

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Экология и рациональное использование
водных ресурсов»**

В. Л. ГРУЗИНОВА

ВОДОЗАБОРЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Учебно-методическое пособие

Гомель 2016

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Экология и рациональное использование
водных ресурсов»

В. Л. ГРУЗИНОВА

ВОДОЗАБОРЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

*Одобрено учебно-методической комиссией
строительного факультета в качестве учебно-методического пособия
по выполнению курсового проекта
«Водозаборные сооружения из поверхностного и подземного источников»*

Гомель 2016

УДК 628.1.036(075.8)

ББК 26.35

Г90

Р е ц е н з е н т –зав. кафедрой геологии и географии
канд.геогр.наук,доцент*А. И. Павловский*(УО «ГГУ
им. Ф. Скорины»)

Грузинова, В. Л.

Г90 Водозаборы из подземных источников : учеб.-метод. пособие / В. Л. Грузинова; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2016. – 26 с.
ISBN 978-985-554-501-0

Приведены теоретические основы проектирования артезианских скважин, подбора насосного и фильтровального оборудования, рекомендации по выбору способа бурения скважин, необходимые для выполнения курсового проекта на тему «Водозаборные сооружения из поверхностного и подземного источников».

Предназначено для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов».

УДК 628.1.036(075.8)

ББК 26.35

ISBN 978-985-554-501-0 © Грузинова В.Л., 2016

© Оформление. УО «БелГУТ», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ВЫБОР НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СКВАЖИНЫ	4
2 ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ВОДОПРИЕМНОЙ ЧАСТИ СКВАЖИНЫ.....	6
2.1 Конструкции фильтров водозаборных скважин.....	10
2.2 Проектирование водоприемной части бесфильтровой скважины	17
3 СХЕМЫ КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИН	18
3.1 Условия применения различных способов бурения.....	24
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	26

ВВЕДЕНИЕ

Водозаборные сооружения относятся к важнейшим элементам систем водоснабжения, так как от их конструктивного решения, расположения на местности и условий работы в процессе эксплуатации зависит надежность всей системы водоснабжения и ее технико-экономические показатели. Особое значение при этом приобретает вопрос выбора источника водоснабжения, учет его природных факторов, возможность получения из него требуемого количества воды, влияние водоотбора на других потребителей и на окружающую среду. Таким образом, при проектировании водозаборных сооружений решается не только инженерная задача по устройству сооружений, но и вопросы комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Водозаборные сооружения» способствует получению студентом навыков расчета и проектирования артезианской скважины на основе теоретических знаний, полученных за время обучения. В ходе выполнения курсового проекта студент применяет знания, полученные при изучении курсов гидравлики, инженерной геологии, гидрологии, насосных и воздухоподъемных станций.

1 ВЫБОР НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СКВАЖИНЫ

В большинстве случаев артезианские скважины оборудуют погружным электронасосом, опускаемым под динамический уровень воды. Выбор погружного электронасоса производится по расчетным параметрам их производительности Q и напора H . По расчетным значениям в соответствии с таблицей 1, а также по каталогу насосов Wilo принимается марка погружного центробежного насоса.

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, мм, т.е. 150 мм; 70 – подача, м³/ч; 110 – напор, м.

Таблица 1 – Технические характеристики погружных центробежных насосов

Марка	Характеристика					
	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Масса, кг	Мощность, кВт	Частота вращения вала, об/мин	Напряже- ние, В
ЭЦВ4-1,6-30	1,6	30	5,9	0,4	2820	220
ЭЦВ4-1,6-50	1,6	50	6,8	0,7	2820	220
ЭЦВ4-1,6-65	1,6	65	7,4	1,0	2840	380
ЭЦВ4-1,6-85	1,6	85	8,1	1,0	2840	380
ЭЦВ4-1,6-130	1,6	130	22	1,6	2840	380
ЭЦВ4-4-30	4,0	30	7	0,7	2840	220
1ЭЦВ4-4-45	4,0	45	7	1,0	2840	380
1ЭЦВ4-4-70	4,0	70	8,5	1,6	2840	380
ЭЦВ5-4-125	4,0	125	15	2,8	2850	380
ЭЦВ5-6,3-80	6,3	80	15	2,8	2850	380
ЭЦВ5-4-90	4,0	90	30	2,8	2850	380
ЭЦВ6-4-130	4,0	130	42	2,8	2850	380
ЭЦВ6-4-190	4,0	190	52	4,5	2850	380
2ЭЦВ6-6,3-85	6,3	85	30	2,8	2850	380
1ЭЦВ6-6,3-125	6,3	125	42	4,5	2850	380
3ЭЦВ6-6,3-60	6,3	60	24	2,0	2850	380
3ЭЦВ6-6,3-85	6,3	85	29	2,8	2850	380
3ЭЦВ6-6,3-125	6,3	125	36	4,5	2850	380
1ЭЦВ6-10-50	10	50	25	2,8	2850	380
ЭЦВ6-10-80	10	80	29	4,5	2850	380
1ЭЦВ6-10-80	10	80	25	4,5	2850	380
ЭЦВ6-10-110	10	110	34	5,5	2850	380
1ЭЦВ6-10-140	10	140	44	8,0	2850	380
1ЭЦВ6-10-185	10	185	54	8,0	2850	380
ЭЦВ6-10-235	10	235	66	11	2850	380
3ЭЦВ6-16-50	16	50	28	4,5	2850	380
3ЭЦВ6-16-75	16	75	34	5,5	2850	380
3ЭЦВ8-16-140	16	140	65	11	2850	380
1ЭЦВ8-25-100	25	100	38	11	2850	380
ЭЦВ8-25-150	25	150	63	16	2850	380
ЭЦВ8-25-195	25	195	69	22	2900	380
1ЭЦВ8-25-300	25	300	268	32	2900	380
ЭЦВ8-40-65	40	65	95	11	2850	380
ЭЦВ8-40-165	40	165	172	32	2900	380
ЭЦВ10-63-40Г	63	40	84	11	2850	380
1ЭЦВ10-63-65	63	65	86	22	2900	380
ЭЦВ10-63-110	63	110	148	32	2900	380
1ЭЦВ10-63-110	63	110	100	32	2900	380
1ЭЦВ10-63-150	63	150	130	45	2900	380
1ЭЦВ10-63-180	63	180	136	45	2900	380
ЭЦВ10-63-270	63	270	345	65	2900	380
ЭЦВ10-120-40Г	120	40	77	22	2900	380
1ЭЦВ10-120-60	120	60	116	32	2900	380

Окончание таблицы 1

Марка	Характеристика					
	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Масса, кг	Мощность, кВт	Частота вращения вала, об/мин	Напряжение, В
ЭЦВ10-160-35Г	160	35	100	22	2900	380
ЭЦВ10-160-65	160	65	138	45	2900	380
ЭЦВ12-160-65	160	65	110	45	2920	380
ЭЦВ12-160-100	160	100	170	65	2920	380
ЭЦВ12-160-140	160	140	192	90	2920	660
ЭЦВ12-210-25	210	25	60	22	2900	380
ЭЦВ12-210-55	210	55	105	45	2920	380
2ЭЦВ12-210-85	210	85	181	65	2920	380
ЭЦВ12-210-145	210	145	288	125	2920	660
ЭЦВ12-255-30Г	255	30	68	32	2900	380
ЭЦВ12-375-30	375	30	70	45	2920	380
1ЭЦВ14-120-40К	120	540	893	250	2920	380
ЭЦВ14-210-300К	210	300	700	250	2920	380
ЭЦВ16-375-175К	375	175	585	250	2920	380
ЭЦВ16-3000-1000	125	1000	1300	126	2970	380

2 ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ВОДОПРИЕМНОЙ ЧАСТИ СКВАЖИНЫ

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

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 2.

Таблица 2 – Выбор 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, блочный
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	Неглинистая	Сетчатый фильтр с сеткой квадратного плетения, проволоочный
	Глина плотная мощностью более 10 м	Бесфильтровая скважина

Окончание таблицы 2

Характеристика водоносных пластов	Характеристика кровли	Тип скважинного фильтра
Гравелистый песок с 50 % диаметром частиц 2–5 мм	Неглинистая	Трубчатый фильтр с круглой перфорацией, каркасно-стержневой
	Глина плотная мощностью более 10 м	Бесфильтровая скважина
Скальные и полускальные породы с 50 % диаметром частиц более 5 мм	Любая	Трубчатый фильтр с круглой перфорацией

Бесфильтровые скважины устраивают в устойчивых или в рыхлых водоносных породах. Если для устройства водоприемной части в устойчивых водоносных породах не требуется каких-то особых условий, то для устройства бесфильтровой водоприемной части скважины в рыхлых породах требуется ряд условий:

- наличие мощной и прочной кровли – толщи устойчивых пород, перекрывающих водоносные пески (известняки, песчаники, мергели и др.) или искусственное укрепление кровли;

- водоносный горизонт должен обладать достаточным напором;

- возможность точной фиксации глубины залегания и мощности пород кровли намечаемого к эксплуатации водоносного горизонта.

Водоприемная часть бесфильтровой водозаборной скважины в рыхлых породах представляет собой воронку (каверну) под устойчивыми, перекрывающими водоносные пески, породами. Дебит скважины в основном зависит от радиуса воронки и в меньшей степени от ее глубины.

В переслаивающихся толщах пород (переслаивание рыхлых песков и плотных пород) можно проектировать и сооружать бесфильтровые скважины с несколькими кавернами вдоль ствола скважины.

Бесфильтровые водозаборные скважины в рыхлых породах отличаются максимальными удельными дебитами, малой металлоемкостью и более низкими эксплуатационными затратами.

При проектировании бесфильтровых скважин в рыхлых водоносных породах следует учитывать следующие обстоятельства:

- водозаборные скважины могут сооружаться только в напорных водоносных горизонтах;

- погружной насос должен устанавливаться выше воронки, динамический уровень в процессе эксплуатации скважины не должен доходить до кровли воронки.

Фильтровые скважины. Гидрогеологические условия чаще всего обуславливают необходимость оборудования водозаборных скважин фильтра-

ми, основное назначение которых заключается в том, чтобы удерживать стенки скважин от обрушения, обеспечивая при этом свободный пропуск воды в ствол скважины. Фильтр водозаборной скважины в рыхлых неустойчивых породах предназначен для задержания частиц породы водоносного горизонта.

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.

Учитывая длительность работы скважины, интенсивность водоотбора, качество подземных вод и режим работы водозаборной скважины, фильтры должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать поступление воды в скважину с минимальными гидравлическими сопротивлениями;

- обладать необходимой механической прочностью, обеспечивающей установку фильтров на проектную глубину с учетом допустимой нагрузки от импульсного воздействия для разрушения кольматирующих отложений;

- обеспечивать поступление воды в скважину без механических примесей за исключением периода строительных откачек;

- быть устойчивыми против коррозии и инкрустации (солеотложения);

- гарантировать долговечность эксплуатации (не менее 25 лет);

- материал фильтров должен быть безопасным в санитарно-гигиеническом отношении для использования в питьевом водоснабжении;

- обеспечивать ремонтпригодность фильтров с применением устройств по их регенерации химическими, механическими, импульсными и комбинированными способами;

- фильтры должны быть доступны для проведения мероприятий по восстановлению производительности скважин.

При установке фильтров во временных скважинах и в скважинах, рассчитанных на непродолжительный период работы (менее двух лет), снижаются требования к материалам и их антикоррозионной защите, одновременно допустимо уменьшение скважности и размеров проходных отверстий.

Тип фильтра следует подбирать таким образом, чтобы коэффициент водопроницаемости его был бы равен или превышал коэффициент водопроницаемости водоносных пород или гравийных обсыпок. Размеры проходных отверстий фильтров принимают в зависимости от крупности частиц водоносной породы d_{10} , d_{50} и d_{60} –размеровчастиц, которых в водоносном

пласте содержится меньше соответственно 10, 50, 60% по массе, а также в зависимости от величины коэффициента неоднородности породы.

Фильтровая колонна состоит из рабочей (водоприемной) части, надфильтровой трубы и отстойника. **Длину рабочей части фильтра** для получения максимально возможного дебита теоретически следует выбирать исходя из следующих условий:

а) однородный напорный водоносный горизонт:

1) при мощности водоносного пласта до 20 м длина фильтра должна составлять 80–90 % мощности пласта;

2) более 20 м – 80% мощности пласта;

б) неоднородный напорный водоносный горизонт: фильтр следует устанавливать в наиболее водопроницаемом участке водоносной толщи, определенном на основе геофизических данных, ситовых анализов, телевизионных или фотографических работ, лабораторных определений коэффициента фильтрации водоносного пласта;

в) однородный безнапорный водоносный горизонт: фильтр следует устанавливать ниже 1/3 водоносной формации;

г) неоднородный (с частым переслаиванием) безнапорный горизонт: фильтр следует устанавливать у основания формации, в песках с наибольшим коэффициентом фильтрации, на 1/3 мощности водоносного горизонта.

При расчете фильтров определению подлежит их длина, диаметр, скважность и размер проходных отверстий. Перечисленные параметры фильтра определяются с таким расчетом, чтобы входные скорости не превышали 1,5–2 м/мин.

Диаметр фильтра устанавливается исходя из проектного дебита скважины с учетом возможности при необходимости устройства гравийной обсыпки. Диаметр каркаса фильтра следует принимать не менее **100–150 мм** с целью возможности выполнения различных ремонтных работ. Скорость движения воды в водоподъемных трубах не должна превышать 1,5–2 м/с.

Рабочую часть фильтра следует устанавливать на расстоянии от кровли и подошвы водоносного пласта не менее 0,5–1 м.

Длина надфильтровых труб зависит от конструкции, глубины, дебита скважины и литологического состава водоносного горизонта:

а) когда фильтр установлен на общей колонне, т.е. на колонне, доведенной до устья скважины, длина направляющей колонны максимальная (в этом случае надфильтровая труба одновременно является эксплуатационной колонной);

б) когда фильтр установлен впотай, верхняя часть надфильтровой трубы должна находиться:

1) при глубине скважины до 50 м – выше башмака эксплуатационной колонны не менее чем на 3 м;

2) при глубине скважины более 50 м – выше башмака эксплуатационной колонны не менее чем на 5 м;

3) при любой глубине скважины, если водоносный горизонт представлен плывунами и мелкозернистыми песками – не менее 5 м.

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

Длина отстойников в фильтровых колоннах, как правило, должна приниматься **0,5–1 м и не более 2 м**. Отстойник в основном предназначен для закрепления приспособлений для извлечения фильтров, а также для задержания частиц водоносной породы.

2.1 Конструкции фильтров водозаборных скважин

Фильтры каркасно-стержневые. Наиболее рациональными, обладающими рядом технико-экономических преимуществ по сравнению с другими конструкциями фильтров, являются каркасно-стержневые фильтры. Одинарная фильтрующая поверхность (профилированная проволока) доступна для химической и механической очистки, так как отсутствуют мертвые пространства между фильтрующей и опорной поверхностями. Такие фильтры рекомендуется применять в скважинах глубиной до 200 м.

Фильтры каркасно-стержневые ФКС изготавливаются из стержней прутковой стали марок Ст3, Ст5 и Ст7 (в агрессивной водной среде – из нержавеющей стали), приваренных по образующей к соединительным патрубкам и опорным кольцам по длине фильтра для жесткости каркаса. Основные параметры фильтров каркасно-стержневых приведены в таблице 3 и на рисунке 1.

Таблица 3 – Основные параметры каркасно-стержневых фильтров

Наименование параметра	Значение параметра, мм									
Наружный диаметр фильтра, D_{ϕ}	109	122	151	170	196	247	305	357	413	462
Диаметр патрубков и опорных колец, D_{Π}	89	102	127	146	168	219	273	325	377	426
Длина патрубка	верхнего, $l_{\text{в}}$	200	200	300	300	300	300	300	300	300
	нижнего, $l_{\text{н}}$	150	150	200	200	200	200	200	200	200
Ширина опорного кольца, b	30	30	30	30	30	30	30	30	50	50
Расстояние между кольцами, a	200	200	200	200	250	250	300	300	350	350
Диаметр стержня, $d_{\text{с}}$	10	10	12	12	14	14	16	16	18	18
Количество стержней	8	8	10	12	14	16	16	20	24	32

Фильтры трубчатые стальные с отверстиями (щелевыми ФТСЦ или круглыми ФТСК). Фильтры выполняют из стальных труб: обсадных – по ГОСТ 632, электросварных – по ГОСТ 10706, стальных бесшовных – по ГОСТ 8732. Длина фильтра не должна превышать 5 м.

Отверстия (круглые или щелевые) выполняются в трубах в шахматном порядке. Щелевые отверстия должны иметь ширину 10–30 мм и длину 30–100 мм и располагаться продольно по длине трубы. Расстояния между щелями по горизонтали рассчитывается исходя из параметров щели и принятой скважности фильтра с учетом прочностных характеристик. Расстояния между щелями по вертикали принимается не менее 10–20 мм.

Круглые отверстия (рисунок 2) выполняются диаметром от 10 до 24 мм с расстояниями между отверстиями вдоль оси трубы $(1,55-1,7) d_{отв}$, по окружности трубы – $(2,1-3,5) d_{отв}$. Скважность фильтров с учетом прочностных характеристик не должна превышать 30 %. Фильтры должны иметь соединительную резьбу по ГОСТ 632 или фаску под сварку.

Фильтры трубчатые полимерные с отверстиями (щелевыми ФТПЦ или круглыми ФТПО). Фильтры изготавливаются

из поливинилхлоридных, полиэтиленовых и винипластовых труб. Фильтры со щелевыми отверстиями изготавливаются в соответствии с параметрами, приведенными на рисунке 3 и в таблице 4.

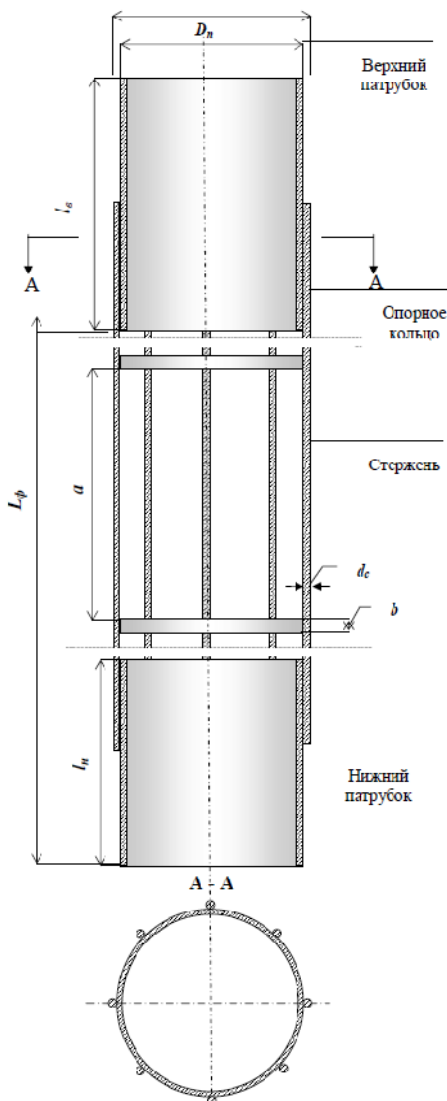


Рисунок 1 – Каркасно-стержневой фильтр

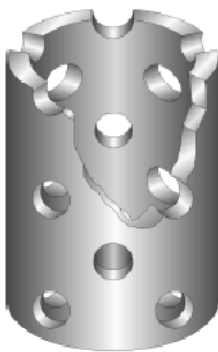


Рисунок 2 – Фильтры трубчатые стальные с круглыми отверстиями

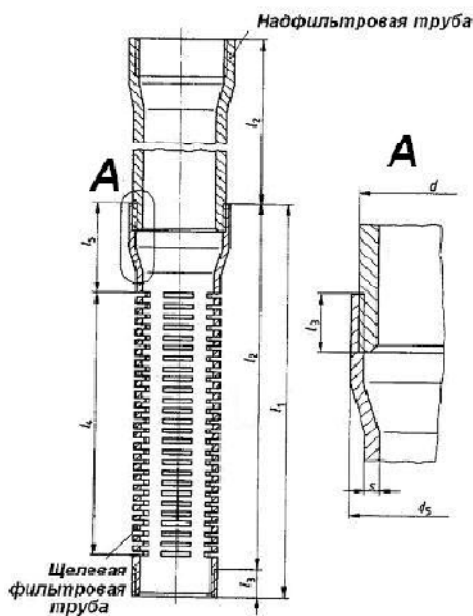


Рисунок 3 – Фильтры трубчатые полимерные со щелевыми отверстиями

Диаметры и количество отверстий фильтров из полиэтиленовых и винипластовых труб, а также взаимное расположение отверстий определяются на основании расчетов на прочность исходя из глубины установки фильтра. Соединяются фильтры с помощью муфт, сварки, на резьбе и на винтах.

Фильтры трубчатые со штампованными отверстиями ФТМ. Фильтры изготавливаются из листовой стали с толщиной листа 3–6 мм длиной 2000, 2500, 3000, 4000 и 5000 мм. Секции фильтров соединяются с помощью муфт на винтах или сваркой, а также с помощью резьбы.

Для защиты фильтров от коррозии производится их антикоррозионное покрытие материалами, разрешенными для использования в питьевом водоснабжении.

Фильтры с проволочной обмоткой. Фильтры изготавливаются на основе каркасов из каркасно-стержневых или трубчатых стальных или полимерных фильтров со щелевыми (круглыми) отверстиями (рисунок 4, таблица 5). На фильтрах трубчатых стальных с отверстиями (щелевыми или круглыми) на расстоянии от 40 до 65 мм должны устанавли-

ваться по окружности продольные стальные стержни круглого или профильного сечения с поперечным размером не менее 8–10 мм. Продольные стержни не должны перекрывать щелевые или круглые отверстия. На

фильтры навивается проволока из нержавеющей стали трапециевидного или прямоугольного сечения.

При намотке проволоки трапециевидного сечения меньшее основание должно быть обращено к наружной стенке каркаса. Проволока укладывается с зазорами между витками 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 мм с отклонениями не более 0,1 мм. Проволока должна быть закреплена от продольного перемещения любым способом.

Таблица 4 – Параметры щелевых фильтров

В миллиметрах

Условный проход D_y	Размеры							
	d	d_s	S	l_3	l_5	l_4		
						$l_2 = 2000$	$l_2 = 3000$	$l_2 = 4000$
40	48	56	3,5	25	60	880	1880	–
50	60	68	4,0	35	70	870	1870	–
80	88	98	4,0	50	80	860	1860	–
100	113	125	5,0	60	90	850	1850	–
125	140	154	6,5	60	160	1800	2800	3800
150	165	183	7,5	60	170	1770	2770	3770
200	225	247	10,0	70	180	1760	2760	3760
250	280	297	12,5	85	220	1720	2720	3720
300	330	350	14,5	85	220	1720	2720	3720
350	400	430	17,5	85	240	1700	2700	3700
400	450	485	19,5	90	240	1700	2700	3700

Таблица 5 – Параметры фильтров с проволочной обмоткой

Типоразмер секции фильтра	Диаметр, мм		Масса секции, кг	Скважность, %
	наружный	внутренний		
<i>Фильтры трубчатые перфорированные</i>				
T-5Ф1В	168	132	69	13,5–22,5
T-6Ф1В	188	152	91	13,5–19,3
T-8Ф1В	245	203	118	15,0–18,1
T-10Ф1В	299	255	168	17,6–18,5
T-12Ф1В	325	307	195	18,5
T-14Ф1В	377	359	227	18,5
T-16Ф1В	426	408	259	18,0
<i>Фильтры трубчатые с проволочной обмоткой из нержавеющей стали</i>				
ТП-5Ф2В	168	132	82	13,5–22,5
ТП-6Ф2В	188	152	106	13,5–19,3
ТП-8Ф2В	245	203	136	15,0–18,1
ТП-10Ф2В	299	255	203	17,6–18,5
ТП-12Ф2В	341	307	299	18,5
ТП-14Ф2В	391	359	266	18,5
ТП-16Ф2В	442	408	304	18,5

Окончание таблицы 5

Типоразмер секции фильтра	Диаметр, мм		Масса секции, кг	Скважность, %
	наружный	внутренний		
<i>Фильтры трубчатые с просечным листом из нержавеющей стали</i>				
ТЛ-5Ф4В	168	132	82	15–25
ТЛ-6Ф4В	188	152	107	15–25
ТЛ-8Ф4В	245	203	137	15–25
ТЛ-10Ф4В	299	255	190	15–25
ТЛ-12Ф4В	339	307	233	15–25
ТЛ-14Ф4В	391	359	259	15–25
ТЛ-16Ф4В	440	408	294	15–25
<i>Фильтры стержневые (каркасы)</i>				
С-5Ф5В	147	132	69	51,2
С-6Ф5В	194	152	77	53,8
С-8Ф5В	247	203	88	58,9
С-10Ф5В	301	255	105	62,2
С-12Ф5В	352	307	161	60,2
С-14Ф5В	405	359	178	60,8
С-16Ф5В	454	408	202	61,2
<i>Фильтры стержневые с проволоочной обмоткой из нержавеющей стали</i>				
СП-5Ф7В	178	132	80	28,8
СП-6Ф7В	200	152	89	31,1
СП-8Ф7В	251	203	103	33,5
СП-10Ф7В	307	255	136	27,5
СП-12Ф7В	359	307	158	38,7
СП-14Ф7В	411	359	180	39,1
СП-16Ф7В	460	408	200	39,2
<i>Фильтры стержневые с просечным листом из нержавеющей стали</i>				
СЛ-5Ф11В	176	132	81	15–25
СЛ-6Ф11В	198	152	90	15–25
СЛ-8Ф11В	249	203	104	15–25
СЛ-10Ф11В	303	255	122	15–25
СЛ-12Ф11В	355	307	189	15–25
СЛ-14Ф11В	407	359	210	15–25
СЛ-16Ф11В	456	308	237	15–25

Фильтры сетчатые. Фильтры сетчатые изготавливаются на основе каркасов из каркасно-стержневых или трубчатых стальных фильтров с отверстиями (щелевыми или круглыми) (рисунк 5, е). На трубчатых стальных фильтрах с отверстиями (щелевыми или круглыми) должны устанавливаться на расстоянии 40–65 мм по окружности продольные стальные стержни круглого сечения диаметром 5–8 мм. На каркас наматывается проволока из нержавеющей стали круглого сечения диаметром 2–3 мм с шагом 12–15 мм или полимерная решетка с толщиной каркаса 2–3 мм и ячейками

10×10 мм, поверх которых укладывается сетка из латуни или нержавеющей стали или полимерных материалов с размерами ячеек не более 0,1 мм. Поверх сетки может навиваться проволока диаметром 2–3 мм с шагом 20–30 мм.

Фильтры полимерные кольцевые ФПК. Фильтры изготавливаются из колец клиновидного поперечного сечения, сужающегося в направлении к оси фильтра, путем набора на стальные стержни или

перфорированные трубы, закрепляемые с двух сторон опорными фланцами с соединительными муфтами (рисунк 6, таблица 6).

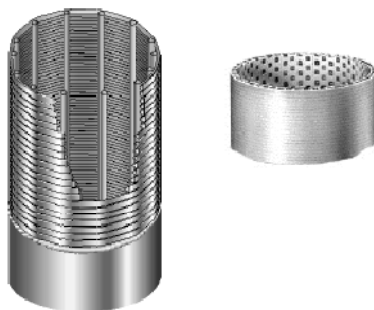


Рисунок 4 – Фильтры с проволоочной обмоткой

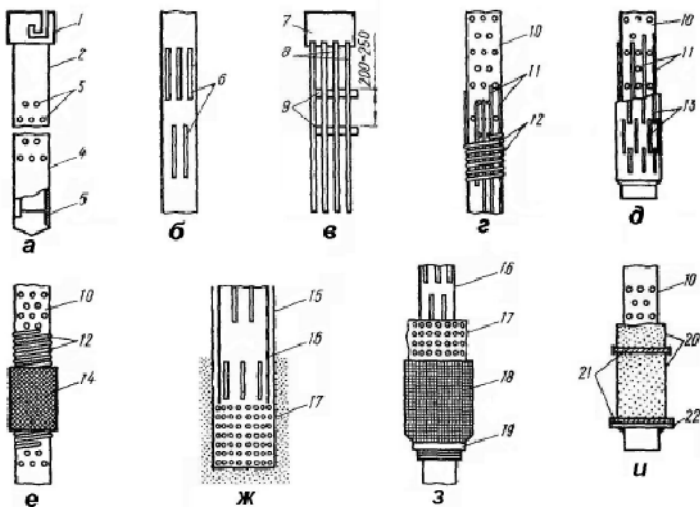


Рисунок 5 – Типы фильтров водозаборных скважин:

а – дырчатый; *б* – щелевой; *в* – каркасно-стержневой; *г* – проволоочный; *д* – с водоприемной поверхностью из штампованного стального листа; *е* – сетчатый; *ж* – гравийно-засыпной; *з* – гравийно-кожуховый; *и* – блочный; *1* – муфта с фигурным вырезом; *2* – надфильтровая труба; *3* – водоприемные отверстия; *4* – отстойник; *5* – пробка; *6* – щели; *7* – соединительный патрубков; *8* – металлические стержни; *9* – опорные пояса жесткости; *10* – дырчатый каркас; *11* – подкладные стержни; *12* – проволоочная обмотка; *13* – водоприемная поверхность из штампованного листа; *14* – сетка; *15* – обсадная труба; *16* – щелевой каркас; *17* – гравийная обсыпка; *18* – кожух из сетки квадратного сечения; *19* – хомут для крепления кожуха; *20* – фильтровые блоки; *21* – войлочная или резиновая прокладка; *22* – опорный фланец

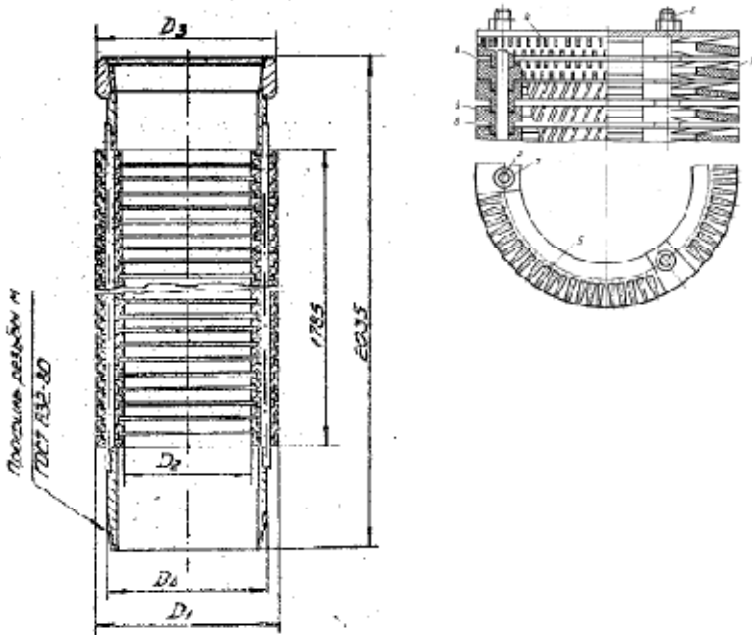


Рисунок 6 – Фильтр полимерный кольцевой:

- 1 – кольцо фильтра; 2 – стержни отверстия; 3 – крепежные отверстия; 4 – осевые канавки;
5 – радиальные канавки; 6 – распорные элементы; 7 – углубления; 8 – кольцевая щель

Таблица 6 – Параметры и размеры секции полимерного кольцевого фильтра

Диаметр, мм		Длина, мм	Ширина щели, мм	Сквозность, %	Масса, кг
наружный, D_1	внутренний, D_2				
188	140	2035	$1 \pm 0,2$	20	31,8
255	203	2035	$1 \pm 0,2$	20,5	44,4
310	260	2035	$1 \pm 0,2$	21	55,3

Кольца изготавливаются из полимерных материалов: полистирола, полипропилена и полиэтилена. Соединение секций фильтров осуществляется с помощью муфт с резьбой согласно ГОСТ 632. Кольца фильтров должны соответствовать требованиям ГОСТ 380.

Гравийные и блочные фильтры. Конструкции гравийных и блочных фильтров представлены на рисунке 5, ж–и. Максимальный размер отверстий фильтра должен приниматься равным среднему диаметру частиц слоя обсыпки d_{50} , примыкающего к стенкам фильтра, и не должен быть более минимального диаметра частиц гравийной обсыпки, примыкающей к стенкам фильтра (таблица 7).

Таблица 7 – Параметры обсыпки гравийных фильтров

В миллиметрах							
Диаметр зерен:							
минимальный	0,5	0,75	1,0	2,0	3,0	5,5	8,0
максимальный	1,0	1,5	2,0	3,0	5,5	8,0	16,0
средний	0,75	1,12	1,5	2,5	4,25	6,75	12,0
Максимальный размер отверстий фильтра	0,5	0,75	1,0	2,0	3,0	4,0	4,0

В зависимости от гранулометрического состава водоносных пород в качестве обсыпки необходимо использовать хорошо окатанные гравий, песчано-гравийные смеси и пески, которые должны поставляться калиброванными и тарированными со специальных карьеров. Такие материалы обеспечивают создание хорошо проницаемых обсыпок с минимальными входными сопротивлениями. Материал обсыпки должен быть однородным. Во всех случаях количество частиц максимального и минимального диаметра в составе обсыпки не должно превышать 10%. Материал, используемый для гравийных фильтров, должен быть незагрязненным, не содержать глинистых, пылеватых частиц и быть надежным в санитарном отношении.

Толщина каждого слоя гравийно-кожуховых фильтров должна составлять не менее 30 мм, гравийных засыпных фильтров – не менее 50 мм. Оптимальная толщина обсыпки должна составлять 150–200 мм. Минимальную ее величину следует выбирать в зависимости от размера зерен гравия и песка (таблица 8).

Таблица 8 – Соотношение размеров зерен обсыпки с толщиной ее слоя

В миллиметрах			
Размер зерен обсыпки	До 4	4–12	12–35
Толщина слоя обсыпки	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.

2.2 Проектирование водоприемной части бесфильтровой скважины

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 наличие 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 7.

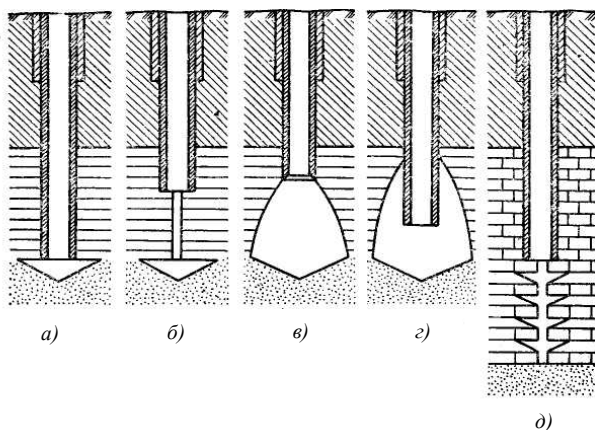


Рисунок 7 – Конструкции бесфильтровых скважин:

a – скважина с водопримной 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 водопримной каверной в переслаивающемся водоносном горизонте, воронки образованы в каждом рыхлом слое

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 работ и затрат при ремонте.

3 СХЕМЫ КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИН

Конструктивная схема водозаборной скважины с основными элементами представлена на рисунке 8.

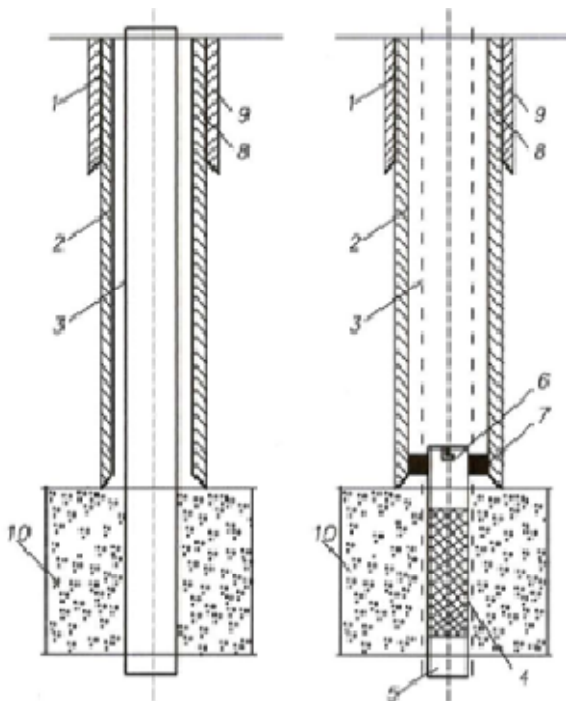


Рисунок 8 – Конструкция скважины глубиной до 30 м в рыхлых породах:

- 1–направляющая труба (кондуктор); 2 – обсадные трубы (эксплуатационная колонна труб); 3– техническая колонна труб, посаженная при бурении до забоя скважины и извлеченная после установки фильтра; 4– рабочая (водоприемная) часть фильтра; 5– отстойник; 6– надфильтровая труба; 7– цементный замок; 8– межтрубная цементация; 9– затрубная цементация; 10– водоносный горизонт

Крепление стенок скважин при бурении и на период их эксплуатации обычно выполняется обсадными стальными муфтовыми и электросварными трубами. Трубы с тонкими стенками (7–8 мм) следует применять при свободной посадке их в скважину, а с толщиной стенок 10–12 мм – при принудительной.

Крепление скважины обычно выполняется несколькими колоннами обсадных труб, при этом башмаки колонн обсадных труб, как правило, должны находиться в водоупорных породах, башмак эксплуатационной колонны – в водоносной породе. **Разницу в диаметрах предыдущей и последующей колонн обсадных труб следует принимать не менее 100 мм. Диаметр колонны обсадных труб должен быть больше наружного диаметра фильтра не менее, чем на 50 мм, а при обсыпке фильтра гравием – не менее, чем на 100 мм.**

Конструкция водозаборной скважины зависит от способа бурения, мощности пород эксплуатационного горизонта, химического состава воды, защищенности горизонта от загрязнений с дневной поверхности, водоотдачи пласта. Также на конструкцию скважины влияет и выбранный тип водоподъемного оборудования, так как от его габаритов зависит диаметр эксплуатационной колонны, а следовательно, и диаметр скважины.

При бурении скважин для разобщения пластов и предохранения стенок от обрушения ствол нужно крепить обсадными трубами. *Первая короткая обсадная труба* длиной 4–6 м, называемая направляющей, 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. Направляющая зачастую совпадает с кондуктором.

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

Последняя колонна (*эксплуатационная*) служит для размещения водоподъемного оборудования для извлечения воды на поверхность.

Схемы конструкций скважин, рекомендуемые при бурении ударно-канатным и роторным способами, приведены на рисунках 9 и 10.

При ударно-канатном способе скважина крепится одной колонной труб – эксплуатационной (рисунок 9,а); 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 (рисунок 9,б). Конструкцию скважины, показанную на рисунке 9,в, следует применять при необходимости перекрытия кондуктором первого от поверхности неэксплуатируемого водоносного горизонта.

Конструкция скважины, приведенная на рисунке 9,г, отличается от предыдущей (рисунок 9,в) 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 9,д, 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 9,е.

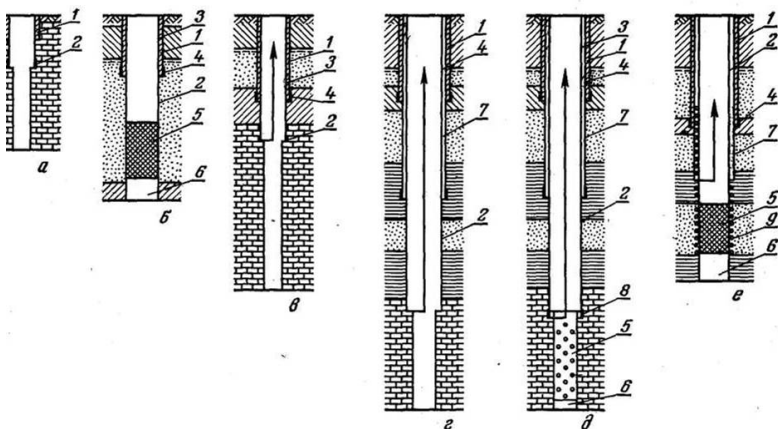


Рисунок 9 – Схемы конструкций скважин при ударно-канатном бурении:

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

При роторном способе скважину крепят двумя колоннами труб – кондуктором и эксплуатационной колонной (рисунок 10,а). Для установки в скважину водоподъемного устройства, по своим габаритам превышающего внутренний диаметр эксплуатационной колонны, следует применять конструкцию скважины, показанную на рисунке 10,б, 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 10,в.

Конструкция с двумя колоннами и фильтром, установленным в зоне водоносного горизонта, приведена на рисунке 10,г. Эксплуатационная колонна выше башмака технической колонны имеет муфту с левой резьбой, что позволяет отвернуть верхнюю часть колонны при необходимости установки насоса большего диаметра.

Схема скважины с одноколонной конструкцией и фильтром на сальнике, установленном впотай, показана на рисунке 10,д. Учитывая простоту исполнения и экономичность, эту конструкцию следует применять по возможности чаще там, где это допускают гидрогеологические условия.

Конструкция скважины, показанная на рисунке 10,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.

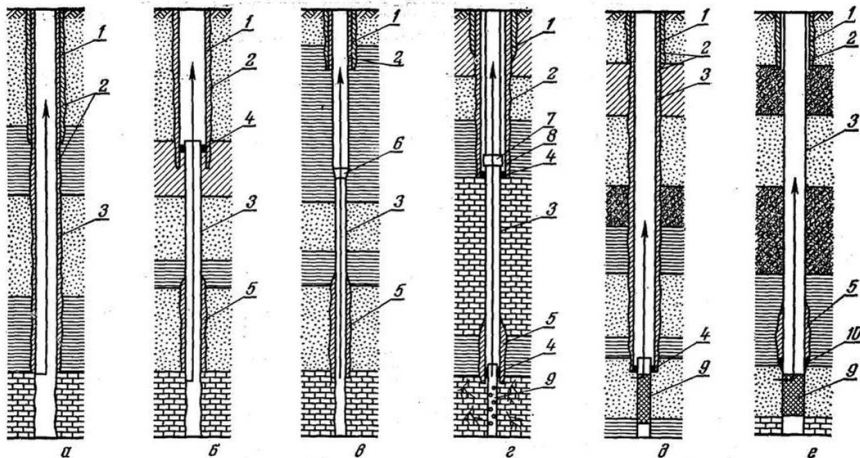


Рисунок 10 – Схемы конструкций скважин при роторном бурении:

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

Для скважин большого диаметра целесообразно применять конструкции с искусственным гравийным фильтром (рисунок 11).

При роторном бурении кондуктор можно опускать на глубину 100–200 м, а при ударном бурении – на 50 м.

Длина колонны одного диаметра должна быть:

- при ударно-канатном способе – не более 100 м;
- роторном – до 400–500 м, но не менее 3 м.

В зависимости от местных условий и оборудования устья скважины следует, как правило, располагать в наземном павильоне или подземной камере. Габариты и конструкция павильонной и подземной камер должны обеспечивать возможность размещения технологического и электротехнического оборудования, удобство его обслуживания и отбора проб воды из скважины для лабораторных исследований, защиту устья скважины от атмосферных осадков и грунтовых вод. Павильонная и подземная камеры должны иметь приемок или выпуск для воды, сливаемой при отборе проб, и соответствующий уклон пола от оголовка скважины. **Высоту наземного павильона и подземной камеры** надлежит принимать в зависимости от габаритов оборудования, но не менее 2,4 м.

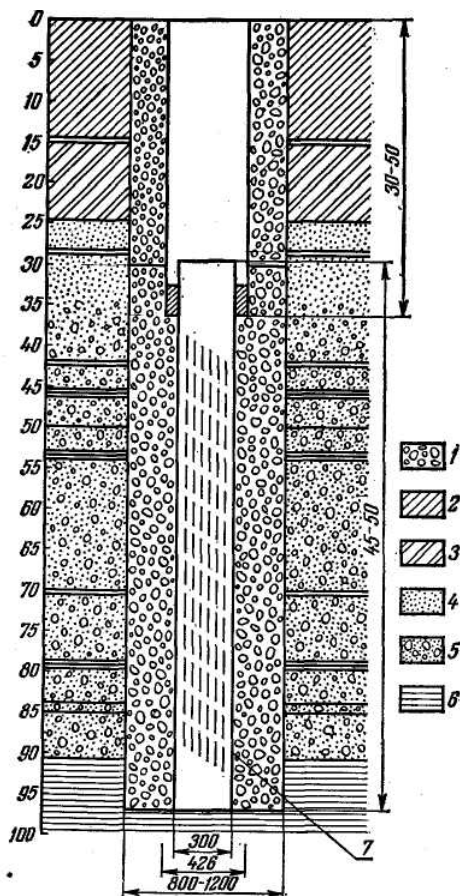


Рисунок 11 – Конструкция скважины большого диаметра с искусственным гравийным фильтром:

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 оголовка скважины должна обеспечивать полную герметичность, исключая проникновение в межтрубное и затрубное пространство скважины поверхностной воды и загрязнений. **Верхняя часть эксплуатационной колонны труб** должна выступать над полом не менее чем на 0,5 м.

С помощью водоподъемного оборудования осуществляется подъем воды из скважины и подача ее по трубопроводам и сборным водоводам в за-

пасно-регулирующие емкости и сооружения водоподготовки (при необходимости).

Конструкция устья (оголовка) скважины зависит от способа подачи воды из скважины. Вода из скважин может подаваться:

- самоизливом из напорных горизонтов (артезианские воды);
- артезианскими насосами;
- погружными насосами;
- эрлифтами;
- сифонными линиями.

На рисунке 12 приведена схема обустройства оголовка скважины.

3.1 Условия применения различных способов бурения

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; 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 таблице 9.

Таблица 9 – 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 диаметром до 500 мм в водоносных пластах, обладающих большими напорами. 2 В скальных породах в безнапорных водоносных горизонтах при применении для промывки чистой воды
Комбинированный (ударно-канатный и роторный с прямой промывкой)	При глубине скважин более 150 м в безнапорных или слабонапорных водоносных горизонтах, представленных рыхлыми отложениями. До кровли водоносного горизонта – роторный с глинистым раствором; в водоносном горизонте – ударно-канатный

Окончание таблицы 9

Способ бурения	Условия применения
Роторный с обратной промывкой	В породах I–IV категорий при глубине скважин до 200 м
Колонковый	В скальных породах диаметром до 150–200 мм при глубине бурения до 150 м
Реактивно-турбинный	При больших глубинах (500–1000 м и более) и больших диаметрах скважин

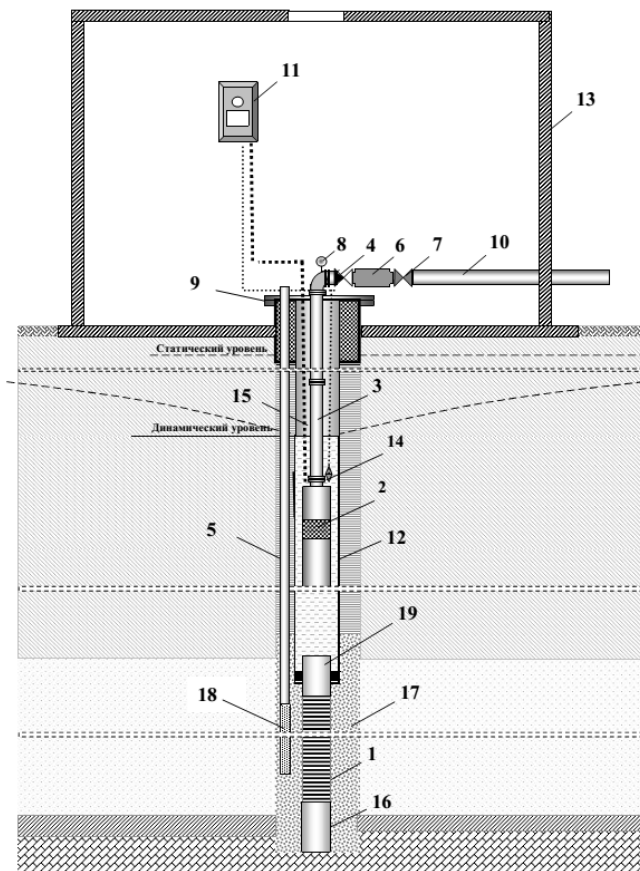


Рисунок 12 – Схемы оборудования скважин:

1 – фильтр; 2 – погружной насос; 3 – водоподъемная колонна труб; 4 – обратный клапан; 5 – пьезометр; 6 – водомер; 7 – задвижка; 8 – манометр; 9 – оголовок; 10 – соединительный трубопровод; 11 – станция управления; 12 – обсадная труба; 13 – павильон; 14 – датчик уровня; 15 – электрический кабель; 16 – отстойник; 17 – гравийная обсыпка; 18 – фильтр пьезометра; 19 – сальниковое уплотнение

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Журба, М.Г.** Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений / М. Г. Журба. – М. : АСВ, 2003. – 289 с.
- 2 **ТКП 45–4.01–30–2009.** Водозаборные сооружения. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2009–11–01. – Минск : М-во архит. и стр-ваРесп. Беларусь, 2009. – 32 с.
- 3 **ТКП 45–4.01–198–2010.** Водозаборные сооружения из поверхностных источников. Правила проектирования. – Введ. 2011–01–01. – Минск : М-во архит. и стр-ваРесп. Беларусь, 2011. – 79 с.
- 4 **ТКП 45–4.01–199–2010.** Скважинные водозаборы. Правила проектирования. – Введ. 2011–01–01. – Минск : М-во архит. и стр-ваРесп. Беларусь, 2011. – 38 с.
- 5 **Тугай, А. М.** Водоснабжение из подземных источников. Справочник / А. М. Тугай. – К. : Урожай, 1990. – 264 с.
- 6 **Гуринович, А.Д.** Питьевое водоснабжение из подземных источников / А. Д. Гуринович. – Минск:Технопринт, 2001. – 305 с.
- 7 **Старинский, В.П.** Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов: учеб.пособие / В.П. Старинский. – Минск:Выш. шк., 1989. – 269 с.
- 8 **Чудновский, С. М.** Проектирование, строительство и эксплуатация водозаборных скважин: учеб.пособие / С.М. Чудновский, А.В. Зенков.– Вологда:ВоГТУ, 2008. –135 с.
- 9 **Курганов, А. М.** Водозаборы подземных вод: учеб.пособие / А. М. Курганов, Е. Э. Вуглинская. – СПб. : СПбГАСУ, 2009. – 80 с.
- 10 **Гуринович, А. Д.** Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водозаборные сооружения» / А. Д. Гуринович. – Брест:БрГТУ, 2004. – 55 с.

Учебное издание

ГРУЗИНОВА Валерия Леонидовна

**ВОДОЗАБОРЫ
ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Учебно-методическое пособие

Редактор **А. А. Павлюченкова**
Технический редактор **В. Н. Кучерова**

Подписано в печать 15.01.2016 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,55. Тираж 100 экз.
Зак. № . Изд. № 96.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№1/361 от 13.06.2014.
№2/104 от 01.04.2014.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель