой и конструкцией водозабора и режимом эксплуатации.

На водозаборах, состоящих из ряда скважин наблюдательные скважины в пределах водозабора и в зоне его влияния целесообразно располагать по поперечникам перпендикулярно линии водозабора из расчета 1-2 поперечника на 1 км фронта водозабора. При значительной длине водозабора (более 5 км) расстояние между поперечниками может быть увеличено до 2-3 км. Одна из наблюдательных скважин на каждом поперечнике должна приходиться на линию водозабора и располагаться между эксплуатационными скважинами. Шаг между наблюдательными скважинами на поперечнике назначается в зависимости от морфологии участка водозабора, мощности эксплуатируемого водоносного горизонта, производительности водозабора, ширины зоны его влияния.

На водозаборах, состоящих из группы любым образом расположенных взаимодействующих скважин, наблюдательные скважины следует размещать между эксплуатационными скважинами и в зоне влияния водозабора.

При наличии в районе водозабора очагов возможного загрязнения подземных вод наблюдательные скважины располагаются по линиям от очага к водозабору.

Для выявления взаимосвязи эксплуатируемого водоносного горизонта с верхним нижним водоносными горизонтами последние также включаются в режимные наблюдения специальным скважинам как на участке водозабора, так и в зоне его влияния.

Конструкции скважин для наблюдений за режимом того или иного водоносного горизонта должны надежно исключать влияние на результаты наблюдений других горизонтов, а также дождевых и талых вод.

Глубину наблюдательных скважин режимной сети следует принимать:

в водоносном горизонте со свободной поверхностью (безнапорном) при глубине эксплуатационных скважин до 15 м-той же глубины, что и глубина эксплуатационных скважин;

в водоносном горизонте со свободной поверхностью при глубине эксплуатационных скважин более 15 м глубина наблюдательной скважины ограничивается положением верха рабочей части ее фильтра на 2/3 м ниже возможного наинизшего динамического уровня воды в водоносном горизонте с учетом длины рабочей части фильтра и отстойника;

в напорных водоносных горизонтах при динамическом уровне выше их кровли рабочая часть фильтра наблюдательных скважин должна располагаться в верхней части водоносного горизонта; при частичном осушении пласта верх фильтра наблюдательной скважины должен быть на 2-3 м ниже динамического уровня воды в водоносном горизонте;

в водоносных безнапорных пластах, эксплуатация которых рассчитана на сработку статических запасов, верх рабочей части фильтра должен быть на 2-3 м ниже положения динамического уровня воды в водоносном пласте к концу расчетного срока эксплуатации водозабора; при значительной величине сработки уровня, медленном и длительном его снижении, измеряемом десятками лет, глубину скважин сети режимных наблюдений можно назначить соответственно глубине сработки уровня за определенный период времени, с последующим углублением скважин или бурением новых.

При замене фильтра необходимо:

Приборы для определения уровней и температуры воды в наблюдательных скважинах применяют как стационарные с регистрацией показаний на месте и на расстоянии, так и переносные с разовым измерением.

Для измерения уровня воды в наблюдательных скважинах чаще применяют простые и дешевые переносные уровнемеры. Диапазон их измерений по глубине составляет 50-200 м и даже 500 м. Чаще применяют уровнемеры с хлопушкой диаметром 16-40 мм и с рулеткой (РС-20 и РС-40) для глубин измерения соответственно 20 и 40 м и с катушкой (ГГП-12б) при диаметре хлопушки 40 мм и глубине измерения до 100 м. Диапазон измерений стационарных электроуровнемером составляет 50-500 м для различных типов и диаметров датчика (чаще 12 мм, для типа ЭВ-1М-20 мм).

Стационарные уровнемеры характеризуются широким диапазоном характеристик. Различают следующие группы уровнемеров: 1) основная - по диапазону измерения колебаний уровня; 2) по расположению по отношению к уровню воды: ниже или на уровне; 3) по функциональному признаку: показывающие, регистрирующие и сигнализирующие; 4) измерения на объекте и дистанционные; 5) по способу измерения: поплавковые, гидростатические и электрические.

Уровнемеры с сигнализацией на расстоянии применяют в эксплуатационных скважинах. Температуру воды в наблюдательных скважинах определяют глубинными приборами, но для получения действительной температуры подземных вод необходимо выполнить предварительную прокачку с расходом не менее трех объемов воды в скважине. Такие определения температуры производят периодически, в частности, при помощи так называемых ленивых ртутных термометров.

Если полученные глубинным термометром значения температуры после откачки и без прокачки одинаковы, то в дальнейшем от прокачки при замерах температуры в наблюдательных скважинах отказаться. Однако достаточность прокачки скважины при трех объемах воды, указанных выше, должна проверяться путем увеличения продолжительности этой прокачки с соответствующими замерами температуры глубинным термометром и в откачиваемой воде на поверхности (у излива).

Пробы воды для анализа отбирают из наблюдательных скважин после достаточной прокачки ее на поверхности или при помощи спускаемого в скважину пробоотборника.

#### **5.4. Техническое обслуживание погружных электронасосов [26]**

Насосы типа ЭЦВ предназначены для работы в неагрессивной среде. Содержание механических примесей в воде допускается не более 0,01% по весу.

Погружные насосы работают в комплектах с электродвигателями.

Эксплуатация погружных насосов должна осуществляться в соответствии с заводскими инструкциями по уходу за этими насосами.

Основные неисправности в работе погружных насосов и способы их устранения приведены в таблице 48.

Таблица 48

#### **Основные неисправности в работе погружных насосов и способы их устранения**

| № п/п | Характер неисправности | Причины                                                                                                                                                                                                 | Способы устранения                                                                                                                                             |
|-------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                      | 3                                                                                                                                                                                                       | 4                                                                                                                                                              |
| 1.    | Насос не запускается   | Отсутствует напряжение - сгорел предохранитель.<br><br>Низкое напряжение в сети или падение напряжения в момент запуска<br>Установлены предохранители малого сечения<br>Короткое замыкание в кабеле или | Ликвидировать обрыв в электрической цепи по фазам.<br>Проверить напряжение при запуске<br><br>Заменить предохранитель<br><br>Насос демонтировать, определить и |

|    |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                         |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                                                                         | электродвигателе<br><br>Заклинило<br>электродвигатель или<br>насос                                                                                                                                                                                                                                                                    | отремонтировать место<br>короткого замыкания<br>Насос демонтировать,<br>разобрать, выявить<br>причину и устранить                                       |
| 2. | Насос не подает<br>воду                                                                                 | Большое сопротивление во<br>всасывающей части насоса<br>(забита сетка)<br>Износились,<br>уплотнительные кольца,<br>рабочие колеса и<br>направляющие аппаратов,<br>их загрязнение<br>Насос находится выше<br>динамического уровня                                                                                                      | Насос демонтировать,<br>очистить сетку<br><br>Демонтировать насос,<br>отремонтировать<br>насосный узел<br><br>Удлинить колонну<br>насосных труб         |
| 3. | После ремонта<br>насос потребляет<br>повышенную<br>мощность                                             | Неправильная сборка<br>насоса, которая вызывает<br>заедание боковых<br>поверхностей колеса или<br>направляющих аппаратов<br>Заели запорные втулки<br>или места уплотнения, из-<br>за чего ротор насоса туго<br>вращается от руки<br>Износились подпятники<br>электродвигателя<br>Неправильная сборка<br>насоса с<br>электродвигателем | Разобрать насос и<br>устранить заедание<br><br>То же<br><br>Заменить подпятник<br><br>Проверить и исправить<br>соединение насоса с<br>электродвигателем |
| 4. | Насос подает<br>воду с<br>пульсацией                                                                    | Динамический уровень<br>снизился до всасывающей<br>сетки                                                                                                                                                                                                                                                                              | Проверить динамический<br>уровень, перекрыть<br>задвижку или опустить<br>насос глубже                                                                   |
| 5. | При пуске насоса<br>магнитный<br>пускатель<br>срабатывает при<br>токе, не<br>превышающем<br>номинальный | Магнитный пускатель<br>неправильно<br>отрегулирован                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Отрегулировать<br>магнитный пускатель на<br>ток, превышающий<br>номинальный на 25%                                                                      |
| 6. | При включении<br>насос не<br>работает,<br>электродвигатель<br>гудит                                     | Отсутствует напряжение в<br>одной фазе                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверить все контакты в<br>цепи                                                                                                                        |
| 7. | Сопротивление<br>изоляции упало                                                                         | Нарушилась изоляция<br>места пайки кабеля или в                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Насос демонтировать,<br>кабель отсоединить ,                                                                                                            |

|  |             |                   |                       |
|--|-------------|-------------------|-----------------------|
|  | ниже 0,2 Ом | статорной обмотке | повреждение устранить |
|--|-------------|-------------------|-----------------------|

При замене насоса приступать к монтажу насосной установки можно только после промывки скважины. Промывку следует проводить до тех пор, пока содержание механических примесей в откачиваемой воде будет не более 0,01% по весу.

Проверка скважины на проходимость производится специально изготовленным шаблоном из обрезка. Трубы, наружный диаметр и длина которой соответствуют размерам погружного насоса. При спуске и подъеме шаблон должен свободно проходить в скважине.

Насос, электродвигатель и напорный трубопровод должны размещаться в скважине свободно с зазором не менее 5 мм на сторону.

Рабочий узел насоса должен находиться на 3-5 м ниже динамического уровня воды в скважине. Самый низкий динамический уровень воды в скважине во всех случаях должен быть выше фланца верхнего корпуса рабочего узла насоса не менее чем на 1 м.

Перед монтажом насосного агрегата необходимо провести подготовку оборудования для монтажа установки, куда относятся грузоподъемные средства, трубы, соединительные муфты, скобы крепления кабеля, наземная арматура, крышка скважины или опорное колено, задвижка, манометр, два монтажных хомута, приборы и инструменты для выполнения работ.

Грузоподъемное оборудование выбирается с учетом веса насосного агрегата, кабеля, колонны заполненных водой водоподъемных труб и опорного колена.

Перед опусканием насосного агрегата в скважину необходимо:

проверить отсутствие заеданий при вращении вручную роторов насосного агрегата; если насосный агрегат не проворачивается от руки, необходимо смочить подшипники или поместить его на 15 минут в емкость с водой; если после этого агрегат не проворачивается от руки необходимо выяснить причину, отсоединив насос от электродвигателя и проворачивая их в отдельности; после устранения причин заедания насос соединяют с электродвигателем, следя за тем, чтобы не нарушить ранее установленный осевой ход ротора насоса, т.е. не менять количества регулировочных шайб, установленных на заводе-изготовителе;

залить электродвигатель чистой профильтрованной водой (в зимнее время недопустимо заливать в электродвигатель горячую воду); заполнив двигатель водой, через 10-15 минут проверяют герметичность соединений, отсутствие воздушных пробок, а также утечек вода из двигателя.

Одновременно с трубами в скважину опускается токоподводящий кабель.

При креплении силового кабеля к напорному трубопроводу необходимо выполнять следующие требования:

кабель укладывается вдоль труб и прикрепляется к ним через каждые 2-2,5 м хомутами;

в местах крепления к трубам кабель необходимо обвертывать листовой резиной толщиной 1-3 мм;

после крепления кабель не должен провисать между хомутами крепления.

Сдача-приемка смонтированного водоподъемного оборудования производится по акту.

Пуск насоса производится при закрытой задвижке, а затем, регулируя подачу насоса задвижкой, устанавливают необходимый режим работы. Если при пробном пуске в воде обнаруживается большое количество взвешенных частиц, необходимо задвижкой уменьшить подачу воды, уменьшая тем самым скорость движения воды в скважине и, следовательно, уменьшая забор песка из скважины.

Останавливать насос при этом нельзя, так как частицы породы будут осаждаться на омываемых поверхностях корпусов и рабочих колес, что приведет к заеданию и износу частей насоса.

Насос можно остановить тогда, когда он будет качать чистую воду. Перед остановкой насоса необходимо закрыть задвижку.

После пробного пуска рекомендуется проводить непрерывную работу насосного агрегата в течение 2-3 суток. За этот период происходит достаточная приработка рабочих органов агрегата.

Контроль за работой агрегата осуществляется проверки и записи показаний приборов, замера сопротивления изоляции электродвигателя с токоподводящим кабелем, замера производительности и напора агрегата, а также статического и динамического уровня воды в скважине.

В первую неделю работы насосной установки замеры производят ежедневно, в дальнейшем - при исправной работе - раз в неделю.

## **5.5. Ремонт скважин**

Для поддержания требуемого дебита скважины, обеспечения бесперебойной подачи воды и ликвидации возникающих неисправностей приводят ремонт скважин.

При длительной работе скважин происходит постепенное снижение дебитов, которое обусловлено в основном влиянием гидрохимического состава воды, а также конструкциями фильтров, величиной водоотбора, временем эксплуатации и другими факторами.

Снижение производительности происходит в результате зарастания порового пространства фильтров и профильтровых зон химическими осадками, выпадающими из притекающей воды.

Профилактические ремонты проводятся по графику через каждые 8-12 месяцев, а также при снижении удельного дебита на 10-15%.

Необходимость в проведении регулярных профилактических ремонтов скважин связана с образованием необратимых процессов в водоприемной части скважины. Эти процессы приводят к преждевременному выходу скважин из строя и крайнему осложнению восстановления

производительности. В то же время при своевременном ремонте имеется возможность полностью удалять из водоприемной части скважины осадки, а также очищать забой от механических частиц.

При профилактическом ремонте возникает необходимость в выполнении следующих операций:

- проверка насосного оборудования;

- демонтаж-монтаж наземного и подземного насосного оборудования;

- замер глубины скважины и определение высоты песчаной пробки;

- очистка забоя от песка;

- очистка внутренней поверхности ствола скважины и фильтра от химических осадков;

- монтаж-демонтаж заливной колонны;

- заливка в скважину расчетного количества соляной кислоты;

- производство соляно-кислотной ванны;

- эрлифтная откачка скважины;

- очистка забоя от осадков.

Очистка глубокой скважины заключается в удалении осевших на дно частиц грунта и в промывке фильтра без подъема его на поверхность земли.

Перед очисткой скважины на поверхность земли поднимают водоподъемное оборудование. Эти работы выполняют при помощи лебедок или над колодцем устанавливают треногу-вышку с лебедкой и балансиром. Затем очищают скважину желонкой, спускаемой и поднимаемой на штангах или канате, пока желонка не коснется слоя гравия в отстойнике. После очистки колодца в него устанавливают водоподъемное оборудование и производят первую очистку до полного осветления воды.

При механическом закупоривании отверстий фильтра пропускную способность его можно повысить промывкой фильтра водой. Для этого после очистки колодца желонкой в него опускают на штангах поршень. Сильными резкими движениями поршня вверх и вниз можно значительно увеличить скорость воды в отверстиях фильтра и таким образом освободить его от частиц грунта. При небольшом загрязнении фильтра его можно промыть быстрым заполнением колодца чистой водой.

Если механическая промывка фильтра не дает благоприятных результатов, то есть основание предполагать о наличии закупоривания фильтра отложениями химических соединений.

Удавление химических отложений на фильтре производится с помощью соляной кислотной ванны. С этой целью в скважину до забоя опускается заливная колонна, которая может быть представлена воздушными трубами эрлифта. Сверху колонны устанавливается воронка и в скважину заливается расчетное количество 10-15% соляной кислоты.

Промышленностью выпускается кислота концентрацией 20, 27,5 и 31%. В табл. 49 приведены данные о приготовлении из этих кислот растворов 10-15% концентрации.

Потребный объем раствора соляной кислоты на 1 пог.м фильтра определяется по табл. 50.

Таблица 49

**Необходимое количество исходной соляной кислоты и воды для приготовления рабочего раствора**

| Концентрация раствора кислоты, % | Концентрация исходной кислоты |         |            |         |            |         |
|----------------------------------|-------------------------------|---------|------------|---------|------------|---------|
|                                  | 20                            |         | 27,5       |         | 31         |         |
|                                  | кислота, л                    | вода, л | кислота, л | вода, л | кислота, л | вода, л |
| 10                               | 490                           | 510     | 345        | 655     | 300        | 700     |
| 11                               | 535                           | 465     | 375        | 625     | 325        | 685     |
| 12                               | 585                           | 415     | 410        | 590     | 355        | 645     |
| 13                               | 635                           | 365     | 445        | 555     | 385        | 615     |
| 14                               | 690                           | 310     | 480        | 520     | 415        | 585     |
| 15                               | 740                           | 260     | 510        | 490     | 445        | 555     |

Таблица 50

**Необходимое количество раствора соляной кислоты для обработки 1 пог.м длины фильтра в зависимости от его диаметра**

| Внутренний диаметр фильтра, мм | При регулярной профилактической обработке скважин, л | При длительной эксплуатации скважины, л |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 100                            | 30                                                   | 100                                     |
| 150                            | 45                                                   | 125                                     |
| 200                            | 60                                                   | 150                                     |
| 250                            | 80                                                   | 175                                     |
| 300                            | 100                                                  | 200                                     |
| 350                            | 150                                                  | 250                                     |

После заливки кислоты скважина оставляется в покое 24 часа. Затем в скважину опускается эрлифтная колонна и производится откачка. Откачка продолжается до полного осветления воды и удаления следов соляной кислоты.

После откачки снова измеряются глубина скважины, и производится очистка забоя от осадков эрлифтом или желонкой.

Текущие ремонты проводятся при необходимости замены насоса. Проведение капитальных ремонтов скважин планируется в случае необходимости проведения сложных работ: замены фильтра, ремонта обсадной колонны, цементирования и т.д.

При замене фильтра необходимо:

Очистить забой скважины от песка гидроразрывом

Изготовить печать и подсоединить ее к колонне бурильных труб

Опустить инструмент в скважину и установить печать с целью определения положения верхней части надфильтровой трубы

Поднять инструмент из скважины и осмотреть печать

При извлечении фильтра лебедкой опустить в скважину колонну бурильных труб ловильным инструментом

Захватить фильтровую колонну и извлечь ее

При извлечении фильтра домкратами подготовить устье скважины для установки домкратов с укладкой брусьев и досок

Опустить в скважину колонну бурильных труб с ловильным инструментом

Захватить фильтровую колонну

Установить домкраты и смонтировать гидравлическую систему;

Извлечь фильтровую поверхность с перекреплением домкратов

После извлечения фильтра проработать скважину под фильтровую колонну, для чего:

присоединить долото к бурильной трубе

опустить бурильные трубы в скважину

проработать ствол скважины с промывкой и наращиванием бурильных труб

промыть скважину перед подъемом инструмента и поднять бурильные трубы из скважины

На надфильтровой трубе, предназначенной для установки нового в скважине фильтра, установить разжимной сальник

Проверить целостность и соосность фильтровой колонны

Забить деревянную пробку в трубу отстойника фильтра

Соединить первую трубу бурильной колонны с фильтровой колонной муфтой с левой резьбой или с помощью спускового ключа

Нарращивая бурильную колонну опустить фильтр в скважину и установить на забой

Разжать разжимной сальник, для чего придать колонне бурильных труб правое вращение, при этом муфта с левой резьбой навинчивается на надфильтровую трубу и сжимает сальник

Отсоединить бурильные трубы от фильтровой колонны и поднять их из скважины

Смонтировать эрлифт и откачать из скважины до полного прекращения выноса механических частиц.

Для углубления скважины при переходе на эксплуатацию нижележащего водоносного горизонта необходимо:

Извлечь из скважины старый фильтр

Углубить скважину до кровли нижележащего водоносного пласта. Спустить дополнительную обсадную колонну и зацементировать затрубное пространство

Ожидание затвердевания цемента

Разбурить водоносный пласт на расчетную глубину

Установить новый фильтр

Смонтировать эрлифт

Прокачать скважину до полного прекращения выноса механических примесей

Провести опытную откачку из скважины не менее чем при двух понижениях

Если необходимо перевести скважину на эксплуатацию вышележащего горизонта требуется:

Извлечь из скважины старый фильтр

Зацементировать ствол скважины от забоя до подошвы выбранного водоносного пласта

Опустить на кабеле перфоратор на глубину залегания перфорируемого участка скважины

В процессе спуска тщательно промерить длину кабеля с тем, чтобы исключить возможность прострела на заданной глубине

Перфорировать обсадную колонну, перекрывающую водоносный горизонт

Для создания противодавления на пласт заполнять скважину до устья водой

Установить новый фильтр

Смонтировать эрлифт и произвести строительную и опытную откачки из скважины

При переоборудовании фильтровой скважины в бесфильтровую, если геологические и гидрогеологические условия позволяют, необходимо:

Извлечь фильтр из скважины

Отпустить в скважину породоразрушающий инструмент и разбуриванием очистить прифильтровую зону от продуктов химического кольяматажа

Смонтировать эрлифт и начать откачку для формирования водоприемной воронки

В первоначальный период, когда поверхность воронки и водоприитоки в нее малы, в скважины необходимо подливать воду

Если нужно извлечь из скважины попавшие туда посторонние предметы требуется:

Изготовить печать при первом рейсе:

Подготовить инструмент и оборудование

Подсоединить печать к колонне бурильных труб

Опустить инструмент в скважину и установить печать

Поднять инструмент и осмотреть печать при каждом последующем рейсе:

Присоединить ловильный инструмент к колонне бурильных труб

Опустить инструмент в скважину

Захватить извлекаемый предмет

Поднять инструмент из скважины

При невозможности извлечь посторонние предметы из скважины с помощью ловильного инструмента, разбурить их трехшарошечным долотом или фрезером

## **5.6. Восстановление дебита скважин [14,35,36,39]**

Причины снижения дебитов скважин. При длительной работе скважин происходит постепенное снижение дебитов, которое обусловлено в основном влиянием гидрохимического состава воды, а также конструкциями фильтров, величиной водоотбора, временем эксплуатации и другими факторами.

Снижение производительности происходит в результате зарастания порового пространства фильтров и прифильтровых зон химическими осадками, выпадающими из притекающей воды.

Наиболее распространенными колюматирующими отложениями являются железистые (охристые) осадки, которые из аморфной формы постепенно переходят в более прочные структуры, цементирующие окружающие фильтр породы, достигая 20 - 50 см по радиусу.

Таким образом, отложение осадков в прифильтровых зонах, фильтрах и трубах приводит к резкому повышению гидравлических сопротивлений, вследствие чего снижается производительность скважин.

Снижение производительности устанавливают, постоянно наблюдая за работой скважин и контролируя работу насоса, измеряя дебит и понижение, промеряя глубину, определяя статический уровень. Для этого используют измерительную и диагностическую аппаратуру.

Для восстановления дебита скважины в период ее эксплуатации применяют различные методы, наиболее эффективными из которых являются реагентные и импульсные методы.

В качестве реагентов для растворения колюматирующих отложений используют соляную кислоту  $\text{HCl}$ , триполифосфат натрия  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ , гексаметафосфат натрия  $(\text{NaPO}_3)_6$ , дитиомит натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ , сульфаминовую кислоту  $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ , бисульфат натрия  $\text{NaHSO}_4$ , гидразин солянокислый  $\text{N}_2\text{H}_4\text{HCl}$ .

Условия применения различных видов реагентов и их оптимальная концентрация приведены в таблице 51.

Для обработки скважин на фильтр длиной 10 м ориентировочные объемы раствора составляют 0,3...1 м<sup>3</sup> соответственно для гравийных фильтров диаметром от 168 до 299 мм. При обработке скважин с сетчатыми фильтрами указанный объем снижают на 25%.

При этом концентрация раствора соляной кислоты должна составлять не менее 25%, а при изготовлении раствора из порошкообразных реагентов их расход составляет 24...80 кг.

Технология обработки скважин реагентом заключается в введении раствора в зону фильтра и последующем продавливании его в заколюматированную профильтровую зону. Достигают этого созданием давления в скважине сжатым воздухом, подаваемым компрессором, или вакуумированием с последующим снятием давления или срыва вакуума (рис 37). Для лучшего реагирования раствора с колюматантом проводят несколько циклов промывок. Если статический уровень воды в скважине близок к поверхности, то при циклической обработке достаточно герметизировать оголовки скважины. При низком уровне, когда для создания давления

требуется закачка большого количества воздуха, над фильтром устанавливают пакер, под который закачивают воздух.

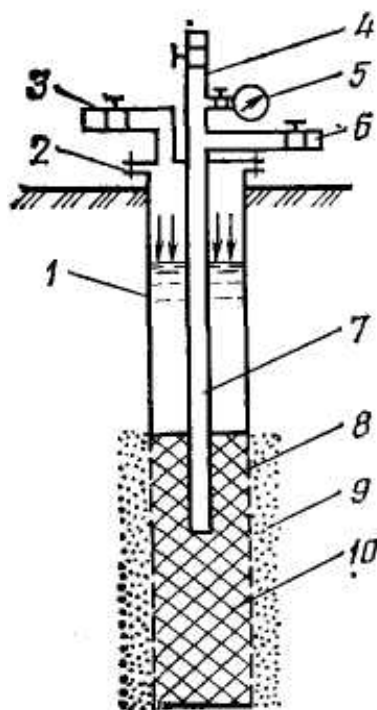
При использовании порошков их растворяют на поверхности или доставляют в специальном контейнере в зону фильтра и растворяют потоком воды.

Реагентные методы способны восстанавливать дебиты до близких к первоначальным. При их использовании необходимо строго соблюдать специальные меры техники безопасности.

Таблица 51

### Реагенты для обработки скважин

| Реагенты                                                                                                                                                                                                                                  |                                                       | Состав коьматанта                                                                                                                                                                         | Устойчивость фильтра и обсыпки к кислотам                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| композиция                                                                                                                                                                                                                                | концентрация, %                                       |                                                                                                                                                                                           |                                                                         |
| HCl<br>N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ·2 HCl<br>NaHSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O                                                                                                                                                       | 20...25<br>8...10<br>5...7                            | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub> , FeCO <sub>3</sub><br>FeS, CaCO <sub>3</sub><br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub> , FeCO <sub>3</sub> , FeS      | Фильтр, обсыпка кислотоустойчивы                                        |
| Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                                                                                                                                                                                             | 6...8                                                 | Преобладают Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub>                                                                                                                          | Фильтр неустойчив к кислоте, обсыпка содержит известковистые соединения |
| HCl<br>Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub><br>N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ·2 HCl<br>Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub><br>NaHSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O<br>Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub> | 20...25<br>0,8...0,5<br>8...10<br>0,1<br>5...7<br>0,1 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub><br>FeCO <sub>3</sub> , FeS, CaCO <sub>3</sub><br><br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub><br>FeCO <sub>3</sub> , FeS | Фильтр, обсыпка кислотоустойчивы                                        |
| HCl<br>Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>                                                                                                                                                                                     | 5...10<br>3...2,5                                     | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub><br>FeCO <sub>3</sub> , FeS, CaCO <sub>3</sub>                                                                                        | Фильтр, обсыпка устойчивы в разбавленной кислоте                        |
| Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub><br>Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>                                                                                                                                           | 6...8<br>1                                            | Преобладают Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub>                                                                                                                          | Фильтр, обсыпка неустойчивы в кислоте                                   |



*Рис. 37. Схема оборудования скважины для реагентной обработки:*

1 - скважина; 2 - оголовок; 3 - труба для нагнетания воздуха от компрессора; 4 - труба для отвода газов и сжатого воздуха при циклической обработке скважин; 5 - манометр; 6 - труба для заливки раствора реагента; 7 - заливочные трубы; 8 - фильтр; 9 - закольматированная зона; 10 - кислота

Импульсные методы восстановления дебитов скважин создают ударные волны и воздействуют на кольматирующие отложения. Для этого применяют пневмовзрыв (ВПВ), электрогидравлический удар (ЭГУ), взрывы торпед из детонирующего шнура (ТДШ) и вибрационные методы.

Для создания пневмовзрыва широкое применение нашли установки АСП-ТМ - автостанция, размещенная на одноосном прицепе, в состав которой входят компрессор, баллоны со сжатым воздухом и пневмоснаряд. Максимальное давление в баллонах 15 МПа.

Для обработки скважин методом ЭГУ создан ряд специальных передвижных установок. Недостаток этого способа - необходимость работы с током высокого напряжения.

Метод ТДШ основан на взрыве шнуровых торпед в зоне фильтра. Его применяют при надежно изготовленном фильтре, так как сила взрыва регулируется числом взрывааемых нитей.

Вибрационные методы основаны на колебаниях пластин, расположенных на трубах, движение которым передается вибратором.

Все указанные способы восстановления скважин применяют в комплексе с реагентными методами. В этом случае сокращаются время обработки, энергозатраты, повышается эффективность обработок.

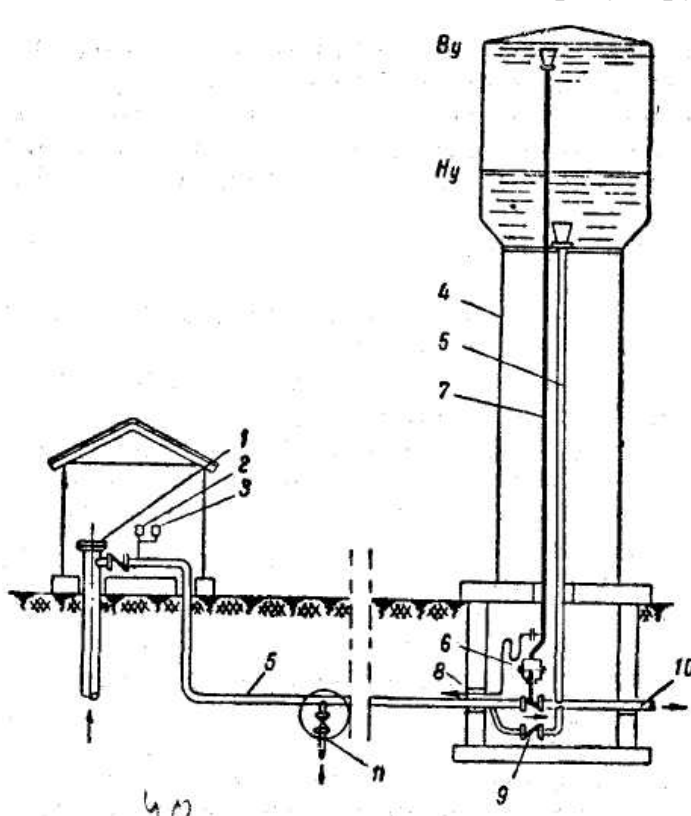
## 5.7. Автоматическое управление работой скважины [29,34,37]

В большинстве случаев вода из водозаборных скважин по напорному водоводу подается в емкостные сооружения, чаще всего в водонапорные башни. Для обеспечения надежной работы скважины предусматривают установку средств автоматического управления.

Одна из схем автоматического управления насосной станцией при работе на водонапорную башню и наличии промежуточного отбора приведена на рисунке 38. Система управления включает в себя насосную установку 1, реле минимального 2 и максимального 3 давления, напорный резервуар 4, напорный трубопровод 5, мембранный клапан 6, сигнальную трубу 7, дренажную трубу 8, обратный клапан 9.

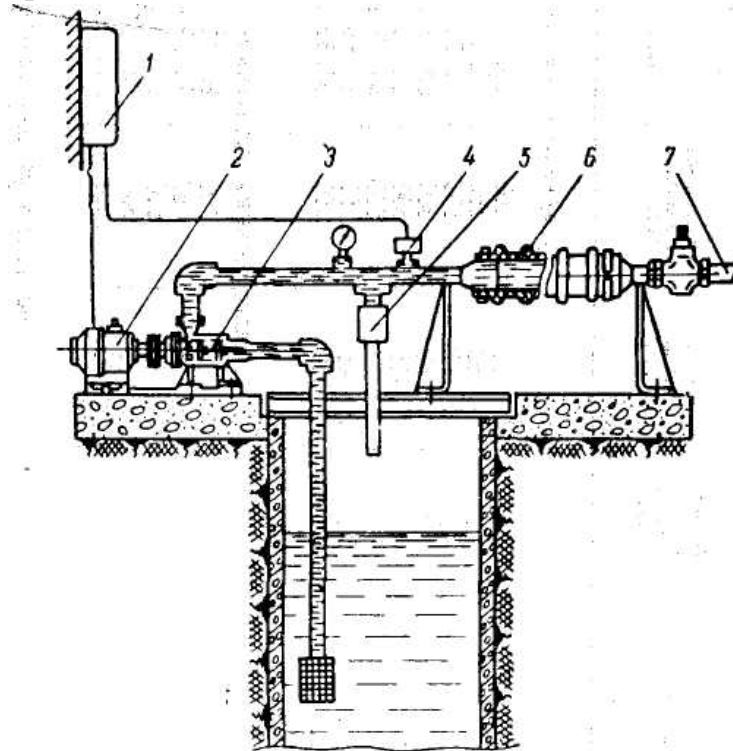
При достижении водой верхнего уровня в резервуаре давлением в трубе 7 закроется клапан 6. Давление в напорном трубопроводе повышается, и реле максимального давления 2 выключит насосную установку 1. При промежуточном водоотборе 11 вода из напорной емкости 4 после отключения насоса будет подаваться через обратный клапан 9. При понижении уровня воды реле минимального давления включает насосную установку.

Помимо водонапорных башен и баков для создания напора в водопроводной сети применяются водо-воздушные котлы, давление в которых создается сжатым воздухом. В зависимости от способа поддержания давления выделяются котлы постоянного давления (компрессионные) и переменного давления (бескомпрессионные). В установках с постоянным давлением воздух из специального резервуара, в котором давление поддерживается автоматизированным компрессором, поступает в водо-воздушный котел. В установках с переменным давлением пополнение воздуха в котле обеспечивается либо при опорожнении и соединении котла с атмосферным давлением, либо специальными регулирующими устройствами.



*Рис. 38. Бескабельная система управления насосной станцией*

Схема другой автоматической установки, в которой в качестве напорно-регулирующего резервуара использована упругая емкость из эластичного материала, приведена на рисунке 39, где 1 - станция управления; 2 - электродвигатель; 3 - насос; 4 - реле давления; 5 - сливное устройство, 6 - упругая емкость; 7 - напорный трубопровод. При расходе воды, меньшем подачи насоса, емкость 6 будет увеличиваться в объеме и реле давления 4 отключит электродвигатель насоса. Вода к потребителю будет поступать под давлением эластичной емкости, и при понижении давления реле вновь включит электродвигатель.



*Рис. 39. Автоматизированная насосная установка с напорной эластичной емкостью*

В ВоГТУ разработано новое устройство для эксплуатации скважин. Это устройство (рис. 40) состоит из погружного электронасоса 1, опущенного в скважину 2 под динамический уровень воды, водоподъемной трубы 3 с электрифицированной задвижкой 4 и со встроенным в стенку трубы 3 датчиком 5 давления. Блок 6 управления предназначен для управления работой насоса 1 и задвижки 4. Устройство транспортирует воду в регулируемую емкость 7, оборудованную датчиками 8 уровней воды и связанную системой электрических кабелей 9 с блоком 6 управления.

Датчик давления (рис.41) состоит из металлического корпуса .10, левой 11 и правой 12 металлических крышек. К крышкам примыкают упругие элементы 13 и 14, причем упругий элемент 33 предназначен для восприятия давления внутри водоподъемной трубы, а упругий элемент 14 воспринимает

давление, характеризующее динамический уровень воды в скважине. К упругим элементам 13 и 14 приклеены измерительные тензорезисторы 15 и 16 соответственно. Между упругими элементами и крышками 11 и 12 имеются резиновые прокладки 17 и 18 соответственно, предназначенные для равномерной передачи давлений на упругие элементы.

Кроме того, датчик имеет опционные тензорезисторы 19, предназначенные для исключения влияния температуры на точность измерения давления. Выступ с резьбой 20 предназначен для прикрепления датчика к водоподъемной трубе. В датчике имеются отверстия 21 и 22, предназначенные для передачи соответствующих давлений на упругие элементы 13 и 14 и отверстие 23 для вывода кабеля из датчика. Отверстие 23 для герметизации заделывается эпоксидной смолой.

Блок управления (рис. 42) состоит из датчика давления 24, преобразователя давления 25 внутри трубы 3, блока 26 управления задвижкой, задвижки 4, преобразователя 27 сигнала давления снаружи водоподъемной трубы 3, блока 28 управления насосом, насоса 1, блока 29 коммутации, датчика 8 уровня воды в регулирующей емкости 7 и регистраторов 30 и 31.

Перед началом работы задвижка 4 на водоподъемной трубе 3 закрыта. С повышением уровня воды в скважине 2 до установленного значения и при разрешающем сигнале от регулирующей емкости 7 включается насос 1. Сразу же внутри трубы устанавливается максимальное давление, так как задвижка 4 на водоподъемной трубе остается закрытой. При этом, нулевой расход воды исключает пескование скважины. По сигналу включения насоса задвижка 4 начинает работать на открывание. При этом плавное увеличение расхода, воды от нуля гарантирует мягкий переход режима на всасывании и постепенное снижение давления внутри трубы. Когда давление внутри трубы снизится до установленной величины, соответствующей максимальному коэффициенту полезного действия насоса (принятому по характеристике, имеющейся в паспорте насоса, или полученному на основании испытаний насоса) дальнейшее открытие задвижки прекращается и устанавливается оптимальный режим работы скважины. Когда уровень воды в скважине снизится до установленного значения, преобразователь 6 сигнала давления снаружи водоподъемной трубы отключит насос 1, от чего задвижка 4 на трубе автоматически закроется.

Данное устройство позволяет в автоматическом режиме осуществлять все операции, остановкой насоса и регулированием режима эксплуатации скважины. При этом поддерживается оптимальный режим работы насоса с максимальным использованием его коэффициента полезного действия и предотвращается возможность пескования скважины в начальный период работы насоса.

Для группы неглубоких скважин (глубина примерно до 50 м) можно использовать также разработанную в ВоГТУ новую эжекторно насосную конструкции. группового водозабора.

При использовании этой конструкции обеспечивается высокая надежность всей системы, снижается строительная стоимость за счет того, что не требуется устройство сборного колодца, прокладка сборного водовода возможна на небольших глубинах или на поверхности земли, уменьшается количество задвижек и других видов арматуры и уменьшаются эксплуатационные затраты за счет обеспечения работы устройства в автоматическом режиме.

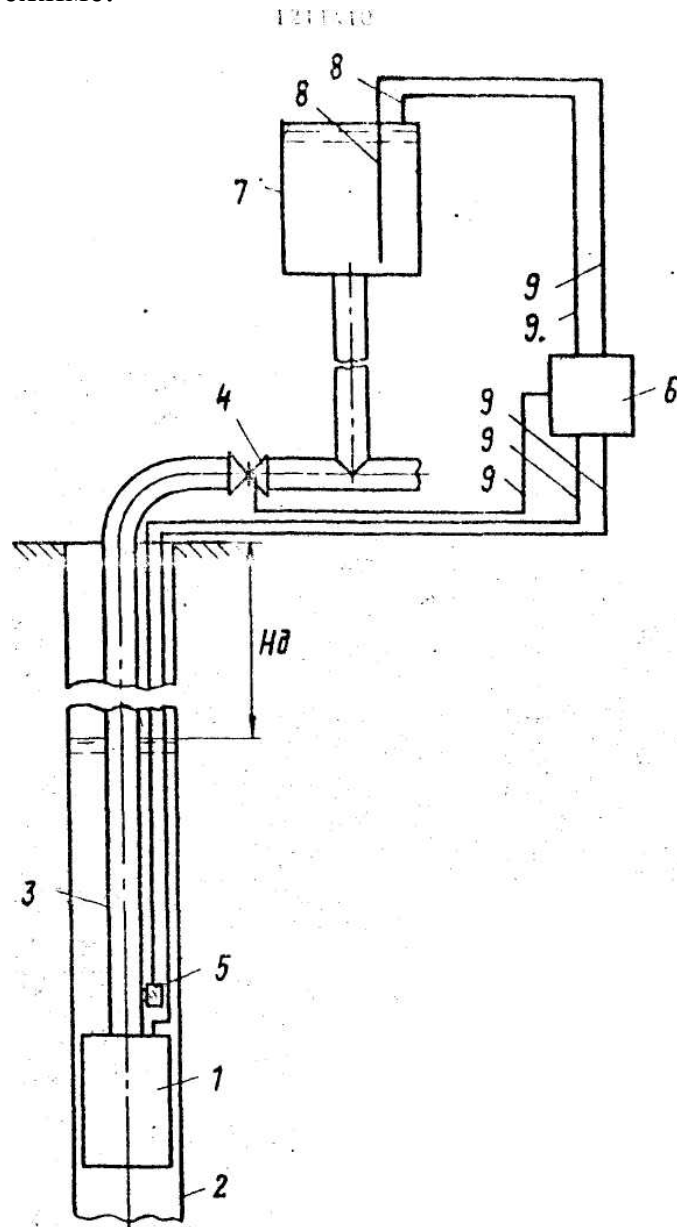


Рис. 40. Устройство для эксплуатации скважин..

Рис. 41. Датчик давления.

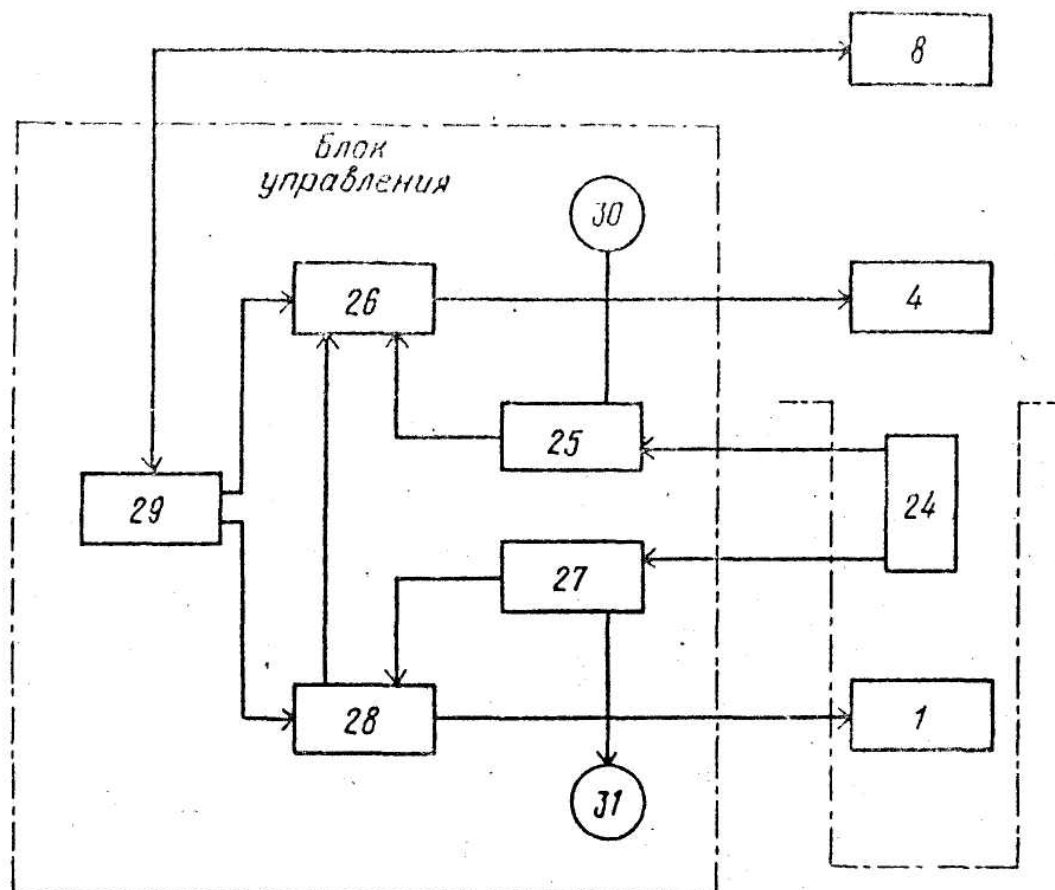


Рис. 42. Блок управления.

## Заключение

В учебном пособии приведены методики, информационные материалы, схемы, рисунки и сведения, необходимые студентам для изучения отдельных разделов теоретического курса дисциплины «Строительство и эксплуатация водозаборных скважин», а также для выполнения практических работ и курсового проекта по этой дисциплине. Пособие содержит информацию, которая потребуется студентам специальностей 280302- комплексное использование и охрана водных ресурсов и 280402 – природоохранное обустройство территорий для выполнения разделов дипломных проектов и работ: «Технология, организация и производство работ»; «Зоны санитарной охраны водозаборов для добывания подземных вод»; «Эксплуатация и автоматизация водозаборных скважин».

При составлении учебного пособия были использованы сведения из технической литературы и нормативных документов, опубликованных за период с 1997 года по 2007 год. Кроме того, в пособии приведены сведения о научных и технических разработках, выполненных в ВоГТУ.

## Библиографический список

- 1 Гуринович, А.Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами: планирование, проектирование, строительство и эксплуатация / А.Д. Гуринович. – Минск: Технопринт, 2004.– 247с.
2. Москвитин, А.С. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений / А.С. Москвитин.– Подольск: Технология, 2007.– 405с.
- 3.Яковлев, С.В. Комплексное использование водных ресурсов: учебное пособие для студентов вузов /С.В. Яковлев, И.Г. Губий, И.И. Павлинова, В.Н. Родин.– М.: Высш. школа, 2005.– 348с.
4. Поляков, Л.В. О новых подходах к решению проблем обеспечения России питьевой водой / Л.В. Поляков, Н.П. Фрог // Мелиорация и водное хозяйство.– 2005.– №2. – С.19-22
- 5.Онищенко Г.Г. О состоянии питьевого водоснабжения в Российской Федерации/ Г.Г. Онищенко// Здравоохранение Российской Федерации.–2005.– №3.– С. 3-7
6. Самойлов, В.С. Колодцы, скважины , водопроводные сети. / В.С. Самойлов, В.С. Левадный. – Б,м: Аделант, 2007.–352с. –Режим доступа: // <http://sigla/rsl.ru>
7. Гальперин, М.В. Экологические основы природопользования: учебник / М.В. Гальперин. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 256 с.
8. Чудновский, С.М. Водозаборы для комплексного использования и охраны водных ресурсов: учебное пособие / С.М. Чудновский, А.В. Зенков. – Вологда: ВоГТУ, 2007. – 95с.
- 9.Курганов, А.М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения /А.М. Курганов.– М.: СПб: АСВ. 1998.– 246с.
10. Водозаборно-очистные сооружения и устройства: учеб. пособие для студентов вузов /М.Г.Журба, Ю.И.Вдовин, Ж.М.Говорова, И.А.Лушкин.–М.: АСТ, 2003.– 569с.
11. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.1110 - Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно- питьевого назначения. – М.: Стройиздат, 2002.– 11с.
- 12.Чудновский, С.М. Проектирование водозаборных скважин: учебное пособие/ С.М. Чудновский – Вологда: ВоГТУ, 1997. – 56с.
13. Строительные нормы и правила. СНиП 1.02.01-85. Инструкция о составе разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. – Введ. 01.01.85.– М.: Стройиздат,1985. – 85с.
14. Смагин, В.Н. Курсовое и дипломное проектирование по сельскохозяйственному водоснабжению / В.Н Смагин, К.А.Небольсина В.М. Беляков. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336с.
15. Суреньянц, С.Я. Эксплуатация водозаборов подземных вод / С.Я.Суреньянц, А.П. Иванов. – М.: Стройиздат,1989.– 80 с.

16. ГОСТ 17.1.1.02-77. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Классификация водных объектов.- Введ.01.07.77. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 10с
17. ГОСТ 17.1.1.04-80. Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования.- Введ.1.01.81.–М.: Изд-во стандартов,1980.– 9с.
18. ГОСТ 17.1.1. 01-77 Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.- Введ.01.07.77.– М.: Изд-во стандартов. 1977.–10с.
19. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод (к СНиП 2.04.02-84) /ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР.– М.: Стройиздат,1989. – 272с.
20. Правила технической эксплуатации систем сельскохозяйственного водоснабжения. ВСН-Э-5-77.–М.,1977.– 271с
21. Сафонов, Н.А.. Сельскохозяйственное водоснабжение /Н.А. Сафонов., В.М.Сивак, А.Н. Сафонов.– Киев: Выща школа,1988.– 224с.
22. Плотников, Н.А Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод /Н.А Плотников, В.С.Алексеев.– М.: Стройиздат,1990. – 256с.
- 23.Логинов, В.П.Краткий справочник по сельскохозяйственному водоснабжению / В.П. Логинов, Л. М. Шуссер; под ред. В.С.Оводова. – М. Колос,1974.– 288с.
24. Чудновский, С.М. Основные термины, условные обозначения и единицы измерений по курсу « Сооружение и эксплуатация водозаборных скважин»: методические указания / С.М. Чудновский. – Новочеркасск: НИМИ, 1979.– 23с.
25. ГОСТ 2761-84 Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила.– Введ. 01.01.85.– М.; Изд-во стандартов,1985.– 36 с.
26. Логинов, В.П. Справочник по сельскохозяйственному водоснабжению/ В.П. Логинов, Л.М. Шуссер; под ред. В.С. Оводова. – М.: Колос, 1980.-287с.
27. Гусев, С.Н Водоснабжение на базе артезианских скважин / С.Н Гусев, К.А.. Небольсина. – М.: Колос, 1976.–119с.
28. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02-84: введ.01.01.86.– М.: Стройиздат, 1985.–132с.
29. Пат. 2190730 Российская Федерация. Устройство для добывания воды из группы шахтных колодцев/В.Н. Трапезников, С.М. Чудновский : заявитель и патентообладатель Вологодский гос. тех. ун.-т.- Оpubл. 27.01.04.- Бюл. N 33-с.7.
30. Эксплуатация и ремонт систем сельскохозяйственного водоснабжения: справочник /сост. Г.А.Волховский.– М.: Россельхозиздат, 1982.–224с.
31. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: справочник.– Л: Стройиздат,1988.–383с.
32. Эксплуатация систем водоснабжения и канализации: учеб. пособие /М.И.Алексеев, Б.Г.Мишуков, В.Д.Дмитриев.– М.: Высш. школа,1993.–272с.

33. Бородачев, П.Д. Водоснабжение животноводческих ферм и комплексов / П.Д. Бородачев, В.М. Усаковский. – М.: Россельхозиздат, 1972. – 264с.
34. А.с. 1211410 СССР. Устройство для эксплуатации скважин/ В.И. Лукьянов, С.М. Чудновский, А.П. Таран, Ю.В. Львов, В.И. Тюкин: заявитель Вологодский политехнический институт. – Оpubл. 15.02.86. Бюл. №6-с.5.
35. Тараканова, В.В. Восстановление эксплуатационных свойств водозаборных скважин методами ультразвукового воздействия/ В.В. Тараканова// Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 3. – С. 13-17
36. Агеев, Б.Д. Электрогидроимпульсное восстановление производительности артезианских скважин / Б.Д. Агеев // Промышленная энергетика. – 2004. – №1. – С. 30.
37. Сердюк, Н.И. Оптимизация процесса эксплуатации водозаборных скважин/ Н.И. Сердюк// Экологические системы и приборы. – 2005. – № 3. – С. 8-11
38. Седлуха, С.П. Расчет и анализ работы скважинного водозабора / С.П. Седлуха // Вода и экология, проблемы и решения. – 2002. – №2. – С. 16-21
39. Беляев, Н.Н. Ударно-вакуумная обработка артезианской скважины / Н.Н. Беляев // Водоснабжение и санитарная техника. – 1999. – №6. – С. 28

## Оглавление

|                                                                                   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---|
| Введение.....                                                                     | 3 |
| ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ                                    |   |
| 1.1. Краткие сведения о подземных водах.....                                      | 4 |
| 1.2. Основные понятия о водозаборных скважинах                                    |   |
| 1.3. Основные термины, определения и обозначения                                  |   |
| 1.4. Выбор местоположения скважинного водозабора                                  |   |
| 1.5. Порядок проектирования водозаборных скважин                                  |   |
| 1.6. Исходные данные для проектирования.                                          |   |
| ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКВАЖИННОГО ВОДОЗАБОРА.                                   |   |
| 2.1. Построение проектного геолого-технического разреза.                          |   |
| 2.2. Выбор водоносного пласта                                                     |   |
| 2.3. Определение количества скважин                                               |   |
| 2.4. Расположение скважин                                                         |   |
| 2.5. Гидравлический расчет одиночной скважины                                     |   |
| 2.6. Расчет группы взаимодействующих скважин                                      |   |
| 2.7. Схемы конструкций скважин                                                    |   |
| 2.8. Выбор насосного агрегата                                                     |   |
| 2.9. Выбор конструкции водоприемной части скважины                                |   |
| 2.10. Проектирование водоприемной части бесфильтровой скважины                    |   |
| 2.11. Конструкции фильтров водозаборных скважин.                                  |   |
| 2.12. Расчет фильтров водозаборных скважин.                                       |   |
| 2.13. Разработка конструкции скважины ударно-канатного бурения                    |   |
| 2.14. Разработка конструкции скважины роторного бурения                           |   |
| ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН. |   |
| 3.1. Основные характеристики горных пород.                                        |   |
| 3.2. Условия применения различных способов бурения                                |   |
| 3.3. Техничко-экономическое обоснование выбора способа бурения                    |   |
| 3.4. Технология ударно-канатного бурения                                          |   |
| 3.5. Технология роторного бурения                                                 |   |
| 3.6. Промывка скважин                                                             |   |
| 3.7. Цементирование затрубного пространства скважин                               |   |
| 3.8. Герметизация водоприемной части скважины                                     |   |
| 3.9. Наблюдения в процессах бурения                                               |   |
| 3.10. Опробование водоносных пластов. Применение эрлифтов                         |   |
| 3.11. Дезинфекция скважин                                                         |   |
| ГЛАВА 4. ЗОНЫ САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН                              |   |
| 4.1. Назначение зон санитарной охраны                                             |   |
| 4.2. Устройство зон санитарной охраны                                             |   |
| 4.3. Режимы зон санитарной охраны                                                 |   |
| 4.4. Расчеты зон санитарной охраны.                                               |   |
| ГЛАВА 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН                                        |   |
| 5.1. Приемка скважин в эксплуатацию                                               |   |

- 5.2. Техническое обслуживание водозаборных скважин
- 5.3. Наблюдения за состоянием подземных вод
- 5.4. Техническое обслуживание погружных электронасосов
- 5.5. Ремонт скважин
- 5.6. Восстановление дебита скважин
- 5.7. Автоматическое управление работой скважины
- Заключение
- Библиографический список