

Библиотека работника
жилищно-коммунального
хозяйства

Серия основана в 1976 году

С. Я. Суреньянц
А. П. Иванов

Эксплуатация водозаборов подземных вод



Москва
Стройиздат
1989

ББК 38.774
С90
УДК 628.112.004.2

Печатается по решению секции литературы по жилищно-коммунальному хозяйству редакционного совета Стройиздата.

Рецензент — Г. А. Орлов, ученый секретарь НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды, кандидат технических наук.
Редактор — Н. Ф. Бобров.

Суреньянц С. Я., Иванов А. П.

С90 Эксплуатация водозаборов подземных вод.— М.: Стройиздат, 1989.— 80 с.: ил.— (Б-ка работника жил.-коммун. хоз-ва).
ISBN 5-274-00243-9.

Приведены основные санитарно-технические требования к водяным скважинам. Рассмотрены методы, обеспечивающие надежную эксплуатацию скважин. Дан перечень основных неполадок в работе скважин и насосных агрегатов, указаны пути их предупреждения и устранения. Большое внимание уделено методам увеличения подъема воды без повышения мощности насосов, снижения расхода электроэнергии при работе водозаборов.

Для рабочих и мастеров, занимающихся эксплуатацией и наладкой водозаборов подземных вод.

С $\frac{3401030000-646}{047(01)-89}$ 57—89

ББК 38.774

Производственное издание

Суреньянц Сурен Яковлевич, Иванов Анатолий Павлович

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЗАБОРОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Мл. редактор *И. Г. Ларионова*
Технический редактор *О. С. Александрова*
Корректор *Е. А. Степанова*
ИБ № 4949

Сдано в набор 02.02.89. Подписано в печать 31.07.89. Т11778. Формат 84×108$^1/_{32}$. Бум. офсетная № 2. Гарнитура «Литературная». Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,20. Усл. кр.-отт. 4,51. Уч.-изд. л. 4,81. Тираж 16700 экз. Изд. № AVII-2692. Заказ № 64ф. Цена 25 коп.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а
ПО «Полиграфист», 509281, г. Калуга, ул. Ленина, 5.

ISBN 5-274-00243-9

© **Стройиздат, 1989**

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ 3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОГЕОЛОГИИ 4
2. КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН 6
3. ПОДГОТОВКА СКВАЖИН К ЭКСПЛУАТАЦИИ 10
4. КАЧЕСТВО ВОДЫ, ЗОНЫ САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ 16
5. ПОДБОР НАИБОЛЕЕ ЭКОНОМИЧНОГО ВОДОПОДЪЕМНИКА 21
6. ПОДБОР НАСОСНОГО АГРЕГАТА 30
7. ОБВЯЗКА НАСОСА 35
8. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СКВАЖИН 40
9. НЕИСПРАВНОСТИ В РАБОТЕ СКВАЖИН И ИХ УСТРАНЕНИЕ 44
10. ВОССТАНОВЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ 55
11. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСОВ С ПОГРУЖНЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ 62
12. ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙ 68
13. НАЛАДКА ЛУЧЕВЫХ ВОДОЗАБОРОВ 70
14. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ И ОБСЛУЖИВАНИИ ВОДЯНЫХ СКВАЖИН И ВОДОПОДЪЕМНИКОВ 72
Приложение 1. Провод для скважиииых электродвигателей ПВВН ТУК ОММ 505—169—55 77
Приложение 2. Характеристика наиболее часто встречающихся скважинных насосов 78
Приложение 3. Основные данные обмоток электродвигателей 79
Приложение 4. Провод медный обмоточный с полихлорвиниловой изоляцией для погружных электродвигателей 80
Приложение 5. Провод для питания погружных водозаполненных электродвигателей СТУ-103-237-63 80

Предисловие

В качестве одного из основных направлений экономического и социального развития СССР выдвинуто требование удовлетворять растущие потребности страны в необходимых ресурсах, в том числе водных, главным образом за счет всемерной их экономии. В развитие этой стратегической линии ЦК КПСС и Советом Министров СССР принят ряд важных постановлений, которыми предусмотрено уже в текущей пятилетке добиться сокращения расхода воды на производственно-бытовые и иные нужды.

Для многих населенных пунктов СССР подземная вода является единственным источником водоснабжения. Также в большом количестве подземная вода используется для заводнения нефтяных пластов, орошения засушливых земель и других нужд.

Одной из актуальнейших проблем современности является охрана подземных источников от загрязнения и истощения. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется правильному и рациональному использованию подземной воды. Предусмотрена система мер, позволяющих обеспечить высокое качество воды (особенно питьевой) и сохранение ее запасов: устройство санитарных зон, сооружение инфильтрационных водозаборов с искусственной подпиткой грунтовых и подземных вод и т. д. Повысились санитарно-технические требования к организациям, бурящим и эксплуатирующим скважины. Большая роль отводится техническому надзору за сооружением водяных скважин и контролю за соблюдением правил их эксплуатации.

Авторы будут признательны читателям за советы и замечания по содержанию книги, которые они просят направлять в Стройиздат по адресу: 101442, Москва, Каляевская ул., 23а.

1.

Общие сведения о гидрогеологии

Гидрогеология — это наука о подземных водах на земной поверхности и в ее недрах, происхождении их движения и физико-химических свойствах. Она неразрывно связана с геологией и осуществляет практические задачи по использованию и регулированию подземных вод, поиску, разведке и оценке ресурсов для нужд водоснабжения, орошения и добычи из воды различных солей, отдельных химических элементов.

Гидрогеология включает в себя следующие основные разделы:

режим и баланс подземных вод, их формирование и движение;
закономерность распределения подземных вод;
минеральные воды;
поиск и разведка подземных вод.

Грунтовые и подземные воды имеют различные условия образования, питания, баланса. Часто при бурении скважии вскрывают несколько водоносных горизонтов, изолированных друг от друга водонепроницаемыми породами (например, глиной) и имеющих различиую минерализацию и пьезометрический напор.

Почти во всех геологических напластованиях пород имеются пустоты, являющиеся вместилищами подземных вод, которые частично выходят на поверхность в виде источников или вскрываются колодцами и скважинами. Геологические породы различаются между собой по крупности частиц, форме расположения в них пустот и плотности, что отражается на их водообильности.

Пористостью пород называется наличие в них пустот. В осадочных, зериистых или обломочных породах пористость достаточио велика и зависит от формы и расположения частиц, однородности, уплотнения, минерализации воды, соли которой могут сцементировать породы. При неодиородной крупности частиц и значительиой минерализации воды пористость умеиьшается. Пустоты в твердых устойчивых породах представляют собой трещины, провалы, пещеры, каверны и служат бассейнами для подземной воды.

Груитовые воды залегают на незначительной глубине и гидравлически связаны с атмосферными или поверхностными водами. Их минерализация и пьезометрический напор постояины, они изменяются в зависимости от времени года и местонахождения открытых водоемов и слабо защищеиы от загрязненных поверхностных стоков.

Подземиые воды, заключенные между водонепрони-

цаемыми породами, находятся в более глубоких водоносных слоях под некоторым напором. Они хорошо защищены от поверхностных стоков водонепроницаемыми или фильтрующими геологическими породами. Их минерализация и пьезометрический напор не зависят от времени года. Питание водоносных подземных пород происходит за счет атмосферных или поверхностных вод в областях выхода этих пород на земную поверхность. Области их питания могут находиться на значительном расстоянии от мест отбора воды. Минерализация воды целиком зависит от состава геологических пород.

В некоторых водоносных горизонтах по мере углубления химический состав воды может меняться за счет увеличения некоторых ингредиентов: хлоридов, сульфатов и др. Один и тот же водоносный горизонт может иметь несколько водоносных слоев, содержащих воду различной минерализации.

При гидрогеологических изысканиях и разведочном бурении можно выбрать наиболее водообильный горизонт, содержащий питьевую воду, определить его баланс, запас подземной воды, направление ее движения. Местонахождение области питания дает возможность путем расчетов определить максимальный отбор воды из выбранного водоносного слоя, наиболее рационально по отношению друг к другу расположить группу скважин, узнать форму, радиус и глубину депрессионной воронки, ее дебит и качество воды скважин.

Организации, производящие буровые работы, несут ответственность за качество и долговечность эксплуатации скважины.

В настоящее время партия и правительство уделяют большое внимание природоохранным мероприятиям в нашей стране. В частности, в постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 7 января 1988 г. № 32 «О коренной перестройке дела охраны природы в стране» уделено место контролю за охраной подземных вод от истощения и загрязнения.

Выбор источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения должен производиться с учетом его санитарной надежности и возможности получения питьевой воды, соответствующей ГОСТ 2874—82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством». При разработке проекта водоснабжения следует руководствоваться следующими документами: СНиП 2.04.02—84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» и ГОСТ 2761—84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические требования и правила выбора».

2.

Конструкции и методы бурения скважин

Конструкцию водяной скважины выбирают с учетом следующих факторов:

гидрогеологических условий района заложения;

глубины залегания, мощности и водообильности выбранного водоносного слоя;

структуры водоносных геологических пород;

запроектированного количества подаваемой воды, типа водоподъемника;

конструкции и типа фильтра, если он необходим;

способа сооружения;

качества воды эксплуатируемых и перекрываемых обсадными трубами водоносных слоев.

Водяные скважины сооружают двух основных типов: без фильтров и с фильтрами. Скважины обоих типов состоят из следующих основных элементов (рис. 1): устья *1*, забоя *11*, кондуктора *2*, обсадных труб с фрезой (башмаком) на концах рабочих *3*, промежуточных, эксплуатационных и фильтровальных труб *6*. Фильтровальная труба имеет надфильтровальную часть *7*, рабочую часть (фильтр) *8*, отстойник *10* и глухие участки *9*.

В зависимости от гидрогеологических данных района заложения скважины, химического состава воды и способа сооружения скважины при проектировании предусматривают выполнение межтрубной *12*, затрубной *4* или подбашмачной цементации *5*, устройство сальников, глинистых или цементных тампонов и другие работы, способствующие разобщению перекрываемых обсадными трубами водоносных слоев, исключающие возможность пескования, предохраняющие обсадные трубы от химической, электрохимической коррозии, обеспечивающие стабильность дебита и качество воды.

Гидрогеологические условия района заложения скважины отражаются на способах ее крепления обсадными трубами, устройстве цементных или глинистых тампонов.

Согласно техническим и санитарным условиям, фреза (башмак) обсадных труб должна вдавливаться в водонепроницаемые или устойчивые породы. При их отсутствии или незначительной мощности устраивают глинистый или цементный тампон. Тампон также предусматривают в том случае, если на устойчивые трещиноватые водоносные породы налегают неустойчивые

геологические породы (например, пески) или породы, вода в которых содержит нежелательные ингредиенты. Высота тампонажа (подбашмачной цементации) обычно находится в пределах 5—10 м.

Глубина скважины определяется глубиной залегания водоносного слоя, его мощностью и водообильностью. Она колеблется в широких пределах — от нескольких метров до нескольких сот метров.

В зависимости от мощности водоносного слоя и дебита скважины, а также химического состава воды вскрывают весь водоносный горизонт или часть его.

При вскрытии всего водоносного слоя получают совершенные скважины, части его — несовершенные.

Практика эксплуатации скважин показала, что при увеличении их рабочей площади возрастает и удельный дебит, а входные скорости воды через фильтры уменьшаются. Малые входные скорости воды меньше нарушают химическое равновесие ее состава и увеличивают срок службы скважин.

Увеличить рабочую поверхность скважины можно двумя способами: углублением ее с целью вскрытия всей мощности водоносного слоя или увеличением диаметра рабочей части. Увеличить рабочую поверхность за счет углубления скважины не всегда возможно, так как зачастую мощность водоносного слоя ограничена. Качество воды одного и того же горизонта также не всегда однородно, по мере углубления скважины минерализация ее может возрастать. Поэтому увеличение рабочей поверхности за счет увеличения диаметра скважины наиболее приемлемо. Но при выборе этого способа нужно в каждом конкретном случае учитывать и его экономичность.

Водообильность горизонта, его водоотдача (удельный дебит) зависит от структуры геологических пород, степени трещиноватости устойчивых или крупности

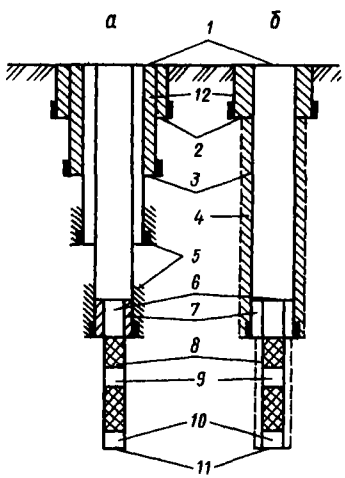


Рис. 1. Конструкции скважин

а — при ударном бурении; *б* — при вращательном (роторном) бурении; *1* — устье; *2* — кондуктор; *3* — обсадные трубы; *4* — затрубная цементация; *5* — подбашмачная цементация; *6* — фильтровальная труба; *7* — надфильтровальная труба; *8* — рабочий участок фильтра; *9* — глухой участок фильтра; *10* — отстойник; *11* — забой скважины; *12* — междутрубная цементация

неустойчивых пород, а также близости области питания водоносного слоя. В зависимости от водообильности горизонта проектируют максимальную подачу воды с учетом его баланса.

Конструкция скважины определяется в зависимости от способа ее сооружения, типа и габарита водоподъемника, а также от агрессивности состава воды перекрываемых обсадными трубами и эксплуатационных водоносных слоев. Существуют два основных способа сооружения скважин: ударный (см. рис. 1, *а*) и вращательный (см. рис. 1, *б*).

При ударном способе бурения по мере раздробления и извлечения геологических пород одновременно производят вдавливание обсадных труб. При вращательном способе бурения по мере углубления бурового снаряда через полую штангу, на конце которой находится буровой снаряд, нагнетают чистую воду или глинистый раствор. При бурении в устойчивых геологических породах применяют чистую воду, в рыхлых — глинистый раствор плотностью 1,84 кг/см^3. Буровой снаряд размельчает геологическую породу, а нагнетаемая вода или глинистый раствор выносят размельченную породу на поверхность земли. Глинистый раствор закрепляет стенки скважины, препятствует их обрушению. После достижения буровым снарядом заданной глубины его извлекают, а в скважину опускают обсадную трубу и производят цементацию кольцевого затрубного зазора между опущенной обсадной трубой и стенкой скважины. После затвердевания цементного раствора бурение ведут через ствол установленной обсадной трубы до проектной глубины.

Вращательный (роторный) способ бурения скважины более экономичен, чем ударный. При его использовании требуется меньше обсадных труб, а скорость сооружения выше при меньшей стоимости бурения.

В зависимости от химического состава воды при сооружении скважины могут использоваться трубы, изготовленные из антикоррозионных материалов (асбестоцементные, пластмассовые, керамические, фарфоровые) или стальные, покрытые антикоррозионными лаками или смолами.

Начальные диаметры скважин зависят от способа их бурения и глубины. Для обеспечения надежной цементации зазоров между трубами при вращательном способе бурения разность диаметров смежных колонн должна составлять не менее 100 мм, а при ударном способе бурения — 50 мм. Для облегчения спуска последующих колонн (при ударном бурении) муфты труб протачивают на 3—5 мм. В этом случае из-за малого кольцевого зазора между предыдущей колонной и муфтой опущенной тру-

бы невозможно произвести качественную цементацию кольцевого зазора. Поэтому разность диаметров смежных колони должна составлять не менее 100 мм.

Перед цементацией кольцевых зазоров с разницей диаметров более 100 мм необходимо производить натяжку колонны труб во избежание ее искривления под действием силы тяжести, особенно при цементации затрубного зазора при вращательном бурении.

Во всех скважинах хозяйственно-питьевого водоснабжения устье, находящееся в горизонте грунтовых вод (если они не служат источником водоснабжения), должно быть закреплено не менее чем двумя колоннами обсадных труб с последующей цементацией кольцевого зазора. При роторном бурении допускается крепление устья одной колонной обсадных труб, но необходимо обязательно выполнить затрубную цементацию продавливанием цементного раствора через башмак обсадной трубы до выхода его на поверхность. При цементации кольцевых и затрубных зазоров должен применяться тампонажный цемент марки не ниже 500. Раствор изготовляется из песка и цемента в отношении 1:1.

Фильтры предназначены для предохранения от обрушения стенок скважин, пробуренных в неустойчивых или легкоразмываемых водоносных породах. В зависимости от типа водоносных пород и крупности частиц применяют различные конструкции фильтров. Наиболее распространенными являются:

перфорированные с круглыми или щелевидными отверстиями;

перфорированные с обмоткой проволокой, капроновым шнуром или опаянные сеткой;

каркасно-стержневые с проволочной обмоткой, опаянные сеткой;

с гравийной обсыпкой.

По конструкции фильтр должен:

предохранять стенки водоносных пород скважины от обрушения, пропускать через себя воду с минимальными гидравлическими потерями и без механических примесей;

быть устойчивым против механических повреждений, не подвергаться химическому воздействию агрессивных подземных вод;

обеспечить продолжительный срок работы скважины с постоянным дебитом.

Фильтровальные сетки галунного плетения применять для фильтров не рекомендуется, так как они создают большое гидравлическое сопротивление проходу воды в скважину, уменьшают удельный дебит, легко закупориваются породой, зарастают солями, создают гальваническую пару при наличии блуждающих токов. Это способствует быстрому разрушению фильтра и выходу из строя скважины.

При агрессивном составе воды металлические фильтры всех типов и конструкций должны быть покрыты антикоррозионными лаками или изготовлены из антикоррозионных материалов — пластмассы, стекла, фарфора, керамики и т. д.

Толщина гравийной обсыпки фильтра должна быть не менее 75 мм на каждую сторону. Рекомендуется толщину гравийной обсыпки увеличивать по мере уменьшения крупности зерен водоносного слоя. Так, при тонкозернистых песках толщину гравийной обсыпки следует доводить не менее чем до 150 мм на сторону. Практика показала, что в этом случае возможность поступления в скважину песка минимальная. При установке фильтров в водоносных породах, имеющих прослойки глин или размываемых мергелей, напротив этих прослоек устанавливают глухие участки фильтров. Нижняя часть фильтра должна иметь отстойник, изготовленный из глухой трубы того же диаметра, длиной 2—3 м. Отстойник служит для отложения механических примесей, поступающих вместе с водой из водоносного слоя.

При эксплуатации водоносных пород, состоящих из валунно-галечно-гравийных отложений, в зависимости от их крупности устанавливают перфорированные трубы: без проволочной или с проволочной обмоткой, опаянные сеткой квадратного плетения, каркасно-стержневые с проволочной обмоткой.

3.

Подготовка скважин к эксплуатации

В проекте на скважину должны быть предусмотрены данные по строительной и опытной откачке воды из скважины с указанием минимального и максимального подъема воды.

Строительная откачка производится после окончания всех буровых работ. При бурении разведочно-эксплуатационной скважины выполняют опытные откачки воды из всех встречаемых и перекрываемых обсадными трубами водоносных горизонтов и отбирают пробы воды для анализа. Опытные откачки проводят для того, чтобы определить обильность и химический состав воды перекрываемых обсадными трубами водоносных горизонтов.

Строительная откачка необходима для осветления воды и вымывания из скважины механических примесей (песка, глины, шлама), освобождения гравийной

засыпки от мелких частиц геологических пород, шлама, деглинизации после вращательного способа бурения.

При вскрытии неустойчивых водоносных пород откачку производят, увеличивая подачу воды по мере освобождения ее от примесей и осветления до максимально возможного, но не менее чем 75% проектного дебита скважины. При вскрытии устойчивых водоносных пород откачку начинают с максимально возможной подачей воды.

В первый момент стронтельной откачки можно ожидать большое понижение уровня воды в скважине из-за глинизации ее стенок, забивки пор водоносных пород шламами или глиной. В этом случае добавляют чистую воду (лучше из водопроводной сети), поддерживая искусственно необходимый динамический уровень.

Стронтельная откачка считается законченной, если количество подаваемой воды близко к проектному, достигнута стабилизация динамического уровня и при непрерывной откачке продолжительностью не менее 16 ч не выносятся механические примеси, вода становится совершенно прозрачной и обеспечивается постоянство физико-химического и бактериологического анализов.

Во время стронтельной откачки постоянно ведут наблюдение за уровнем воды в скважине и периодически отбирают пробы для кратких анализов, а в конце откачки — для полного физико-химического и бактериологического анализов.

Иногда качество воды бактериологического анализа не соответствует ГОСТу. Бактериологические загрязнения могут быть занесены в скважину во время ее сооружения трубами, буровым инструментом, гравийной обсыпкой. Как правило, во время стронтельной откачки бактериальные загрязнения вымываются и качество воды восстанавливается. Если этого не происходит, скважину следует продезинфицировать раствором хлорной извести. Содержание активного хлора, вводимого в скважину, должно быть не менее 100 мг/л (при смешении хлорного раствора с водой скважины). Контакт хлорного раствора с водой должен продолжаться не менее 2 ч. Хлорирование стенок обсадных труб проводят в две стадии: от устья до статического уровня и от статического уровня до забоя.

Хлорирование от устья до статического уровня выполняют путем устройства пневматической пробки на 1—2 м ниже установившегося статического уровня в скважине. В скважину до ее устья заливают готовый хлорный раствор, выдерживают его не менее 2 ч, после чего из пневматической пробки выпускают воздух и ее извлекают.

Хлорирование от статического уровня до забоя производят, заливая в скважину раствор хлорной извести в объеме, равном двухкратному объему воды, находящемуся в скважине, и также выдерживают его не менее 2 ч. Благодаря избыточному давлению и большей, чем у воды, плотности, раствор хлорной извести проникает в зафильтровальное пространство, обеззараживая его и гравийную засыпку. При обеззараживании зафильтровального пространства и гравийной обсыпки наибольший эффект дает продавливание раствора хлорной извести в зафильтровальное пространство с помощью сжатого воздуха.

После хлорирования производят откачку воды с максимальной подачей воды до полного отсутствия в воде остаточного хлора (контролируют отбором проб воды на остаточный хлор) и снова отбирают пробу воды для бактериологического анализа. Отборы проб воды для анализов производят местные органы санитарной инспекции.

После окончания строительной откачки для определения удельного дебита скважины (возможной подачи воды) выполняют опытную откачку. По удельному дебиту подсчитывают максимально возможный дебит, выбирают типоразмер насоса и глубину его погружения. Опытная откачка должна производиться не менее чем на два понижения уровня воды при дебите, возможно более близком к проектному, но не менее чем 75% проектного. При опытных откачках должны быть тщательно замерены глубины до статического и динамического уровней и расход воды. Замеры, как правило, производят после одно-, двухсуточной непрерывной откачки.

В зависимости от того, на какие нужды идет вода, делают различные ее анализы: полный, краткий, специальный (на содержание определенных ингредиентов).

После сооружения скважины представители органов санитарного надзора обязаны произвести полный физико-химический и бактериологический анализы воды и дать ее санитарную оценку.

Удельный дебит d_0 характеризует водоотдачу скважины или скрытого водоносного горизонта и получается как частное от деления дебита Q скважины на понижение S уровня воды при подъеме данного количества воды $d_0 = Q/S$.

Удельный дебит при различных подъемах воды изменяется непропорционально понижению уровня воды в скважине (по логарифмической кривой); он зависит от гидравлического сопротивления, возникающего в трубах скважин и фильтре, потоку воды из водоносного горизонта. Это сопротивление пропорционально второй степени расхода воды (количеству поднимаемой воды) при проходе ее через фильтр

и первой степени при проходе из водоносных пород в скважину. На практике удельный дебит определяют, производя опытные откачки с двумя-тремя понижениями уровня воды, во время которых измеряют глубину до уровня воды в скважине. По данным опытных откачек строят график удельного дебита (рис. 2). По оси абсцисс в масштабе откладывают подачу воды, по оси ординат — понижение уровня воды. Точки *1* и *2* являются результатами опытных откачек, полученных при подаче воды — 10 и 20 м³/ч при понижениях уровня воды, составляющих 5 и 10 м. Соединяя полученные точки, получаем кривую удельного дебита. Продолжая кривую, можно определить понижение уровня воды при любой подаче воды.

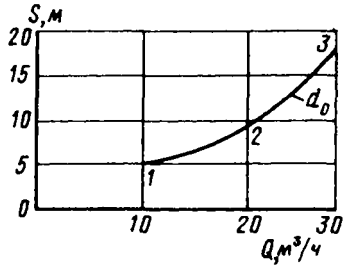


Рис. 2. Кривая удельного дебита
1, 2 — результаты опытных откачек; *3* — максимальный проектный дебит

Пример. При подъеме 30 м³/ч воды (точка *3*) понижение будет 17 м. Зная глубину до статического уровня h_0 и прибавляя к ней понижение S при подъеме 30 м³/ч воды, можно определить глубину до динамического уровня h, а отсюда и глубину погружения насоса.

Статическим уровнем воды h_0 называется уровень воды в скважине во время ее спокойного состояния. При гидравлической связи эксплуатируемого водоносного горизонта с поверхностными водами он непостоянен, подвергнут сезонному, а иногда и суточному колебанию. Во время весенне-осенних паводков или выпадения обильных атмосферных осадков глубина до статического уровня в скважине уменьшается, а в засушливое время года наоборот увеличивается.

Динамическим уровнем воды h называется уровень воды в скважине во время отбора из нее воды. Этот уровень может также изменяться при включении в работу соседней скважины, эксплуатирующей тот же водоносный горизонт.

Глубину до уровня воды в скважинах измеряют электроуровнемером (рис. 3), представляющим собой свинцовый стержень с изоляцией. К одному из концов стержня присоединен электропровод *2* с полихлорвиниловой изоляцией, идущий через амперметр *6* или электролампу *3* к источнику тока *4* или к батарее карманного фонаря *7*. Другой конец стержня не изолирован. При соприкосновении стержня с водой происходит замыкание электрической цепи, стрелка

амперметра отклоняется от первоначального положения и лампа загорается. По длине опущенного в скважину электропровода судят о глубине до статического или динамического уровня воды. Для измерения глубин до уровней воды обычно пользуются электрическими уровнемерами О—4 и ЦЭ-50. Точность измерения глубин до уровней воды в скважине во время опытных откачек позволяет правильно подсчитать удельный дебит, подобрать наиболее экономичный водоподъемник и определить глубину его погружения.

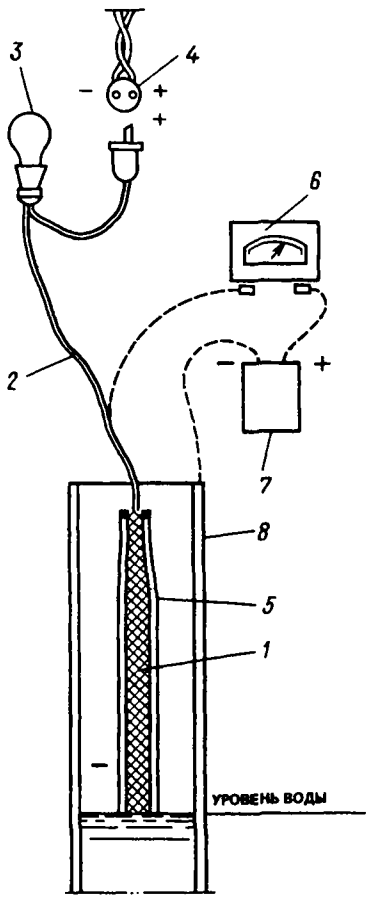


Рис. 3. Электроуровнемер

1 — свинцовый стержень; *2* — электропровод; *3* — электролампа; *4* — источник тока; *5* — изоляционная лента; *6* — миллиамперметр; *7* — батарея карманного фонаря; *8* — обсадная труба скважины

Понижение уровня S воды во время откачки равно разнице между глубинами до динамического и статического уровня $S = h - h_0$. Оно зависит от геологической структуры водоносного горизонта, его водообильности, количества подаваемой воды, гидравлического сопротивления притоку воды в скважину и других причин.

Дебитом Q скважины называется количество подаваемой воды при установившемся динамическом уровне, замеренном в единицу времени. Дебит выражается в $м^3/ч$ или л/с. Дебит зависит от удельного дебита и понижения уровня воды.

В районах с большим числом эксплуатируемых скважин часто наблюдается их взаимное влияние, в результате чего образуется районная депрессия водоносного горизонта. Она может возрастать по мере увеличения подачи воды из водоносного горизонта, что приводит к снижению ее уровня в скважинах и увеличению высоты подъема.

В отдельно расположенных скважинах или в скважииах, размещенных вне пределов депрессионного влияния, а также если эксплуатационный горизонт гидравлически не связан с поверхностиыми водами, глубины до уровней воды не меняются.

Районная депрессия может образоваться при интенсивном отборе воды из водоносного горизонта в случаях взаимного влияния скважин друг иа друга. Иногда это приводит к истощению водоиосного горизонта.

Избежать взаимного влияния скважин друг на друга и образоваиия депрессиоиной воронки можно расположеиием скважин на большем расстоянии друг от друга, вие зоны депрессии.

Наблюдеиие за сооружением скважины осуществляется оргаиами технического иадзора, ответственное лицо специально иазиачается для этой цели заказчиком. В обязаиностн представителя технического иадзора входит контроль за бурением скважин, соблюдеиием технических условий, соответствием выполненых работ проекту, производством скрытых работ, правильностью и своевремениостью отбора образцов встречеиных пород, учетом расхода обсадиых труб и материалов, своевременной доставкой их на площадку. Представитель технического надзора обязаи присутствовать при всех проводимых измереииях (измереиии глубины скважины, глубины до статического и дииамического уровней, количества откачиваемой воды), при установке фильтра, подготовке гравия к обсыпке и производстве обсыпки, при выполнеии всех видов цементации и устройстве тампонов, при строительных откачках, отборах проб воды для анализов. В случае иадобиости работники технического надзора могут вызвать представителя территориального геологического управления (треста), санитариых инспекторов.

При бурении разведочио-эксплуатациоииой скважины представитель техиического надзора должен следить за проведеиием откачек и отбором проб воды для анализов из встреченых и иаметченных проектом или указаиых санитариыми оргаиами водоиосных горизонтов, согласовать продолжительность откачек с представителями территориальных управлений (трестов) и с местным оргаиом санитарной инспекции. После окончаиия бурения скважины вращательным способом представитель технического надзора должеи присутствовать при геофизическом исследовании скважины (каротаже). Комплексная и иидивидуальная обработка полученных каротажиых диаграмм дает возможность точно устаиовить глубину посадки последней колонны обсадиых труб, литологию пройдеиных пород, наличие и мощности водоиосных горизонтов и прослоек глии. После рас-

шифровки диаграмм проследить за правильностью изготовления конструкции фильтра, глухие участки которого должны быть установлены против прослоек глин и мергелей.

Отбор образцов грунтов производят:

при ударном способе бурения через каждые 2 м в количестве 200 $см^3$;

при вращательном способе бурения контрольным отбором образцов из отмытого шлама боковым грунтоносом.

Отбор проб воды для анализа в количестве 2 л производит представитель местной санитарной инспекции. Скважину можно принять в эксплуатацию в том случае, если из нее получают запроектированное количество воды и качество ее по заключению СЭС пригодно для питьевых целей.

4.

Качество воды, зоны санитарной охраны

Подземные водоносные горизонты содержат воду определенного солевого состава, мало изменяющегося со временем и характерного для водоносного слоя в данной местности. Солевой состав воды в скважине может измениться во время эксплуатации в результате притока в водоносный слой воды с иным соляным составом или загрязненной воды.

Грунтовые водоносные горизонты, гидравлически связанные с поверхностными стоками и находящиеся под влиянием атмосферных осадков и открытых водоемов, содержат воду, солевой состав которой изменяется по временам года. Эти водоносные горизонты ненадежно защищены от загрязнения.

В подземных водах часто находятся твердые частицы пород во взвешенном состоянии, а также различные вещества в коллоидном и растворенном виде. Наличие взвешенных частиц в воде влияет на ее физические свойства — ухудшает цветность, увеличивается мутность и т. д. Во многих случаях физические свойства воды свидетельствуют о дефектах в конструкции скважин. Коллоидные вещества оказывают влияние на качество воды только при содержании их в большом количестве.

Растворенные в воде соли, кислоты, щелочи и газы (кислород, сероводород, азот и углекислый газ) разрушают трубы, насосное оборудование, а в соединении с другими ингредиентами вредно влияют на организм человека. Иногда в воде

встречаются метан и другие углеводороды.

Подземная вода для питьевых целей по качеству не должна содержать ингредиентов выше норм, указанных в ГОСТ 2874—82, и быть безопасной в эпидемическом отношении. Ниже приведены требования к качеству питьевой воды.

По согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы цветность может достигать 35°, мутность до 2 мг/л, количество сухого остатка — 1500 мг/л, общая жесткость не должна быть более 10 мг · экв/л, а содержание железа в воде может быть до 1 мг/л.

Допустимую концентрацию в питьевой воде других не указанных в ГОСТе вредных веществ в каждом отдельном случае устанавливает Главный государственный санитарный инспектор СССР.

Ниже рассмотрены некоторые вещества, содержащиеся в воде, и их свойства, ухудшающие качество питьевой воды и вредно влияющие на организм человека.

Азот. Соединения азота (аммиак, нитриты, нитраты)

Запах при 20 °С и при подогревании воды до 60 °С, баллы, не более	2
Привкус при 20 °С, баллы, не более	2
Цветность по платино-кобальтовой или имитирующей шкале, град, не более	20
Мутность по стандартной шкале, мг/л, не более	1,5
Сухой остаток, мг/л	1000
Хлориды (Cl^-), мг/л	350
Сульфаты (SO_4^{2-}), мг/л	500
Железо ($Fe^{2+;3+}$), мг/л	0,3
Марганец (Mn^{2+}), мг/л	0,1
Медь (Cu^{2+}), мг/л	1
Цинк (Zn^{2+}), мг/л	5
Остаточный алюминий (Al^{3+}), мг/л	0,5
Полифосфат (PO_4), мг/л	3,5
Общая жесткость, мг · экв/л	7
Водородный показатель (pH)	6,5—8,5
Бериллий (Be^{2+}), мг/л	0,0002
Молибден (Mo^{2+}), мг/л	0,25
Мышьяк ($As^{3+;5+}$), мг/л	0,05
Нитраты (по N), мг/л	45
Полиакриламид, мг/л	2
Свинец (Pb^{2+}), мг/л	0 03
Стронций (Sz^{2+}), мг/л	7
Селен (Se^{6+}), мг/л	0,001
Фтор (F^-) для климатических районов, мг/л:	
I и II	1,5
III	1,2
IV	0,7
Общее число бактерий в 1 мл, не более	100
Число кишечных палочек в 1 л (колн-индекс), не более	3
Титр кишечной палочки, мл, не менее	300

почти всегда присутствуют во всех водах, включая подземные, и свидетельствуют о наличии в воде органического вещества животного или растительного происхождения.

Аммиак органического происхождения служит показателем свежего фекального загрязнения и является продуктом распада белков. В болотных водах аммиак образуется в результате восстановления нитратов гумусовыми соединениями и не характеризует загрязнения воды. Такой аммиак встречается и в подземных водах.

Нитриты являются показателем свежего фекального загрязнения воды, особенно при одновременном повышенном содержании аммиака и нитритов.

Нитраты служат показателем более давнего органического или фекального загрязнения воды. Недопустимо содержание нитратов вместе с аммиаком и нитритами.

Водородный показатель (pH) для воды нейтральной реакции равен 7, для щелочной больше 7, для кислой меньше 7. В щелочной среде наблюдается пониженная скорость коррозии, поскольку железо не образует растворимых солей гидроокисей и на металлических трубопроводах образуется защитная карбонатная пленка. По мере понижения водородного показателя скорость коррозии увеличивается, так как защитная карбонатная пленка становится неустойчивой или вообще отсутствует.

Железо. Содержание железа в воде нежелательно, в особенности закисного. Железо придает воде специфический привкус, а в больших концентрациях ухудшает ее физические свойства (уменьшается прозрачность, увеличивается цветность и мутность). В резервуарах, куда поступает такая вода, выпадает осадок в виде гидроксила железа. Образование окисных и закисных солей железа увеличивает коррозию труб и иногда приводит к образованию железных бактерий.

Марганец придает воде металлический привкус.

Жесткость обусловливается содержанием в воде солей кальция и магния. Соли магния в больших концентрациях влияют на вкусовые качества воды. Увеличение жесткости иногда является показателем загрязнения воды в результате распада органических соединений или притока более жестких вод.

Кислород находится в воде в растворенном виде. При больших входных скоростях воды или вакууме выделяется из воды и вступает в химическую реакцию с металлом (корродирует его). Кислород является хорошим деполяризатором и поэтому усиливает коррозионный процесс, но в то же время повышает стабильность защитных окисных пленок на металле. Чем меньше водородный показатель, тем сильнее коррозия. В щелочной

среде кислород максимально способствует образованию защитной пленки, поэтому обсадные трубы скважин более долговечны.

Окисляемость воды так же, как и наличие аммиака и нитритов является важным показателем ее загрязненности (кроме болотных вод, где она растительного происхождения).

Свободная углекислота придает воде привкус. При кислой реакции (водородном показателе меньше 7) оказывает вредное воздействие на металлы, корродируя их, и препятствует выпадению карбоната кальция, образующего защитные пленки на металлических трубах.

Сульфаты в умеренных количествах безвредны. В больших количествах оказывают вредное действие на желудочно-кишечный тракт. Предельно допустимое содержание сульфатов в воде составляет 500 мг/л.

Сухой остаток характеризует общее количество растворенных в воде солей.

Щелочность определяют главным образом для воды открытых источников водоснабжения. Для подземных вод щелочность определяют только в том случае, если для технологического процесса требуется вода особого качества.

Хлориды содержатся во всех природных водах. Присутствие хлоридов большого количества в воде одновременно с соединением азота свидетельствует о ее загрязнении.

Фтор оказывает вредное влияние на организм человека, в частности на костный состав и эмаль зубов (флюороз). Повышенное и пониженное содержание фтора в воде нежелательно.

Сероводород придает воде запах тухлых яиц. Вредно влияет на металл. Соединяясь с железом, образует черный осадок сернистого железа. При большой концентрации сероводорода оборудовать скважины насосами с погружным электродвигателем не рекомендуется.

Вкус и запах воды определяют при 20 °С. Следует учитывать, что при повышении температуры эти свойства меняются.

Прозрачность характеризует наличие в воде взвешенных веществ.

Цветность определяется присутствием в воде гуминовых веществ и солей железа. Изменение цветности в воде свидетельствует о загрязнении воды.

Мутность характеризуется содержанием в воде взвешенных, легкоразмываемых пород (глин, мергелей). При окислении солей железа кислородом воздуха образуется гидрат окиси железа, который увеличивает мутность, придает воде бурый, а при наличии сероводородов черный оттенок.

Зоны санитарной охраны. Согласно СНиП 2.04.02—84, на всех водозаборах с подземными источниками водоснабжения в обязательном порядке организовывают зо-

ны санитарной охраны первого и второго пояса.

Первый пояс охраны или зона строгого режима устанавливается радиусом не менее 30—50 м вокруг скважины, в зависимости от степени защищенности подземных вод. При групповом расположении скважин зона строгого режима устанавливается в радиусе не менее 30 м от края любого водозаборного сооружения (скважины, резервуара, насосной станции II подъема).

Территория зоны строгого режима должна быть спланирована, озеленена, обнесена изгородью. Поверхностные стоки должны быть отведены за пределы зоны. В зоне строгого режима не допускается строительство каких-либо строений, подсобных помещений, выгребных ям без их бетонирования. Запрещается производить какие-либо работы, не связанные с нуждами водозабора.

Второй пояс охраны или зона ограничения должны охватывать всю территорию радиуса влияния водозабора (радиус депрессионной воронки). В пределах зоны ограничения должны быть выявлены и подвергнуты санитарно-технической заделке все заброшенные скважины, шахты, колодцы, поглощающие скважины, рекультивированные карьеры, всевозможные источники загрязнения. В зоне запрещается:

организация захоронений, свалок промышленных и бытовых отходов;

разработка недр с нарушением водоупора над эксплуатационным водоносным горизонтом.

Особенно тщательно должны соблюдаться зоны санитарной охраны при инфильтрационных и дренажных водозаборах. В зоне расположения водозаборов запрещено купаться, устраивать броды для домашнего скота. Сброс в реку промышленных и бытовых отходов без надлежащей очистки категорически запрещается. Наблюдение и контроль за соблюдением вышеперечисленных мероприятий производят органы Государственной санитарной инспекции.

5.

Подбор наиболее экономичного водоподъемника

Для подъема воды из скважин применяются в основном четыре типа водоподъемников: вакуум-сифонные установки, центробежные насосы с горизонтальной осью, скважинные насосы с трансмиссионным валом и насосы с погружными электродвигателями.

Вакуум-сифонные установки, как правило, обслуживают группы скважин. Из-за ограниченной глубины всасывания (до 7 м) они используются крайне редко. При оборудовании скважины вакуум-сифонными установками по техническим причинам также трудно контролировать работу скважин, в частности расход воды в отдельных скважинах, глубину до уровней воды, и производить отборы проб для анализов.

Центробежные насосы с горизонтальной осью также имеют ограниченное применение из-за малой глубины всасывания (6—7 м). При глубине до динамического уровня более 6—7 м такие насосы монтируют в шахтах. Из-за значительной глубины шахт затрудняется эксплуатация насоса и скважины.

Для подъема воды из скважины наиболее широко используются насосы с трансмиссионным валом и насосы с погружными электродвигателями.

Насосы с трансмиссионным валом и электродвигателями над устьем выпускаются промышленностью с электродвигателями либо с двигателями внутреннего сгорания типов УЦТВ, АТН и А.

Установки типа УЦТВ предназначены для подачи воды с общей минерализацией не более 2000 мг/л, водородным показателем pH от 6,5 до 9,5, температурой до 35 °С, с содержанием хлоридов не более 350 мг/л, сульфатов не более 500 мг/л, сероводорода — не более 1,5 мг/л, твердых механических примесей не более 1000 мг/л (0,1% по массе).

Насосная установка типа УЦТВ состоит из насоса и водоподъемного трубопровода с трансмиссионным валом, расположенных в скважине, опорного колена и привода. Привод вращается от электродвигателя, выпускаемого серийно, либо от дизеля через редуктор и карданный вал. В установках типов УЦТВ и АТН радиальные подшипники насоса и трубопровода смазываются перекачиваемой водой. В установках типа А подшипники насоса смазываются перекачиваемой водой, а подшипники трубо-

проводов — чистой водой под избыточным давлением от специального источника.

Марки установок расшифровываются следующим образом. **УЦТВ**: У — установка, Ц — центробежная, Т — с трансмиссионным валом, В — для подачи воды. Цифры, стоящие после букв, показывают минимально допустимый для данной установки внутренний диаметр обсадной колонны (скважины), уменьшенный в 25 раз и округленный, мм. Следующие цифры показывают подачу воды, $м^3/ч$, напор, м. Последние цифры показывают исполнение привода с дизельным двигателем через редуктор, с электродвигателем, с дизельным двигателем и ременной передачей.

Марки насосов расшифровываются следующим образом. **АТН**: А — артезианский, Т — турбинный, Н — насос. Цифры после букв обозначают минимально допустимый диаметр обсадной колонны (скважины), уменьшенный в 25 раз и округленный, мм; следующие цифры — тип рабочего колеса (закрытое) и количество ступеней насоса.

А — артезианский. Цифра перед буквой обозначает внутренний диаметр обсадной колонны (скважины), уменьшенный в 25 раз и округленный, мм; цифры после буквы показывают коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз, и количество ступеней насоса.

Насосы с трансмиссионным валом и дизельным двигателем используются там, где нет электроэнергии: при осушении болот, орошении засушливых земель, на степных пастбищах для водопоя крупного и мелкого рогатого скота. В водоснабжении населенных пунктов их применяют редко.

Широкое применение для подачи воды из скважин получили скважинные насосы с погружными электродвигателями, изготовляемые отечественными заводами и зарубежными фирмами. Насосы с погружными электродвигателями по сравнению с насосами с трансмиссионным валом более экономичны, просты в монтаже и эксплуатации, легко автоматизируются, не требуют громоздких павильонов и постоянного наблюдения за их работой. Контроль за работой погружного агрегата осуществляется по амперметру, обычно устанавливаемому на централизованном диспетчерском пункте управления. Пункт управления может находиться на любом расстоянии от скважины, что важно при групповом их обслуживании.

В настоящее время скважины оборудованы в большинстве случаев скважинными насосами с погружными электродвигателями следующих марок:

АППТ — артезианским погружным прокачным антикоррозионным;

ЭЦВ — электрическим цен-

тробежным водоподъемным;

типа V (ГДР) и типа G (ПНР).

В настоящее время промышленностью выпускаются насосы марки ЭЦВ. Они более экономичны, имеют высокий КПД и хорошие технические показатели. В связи с этим ниже будут описаны наиболее подробно только насосы марки ЭЦВ.

Насосы ЭЦВ — центробежные насосы с погружным электродвигателем (ГОСТ 10428—79*Е) предназначены для подачи воды с общей минерализацией (с сухим остатком) не более 1500 мг/л, водородным показателем (pH) 6,5—9,5, температурой до 25 °С и содержанием твердых механических примесей не более 0,01% по массе, хлоридов — не более 350 мг/л, сульфатов — не более 500 мг/л и сероводорода — не более 1,5 мг/л. В технически обоснованных случаях допускается использование насосов для подачи воды общей минерализацией до 2000 мг/л.

Агрегат состоит из центробежного насоса и погружного электродвигателя, валы которых соединены жесткой муфтой. Насос находится над электродвигателем. Между электродвигателем и насосом расположена всасывающая камера с предохранительной сеткой. По исполнению насосы бывают одно- или многоступенчатые с вертикальным расположением вала и работают с подпором. Значения подпора для каждого насоса при нормальных условиях работы приведены в технической характеристике. Ступени насоса — радиального или полуосевого типа. Подшипники насоса и электродвигателя смазываются и охлаждаются водой. Насосы оснащены обратными клапанами тарельчатого или шарового типа и специальными напорными патрубками, предназначенными для подсоединения агрегата к водоподъемному трубопроводу.

Погружные электродвигатели, служащие приводом центробежных скважинных насосов, асинхронные с короткозамкнутым ротором, водозаполняемые. Обмотка статора с соединенными фазами в «звезду» имеет три вывода, к которым подсоединяют токоподводящий кабель. Электродвигатели ПЭДВ 0,5-93, ПЭДВ 0,7-93, ПЭДВ 1-93 и ПЭДВ 1,6-93 выполнены с литой изоляцией обмотки статора. Ток питающей сети напряжением 380 В и частотой 50 Гц, трехфазный (кроме электронасосных агрегатов с однофазными электродвигателями ПЭДВ 0,5-93 и ПЭДВ 0,7-93).

Условные обозначения насосов ЭЦВ расшифровываются следующим образом. Первая цифра — порядковый номер модификации (при одних и тех же условиях эксплуатации), Э — с приводом от погружного электродвигателя; Ц — центробежный; В — для подачи воды. Цифры после букв обозначают минимально допусти-

мый для данного типоразмера внутренний диаметр обсадной колонны (скважины), уменьшенный в 25 раз и округленный, мм, следующие цифры — подача, $м^3/ч$, и напор, м. Для насосов, работающих на химически активной воде или воде с повышенной температурой и содержащимися сверх установленной нормы механическими примесями, в условном обозначении после чисел должны соответственно добавляться буквы Х, Тр, Г.

Условные обозначения погружного электродвигателя ПЭДВ расшифровываются следующим образом. Первая цифра — порядковый номер модификации электродвигателя, П — погружной, ЭД — электродвигатель, В — водозаполняемый. Цифры после букв обозначают мощность электродвигателя, кВт, и наибольший его диаметр, мм.

В графической характеристике насоса отражены: Q — подача, $м^3/ч$; H — напор, м; N — мощность, кВт; η — КПД, %.

Насосы ЭЦВ10-63-40Г, ЭЦВ10-120-40Г, ЭЦВ10-160-35Г, 2ЭЦВ12-255-30Г, ЭЦВ12-375-30, 1ЭЦВ14-120-540К, ЭЦВ14-210-300К, ЭЦВ16-375-175К изготовляют для подачи воды общей минерализацией до 2500 мг/л, содержащей механические примеси массовой концентрацией до 0,05%. Насосы могут работать в течение 20 мин после пуска на воде, содержащей механические примеси массовой концентрацией до 1%, а в последующие 30 мин — до 0,5%.

Комплект поставки агрегата ЭЦВ состоит из следующих узлов: насоса, погружного электродвигателя, токоподводящего кабеля, системы автоматического управления, хомутов для крепления токоподводящего кабеля; контактных электротехнических гильз; липкой электроизоляционной, водостойкой полихлорвиниловой ленты. По требованию заказчика могут быть поставлены только насос и погружной электродвигатель. Установки ЭЦВ14-120-540К, ЭЦВ14-210-300К и ЭЦВ16-375-175К комплектуют трансформатором.

Необходимость поставки монтажных хомутов, оборудования устья скважины и его комплектность оговаривают при заказе. Герметичные оголовки в комплект поставки не входят и в случае необходимости потребителю рекомендуется самостоятельно изготовить их по чертежам СКТБН (Специальное конструкторское технологическое бюро герметических и скважинных насосов).

Выпускают насосы с подачей 1,6—375 $м^3/ч$ воды при напорах 25—540 м, с электродвигателями 0,4—250 кВт, предназначенные для эксплуатационных колонн диаметром 100—402 мм.

В прил. 2 приведены типоразмеры насосных агрегатов, наиболее часто встречающиеся в практике эк-

сплуатацнн подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд.

Условные обозначення электродвигателей расшифровываются следующнм образом:

серни МАПЗМ-14-32/2; М — машина; А — аснихронная; П — погружная; 3 — порядковый номер серни нз ряда погружных электродвнгателей, разработанных Харьковскнм электромеханическнм заводом; М — конструктивный варнант электродвнгателя данного типоразмера, который нзменяется при внесенин нзменений в конструкцню электродвнгателя; 14 — наружный максимальный днаметр электродвнгателя, см; 32 — длина актнвной части статора; 2 — числ полюсов;

серни ПЭДВ-2,8-140: П— погружной; ЭД — электродвнгатель; В — водозаполняемый; 2,8 — мощность, кВт; 140 — наружный максимальный днаметр, мм.

Электродвнгатели насосов ЭЦВ-4-2-25 и ЭЦВ-4-2-40 водозаполняемые, погружного типа, в вертикальном нсполненнн, аснихронные, с короткозамкнутым ротором, однофазные. Могут подключаться к осветительной электросетн напряженнем 220 В. Указанные насосы поставляют с электродвнгателямн соответственно ПЭДГ-0,37-92 и ПЭДГ-0,75-92 (0,37 и 0,75 мощность электродвнгателя в кВт; 92 — длина актнвной частн статора, мм). Статор этнх электродвнгателей нзолнрован от воды цнлнндрическим экраном.

Для остальных насосов ЭЦВ нспользуют электродвигатели типа ПЭДВ или МАПЗ: погружные, аснихронные, с короткозамкнутым ротором, трехфазные, водозаполняемые.

Для создання максимального напора и подачи воды при мнннмальной мощности и габаритах электродвнгателн нмеют частоту вращения 2850—2925 мин $^{-1}$.

Статор погружного электродвнгателя представляет собой стальную трубу, в которую запрессован пакет статора, набранный нз листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, предварительно покрытых лаком. Пакет крепится в корпусе нажимными шайбами и упорными кольцами. В пазу пакета уложена обмотка электродвигателя нз медного провода с полнхлорвнннловой нли полнэтнленовой нзоляцней (маркн ПЭВВП). Обмотка статора соединена в «звезду».

В прил. 3 и 4 приведены основные технические характернстнкн электродвнгателей и обмоточных проводов.

Места соединений и подключення выводных концов провода нзолнрованы липкой полнхлорвнннловой лентой. Выводные концы токоподводящего кабеля выполнены нз провода ВПП или ВПВ (прил. 5 и 1).

Ротор электродвнгателя состонт нз вала с напрессованным на него наборным пакетом нз электротехни-

ческой стали толщиной 0,5 мм. Листы ротора не покрывают лаком. Обмотка ротора короткозамкнутая, выполнена из алюминия, залитого под давлением, или из медных стержней специального профиля, замкнутого медными кольцами. На нижний конец вала насажена пята, на верхний — жесткая соединительная муфта. Верхний и нижний радиальные подшипники находятся соответственно в верхнем и нижнем щитах подшипников. В чугунные щиты запрессованы текстолитовые или резиновые на металлической основе втулки, образующие вместе с втулками из нержавеющей стали, запрессованными на вал ротора, радиальные подшипники скольжения. Через специальные отверстия в верхнем щите проходят выводные концы электродвигателя, уплотненные резиновыми кольцами.

Пята с подпятником воспринимает всю вертикальную нагрузку: механическую (вес вращающихся частей агрегата) и часть неуравновешенной гидравлической нагрузки, создаваемой рабочими колесами при работе агрегата. Пяту изготовляют из хромистой или нержавеющей стали и укрепляют на валу с помощью шпонки и фасонной гайки. Конструкции подпятников различны: они могут быть расположены в нижнем или верхнем (ниже пескосбрасывателя) щите электродвигателя.

Подпятники изготовляют из хромистой стали в виде сегментов, закаленных до твердости HRC 45-48, расположенных на основании и закрепленных винтами; из текстолита совместно с нижним радиальным подшипником (электродвигатели МАЦЗ-14-32/2) или резинометаллическими (электродвигатели серии ПЭДВ). В некоторых электродвигателях подпятник покоится на сферическом штифте, что позволяет ему самоустанавливаться. В этом случае подпятник закрепляется в корпусе с помощью кольцевой шпонки и штифта. Для смазки и охлаждения водой в текстолитовом и резиновом подпятнике имеются радиальные канавки. В некоторых конструктивных вариантах подпятник выполнен совместно с нижним вкладышем радиального подшипника вала электродвигателя.

Подпятник является наиболее ответственной частью агрегата, но он часто выходит из строя из-за неправильного сопряжения электродвигателя с насосом, нарушения нормальной смазки и охлаждения водой или попадания в корпус электродвигателя механических примесей вместе с водой.

Разработаны конструкции электродвигателей (ПЭДВ) с подпятниками, полости которых полностью герметизированы от внешней среды (рис. 4). Герметизация осуществляется специальными резиновыми коль-

цами уплотнения, расположенными в верхней части электродвигателя ниже пескосбрасывателя и диафрагмы, установленной в нижней части корпуса. Диафрагма уравновешивает перепады давления между внутренней полостью электродвигателя и окружающей средой. В некоторых конструкциях в нижней части электродвигателя вместо резиновой диафрагмы установлен глухой фланец, изолирующий полость электродвигателя от воды.

Рабочая часть насоса ЭЦВ состоит из стального или чугунного корпуса, в котором находятся направляющие аппараты и лопастные колеса. Корпуса секций насосов для скважин диаметром 100 мм чугунные или пластмассовые, для скважин диаметром 150 мм чугунные, для скважин диаметром 200 мм пластмассовые на стальной основе. Для скважин диаметром до 250 мм используют опрессованные из пластмассы направляющие аппараты и лопастные ко-

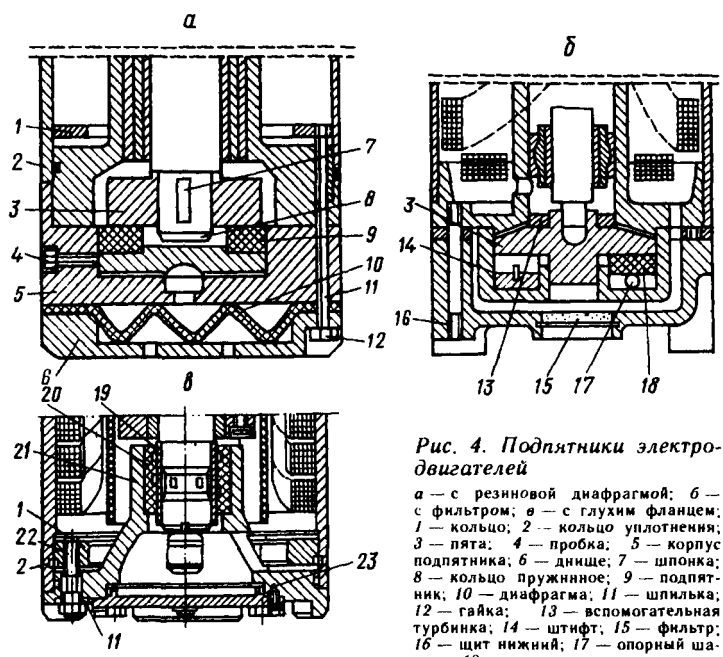


Рис. 4. Подпятники электродвигателей

а — с резиновой диафрагмой; *б* — с фильтром; *в* — с глухим фланцем; *1* — кольцо; *2* — кольцо уплотнения; *3* — пята; *4* — пробка; *5* — корпус подпятника; *6* — днище; *7* — шпонка; *8* — кольцо пружинное; *9* — подпятник; *10* — диафрагма; *11* — шпилька; *12* — гайка; *13* — вспомогательная турбинка; *14* — штифт; *15* — фильтр; *16* — щит нижний; *17* — опорный шарик; *18* — пластмассовые сегменты; *19* — втулка; *20* — текстолитовый вкладыш подшипника; *21* — корпус радиального подшипника; *22* — кольцо нижней крышки; *23* — глухой фланец

леса. Лопастные колеса насажены на вал насоса и закреплены призматической шпонкой. Корпуса напорных секций между всасывающей и напорной камерой стянуты стальными стяжными болтами или шпильками. Заданное расстояние между рабочими колесами фиксируется дистанционными распорными втулками.

В отдельных моделях насосов ЭЦВ осевые силы и масса вращающихся деталей воспринимаются сменным опорным кольцом или самоустанавливающейся пятой гидродинамического типа, находящимся во всасывающей камере, в других моделях — пятой, находящейся в нижней крышке электропривода.

Для уменьшения гидравлической нагрузки во втулках лопастных колес насосов для скважии диаметрами 150 и 250 мм предусмотрены разгрузочные отверстия. Вкладыши радиальных подшипников выполнены из графита или резины с продольными канавками для смазки и охлаждения водой. В верхней части насоса помещена клапанная коробка с тарельчатым или шарообразным клапаном.

Насосы типа ЭЦВ почти не отличаются по типоразмерам. Исключение составляют насосы с высоким напором (более 180 м), в которых предусмотрены промежуточный радиальный подшипник и дополнительный узел подпятника, расположенный в самом насосе.

В корпусах всасывающей и напорной камер некоторых конструкций имеются сверленые каналы, по которым проходит вода для смазки и охлаждения радиальных подшипников. Вода, находящаяся под большим напором после последней ступени насоса, поступает в кольцевой зазор между вкладышем радиального подшипника и втулкой вала, смазывая подшипник, и через канал изливается в скважину. В кольцевой зазор нижнего радиального подшипника вода поступает по каналу из первой ступени насоса и истекает во всасывающую камеру насоса.

Для транспортирования воды от насоса до поверхности земли используют обычные газовые или буровые трубы со стальными муфтами или фланцевым соединением. Применять чугунные резьбовые соединительные муфты не рекомендуется, так как они не выдерживают большой механической нагрузки. Хотя фланцевое соединение значительно удлиняет сроки монтажа и демонтажа насосного агрегата, оно позволяет надежно предохранять изоляцию кабеля, идущего к электродвигателю, от повреждения. Для этого во фланцах делают вырезку, через которую пропускают кабель и крепят к трубе хомутами.

При монтаже насосного агрегата на газовых трубах с муфтовым соединением в местах муфт кабель защища-

ется от повреждения металлическими кожухами из листовой стали и также крепится к трубам хомутами.

К последней напорной трубе приваривают фланец и прикрепляют резьбовыми шпильками к опорной части. Опорная часть представляет собой квадратную плиту с отверстиями под анкерные болты, отлитую вместе с коленом. Опорная плита устанавливается на фундамент и крепится анкерными болтами. Кабель выводится через отверстие в опорной плите агрегата. В верхней части колена имеется резьбовое отверстие для установки манометра. На напорном колене устанавливают задвижку, водомер и обратный клапан. При подаче воды насосом в резервуар, в котором наивысший уровень воды находится ниже напорного колена, устанавливать обратный клапан не рекомендуется.

Электропусковая и контрольная аппаратура, поставляемая заводом, представляет собой магнитную пусковую станцию. Кроме магнитного пускателя в пусковой станции смонтированы различные реле, предохраняющие электродвигатель от преждевременного выхода из строя. В пусковой станции монтируется защита от перегрузок (тепловое или индуктивное реле), защита от короткого замыкания в цепи управления и в силовой линии, защита электродвигателя от холостого хода и работы от двух фаз и другие датчики. К контрольно-измерительным приборам относятся манометр и амперметр, по показаниям которых судят о работе агрегата. На показаниях амперметра отражаются возникновение добавочных механических сопротивлений из-за износа радиальных подшипников, подпятника электродвигателя, выпос вместе с водой механических примесей (песка, глины) и т. д.

Для продолжительности работы насосного агрегата используется счетчик времени СВ-4. Для автоматизации процесса к пусковой станции дополнительно подключают различные реле: максимального и минимального уровня воды в резервуаре или водонапорной башне, реле давления, максимальной глубины до динамического уровня воды в скважине и другие реле специального назначения. Пусковая станция с контрольными приборами может быть расположена на любом расстоянии от скважины, что удобно при групповом управлении насосными агрегатами.

6.

Подбор насосного агрегата

Перед монтажом скважинных насосов необходнмо ознакомиться с паспортными данными на скважины, при этом прежде всего следует обращать внимание на конечный диаметр скважнны, сопоставляя его с габаритами насосного агрегата. По результатам опытных откачек и кривой удельного дебита определяют глубину до динамического уровня при запроектнрованном подъеме воды из скважины. Всас насоса должен находиться в скважине на 2—3 м ниже расчетного динамического уровня. Зная глубину погружения насоса, подготавливают соответствующее количество водоподъемных труб со стальнымн муфтамн нли фланцами.

Перед монтажом нужно проверить глубину скважины до забоя. В случае заиления рабочей части скважины породой необходимо прочистить ствол желонкой или промыть эрлифтной установкой. Во время сооружения скважины проверяют налнчие срезов вырезанных и извлеченных обсадных труб. Эту проверку производят опуском печатей (рнс. 5). По оттиску и глубине спуска печати определяют диаметр и глубину до среза, т. е. до верха оставленной в скважине трубы. Диаметр оставленной в скважине трубы необходимо сопоставить с диаметром запроектированного скважинного насоса. Диаметр деревянного диска обычно на 5—8 мм меньше обсадной трубы, в которую опускают печать.

После монтажа насоса, установки опорной плиты на фундамент и герметизацни устья скважины производят обвязку устья.

Разработан герметический оголовок для скважнных насосов с погружными электродвигателями, представленный на рис. 6.

Оголовки предназначены для герметизации устья скважины, в которых предусматривается установка центробежных скважинных насосов. Пример условного обозначения герметичного оголовка с условным проходом 150 мм конструктивного исполнения 1-ОГ-150.

Герметичный оголовок (рис. 6) состоит из устьевого патрубка *1* и опорной плиты *2*, соединенных между собой при помощи болтов *3*, гаек *4* и прижимных шайб *5*. Устьевой патрубок бетонируют в фундамент устья скважины. Несоосность его относительно колонны обсадных труб не должна превышать 2—3 мм.

Если в устье скважины имеется кондуктор, опорную плиту можно устанавливать непосредственно на кондук-

тор с примененнем промежуточного переходного фланца. Герметнзацню стыка опорной плиты и устьевого патрубка осуществляют с помощью резннового уплотнительного кольца, установленного в паз на опорной плнте. На верхней плоскости опорной плиты размещены три сальннка, служащие для уплотненння жил токоподводящего кабеля, н сальник для уплотнения провода от датчнка «сухого хода». Прн отсутствин датчика «сухого хода» отверстне под сальник закрывают заглушкой.

На опорной плнте нмеется также отверстне, закрывающееся металлнческой пробкой, которое служит для замера уровня воды в скважнне. Оно может быть также использовано для хлорировання воды в скважине.

К колену на опорной плнте приварен штуцер для установкн манометра.

После установки насоса в скважину, оборудованную герметичным оголовком, необходнмо проверить скважину на герметнчность. Для этого проходное отверстне колена и штуцер заглушают и через отверстие для замера уровня воды в скважину компрессором нагнетают сжатый воздух под давлением 0,05 МПа (5 кгс/см^2), предварнтельно смазав мыльным раствором стык опорной плиты и патрубка и сальники. Отсутствие пузырьков воздуха свидетельствует о хорошей герметнзации скважины.

Установка опорной плиты насоса на фундамент способствует более продолжительной его эксплуатации.

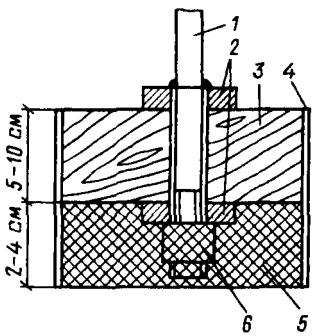


Рис. 5. Печать

1 — газовая труба; *2* — фланец; *3* — деревянный диск; *4* — кровельное железо; *5* — мыло или пластик, глина жирная; *6* — муфта

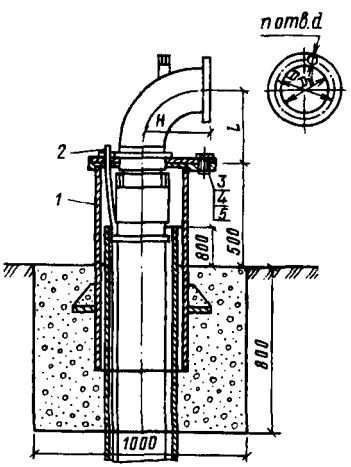


Рис. 6. Герметизация устья скважины

1 — устьевой патрубок; *2* — опорный фланец; *3* — болт; *4* — гайка; *5* — прижимная шайба

Во время работы насосный агрегат и водоподъемные трубы вибрируют, что приводит к ослаблению стыков водоподъемных труб, к утечке воды, уменьшению развиваемого напора и подачи воды, а иногда и к авариям.

В каталоге на скважинные насосы приведены типоразмеры насосов, графики их технических характеристик. Характеристики составлены для эталонных насосов и имеют некоторые отклонения из-за разных конструктивных решений узлов, применяемых материалов.

Развиваемый насосом напор, как правило, не влияет на подачу воды. Например, насос ЭЦВ10 с подачей воды 63 м^3/ч изготавливают для напоров 40, 65, 110, 150, 180 и 270 м. Для увеличения напора устанавливают более мощный электродвигатель и прибавляют число рабочих ступеней.

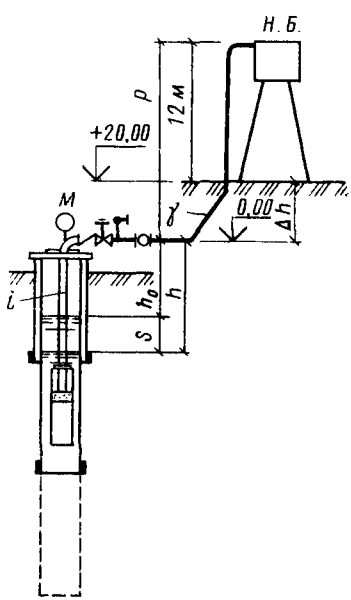


Рис. 7. Схема подсчета требуемого напора

Чтобы подобрать нужный насос при запроектированной подаче воды, необходимо подсчитать потребный напор H. Он складывается из глубины до динамического уровня, потери напора в водоподъемной трубе на участке от динамического уровня до поверхности i, потребного напора от устья скважины до верхнего уровня воды в водонапорной башне резервуара P. При подаче воды непосредственно в водопроводную сеть до верхнего этажа жилого дома напор подсчитывают с учетом разницы абсолютных отметок, потребного напора при изливе в наивысшей точке подачи воды и потерь напора в водопроводной линии Δh (рис. 7).

С учетом возможных увеличений потерь напора в процессе эксплуатации из-за коррозионных отложений на внутренних стенках водопроводных труб, дополнительно установленной сетевой арматуры, фасонных частей подсчитанный потребный напор увеличивают на 10—12 м.

Потери напора в водоподъемной и водопроводной трубах подсчитывают по «Таблицам для гидравлического расчета стальных, чугунных и асбестоцементных труб» Шевелева Ф. А.

Потребный напор от устья скважины до излнва воды замеряется маиометром, установлеиным на оголовке скважины перед задвижкой.

Пример. Требуется подобрать иапор скважиниого иасоса с подачей 20 м³/ч. Вода подается в водоиапориый бак, находящийся иа абсолютиой отметке иа 20 м выше скважины. Высота от поверхиости земли до верхиего уровия воды в баке 12 м. Статический уровеиь h_0 в скважиие устаиовился иа глубиие 60 м. По графику удельиого дебита (см. рис. 2 и 7) при подаче воды 20 м³/ч поиижение уровия S составляет 9 м. Следовательно, динамический уровеиь будет иаходиться иа глубиие $h = h_0 + S = 60 + 9 = 69$ м.

Насос с погружиым электродвигателем должен быть опущеи в скважиину иа глубиину $69 + 3 = 72$ м, считая от всасывающей камеры (3 м — подпор иасоса, иеобходимый для иормальиой работы).

По таблице гидравлических расчетов потери иапора в водоподъемиой трубе иасоса диаметром 70 мм иа каждые 10 м длины составляют 0,9 м. При длиие водоподъемиой трубы 69 м (до динамического уровия) потери иапора составят $0{,}9 \times 6{,}9 = 6{,}2$ м.

На оголовке скважины устаиовлены колено диаметром 70 мм, задвижка, водосчетчик и обратиый клапаи. Суммарные местные потери иапора γ в сетевой арматуре составляют около 1 м. Высота подъема воды в водоиапориый бак с учетом разиицы абсолютных отметок (20 м) и потерь иапора в водопроводиой трубе от скважиины до бака составит $P = 12 + 20 + \gamma_c$ (γ_c — потери иапора в водопроводиой трубе, зависящие от ее диаметра и протяженности). Пусть эти потери равиы 6 м. Тогда необходимый иапор у поверхиости земли составит $12 + 20 + 6 = 38$ м. Следовательно, требуемый иапор иасоса будет равеи $H = h + \gamma + P + i = 69 + 1 + 38 + 6{,}2 = 114{,}2$ м.

С учетом возможиых дополиительиых потерь иапора, которые могут возиикиуть в процессе эксплуатации, расчетиый иапор увеличивают иа 10—15 м. Следовательно, для иашего примера потребуется иасос с иапором ие менее 125—130 м. Наиболее подходящим по каталогу будет иасос марки ЭЦВ8-16-140 с подачей 19 м³/ч воды, с электродвигателем мощиостью 11 кВт.

Если полученный иасос развивает больший иапор, чем требуется, необходимо сиять часть рабочих ступеией с иаправляющими аппаратами, чтобы уменьшить иапор.

Подсчет оставляемых рабочих ступеней, n_0, производят по формулам:

$$n_0 = H_п/\Delta H; \quad \Delta H = H/n,$$

где ΔH — иапор, развиваемый одиим рабочим колесом, м; H — иапор, развиваемый иасосом, м; n — количество устаиовлеиных рабочих колес; $H_п$ — потребиый иапор иасоса, м.

Вместо снятых рабочих колес, с направляющими аппаратами, на вал иасоса устаиавлнвают втулку, размером равную сумме длины снятых рабочих колес. Укорачнвать вал иасоса не рекомендуется.

Пример. Имеется иасос марки ЭЦВ10-63-180 с подачей воды 63 м³/ч и иапором 180 м с девятью ступенями и мощиостью электродвигателя 48 кВт. Необ-

ходим насос с развиваемым напором 110 м (ЭЦВ10-63-110). Одна ступень полученного насоса развивает напор $\Delta H = H/n = 180/9 = 20$ м.

Для получения напора 110 м количество оставляемых рабочих ступеней составит $n_у = H_н/\Delta H = 110/20 = 5{,}5$ ступеней, принимаем 5.

Это соответствует напору насоса ЭЦВ10-63-110. Установленная мощность снижается с 48 до 32 кВт. Подача воды будет производиться при полностью открытой задвижке, что позволит значительно снизить расход электроэнергии.

Годовой перерасход электроэнергии ε, кВт, скважинным насосом при работе с прикрытой задвижкой подсчитывают по формуле

$$\varepsilon = \frac{Q\Delta H}{367{,}2\eta_а} t \cdot 365,$$

где Q — подача воды, м^3/ч; ΔH — разница давления воды до и после задвижки, м; 367,2 — переводной коэффициент; $\eta_а$ — КПД насосного агрегата, %; t — время работы насоса с прикрытой задвижкой за сутки, ч; 365 — количество дней в году.

Допустим, что до снятия лишних ступеней насоса разница давлений на оголовке скважины до и после задвижки составляла 70 м. Насос работает круглосуточно. Подача воды не изменилась (63 м^3/ч). Подставляя данные в вышеприведенную формулу, получаем

$$\varepsilon = \frac{63 \cdot 70}{367{,}2 \cdot 0{,}6} \cdot 24 \cdot 365 = 175\,600 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Перед спуском насосного агрегата в скважину полость электродвигателя заполняют водой. После заливки электродвигателя водой, присоединения к выводным концам токоподводящего кабеля необходимо произвести проверку на сопротивление изоляции обмотки статора, мест спайки выводных концов электродвигателя к токоподводящим кабелям, которые должны быть не ниже 0,5 МОм.

Опорная плита насоса должна опираться на фундамент, который поглощает вибрацию насоса при его работе.

К станции управления скважинного насоса подключают токоподводящий кабель, сечение которого должно соответствовать мощности электродвигателя, датчик холостого хода и защиту от максимального тока. К ней же подключают датчики максимального, минимального уровня воды в резервуаре, баке водонапорной башни, реле давления при подаче воды непосредственно в водопроводную сеть, счетчик числа часов работы насосного агрегата.

Станция управления должна соответствовать мощности электродвигателя насоса. Подключать электродвигатель к силовой линии, минуя станцию управления, категорически запрещается.

7.

Обвязка насоса

Перед монтажом насосный агрегат должен быть испытан на стенде. На рис. 8 показана схема испытательного стенда. Стенд состоит из стакана *6*, обводной трубы *7*, задвижки *4* на напорном сменном колене, водосчетчика *3*, установленного с соблюдением технических условий, электропусковой станции *1* с амперметром, счетчиками реактивной и активной электроэнергии.

Испытываемый насосный агрегат *5* устанавливается в стакан, заполненный водой. Напорное колено с задвижкой, а также трубопровод после задвижки с водосчетчиком должны соответствовать диаметру водоподъемной трубы насоса.

Испытания производят по трем режимам работы агрегата, во время которых снимаются все показатели контрольно-измерительных приборов: амперметра, счетчиков реактивного и активного расхода электроэнергии, манометра, водомера. Подача воды регулируется задвижкой. По трем замерам составляют техническую характеристику насоса (зависимость подачи от напора, потребляемая мощность, КПД агрегата) и сопоставляют ее с паспортными данными. Техническая характеристика должна лишь незначительно от них отклоняться.

В случае незначительных расхождений с паспортными данными насосный агрегат может быть установлен в скважину. До установки по полученным показаниям контрольно-измерительных приборов необходимо подсчитать КПД насосного агрегата.

Подсчет производят по формулам:

$$\eta_{\text{а}} = QH/367{,}2N_{\text{п}};$$
$$\eta_{\text{н}} = \eta_{\text{а}}/\eta_{\text{э}}.$$

Потребляемая мощность электродвигателя $N_{\text{п}}$, кВт, подсчитывается по формуле

$$N_{\text{п}} = \sqrt{3}\, VI \cos\varphi\, \eta_{\text{э}}/1000,$$

где V — напряжение в электросиловой линии, В; I — сила тока, А; $\cos\varphi$ — подсчитывают по показаниям счетчиков активного и реактивного расхода электроэнергии; $\eta_{\text{э}}$ — КПД электродвигателя номинальный, %; $\eta_{\text{а}}$ — КПД насосного агрегата, %; Q — подача воды, м³/ч; N — напор воды и глубина до динамического уровня, м; $\eta_{\text{н}}$ — КПД насоса.

Ниже приведен график для подсчета $\cos\varphi$ по реактивному и активному расходу электроэнергии (рис. 9).

Пример. Показание счетчика активной энергии $A_{\text{а}} = 82\,000$, показание счетчика реактивной энергии $A_{\text{р}} = 52\,000$, откуда $A_{\text{р}}/A_{\text{а}} = 52/82 = 0{,}63$. По графику $\cos\varphi = 0{,}85$.

Перед пуском скважины в эксплуатацию необходимо произвести обвязку устья скважин. В обвязку входят водосчетчик *5*, установленный на обводной линии, сливной патрубок *4*, манометр *3*, или реле давления (контактный манометр), при подаче воды непосредственно в водопроводную сеть *8*, кран для отбора проб воды *2* для анализов, арматура — задвижка *6*, обратный клапан *7* (рис. 10).

Электропусковая стан-

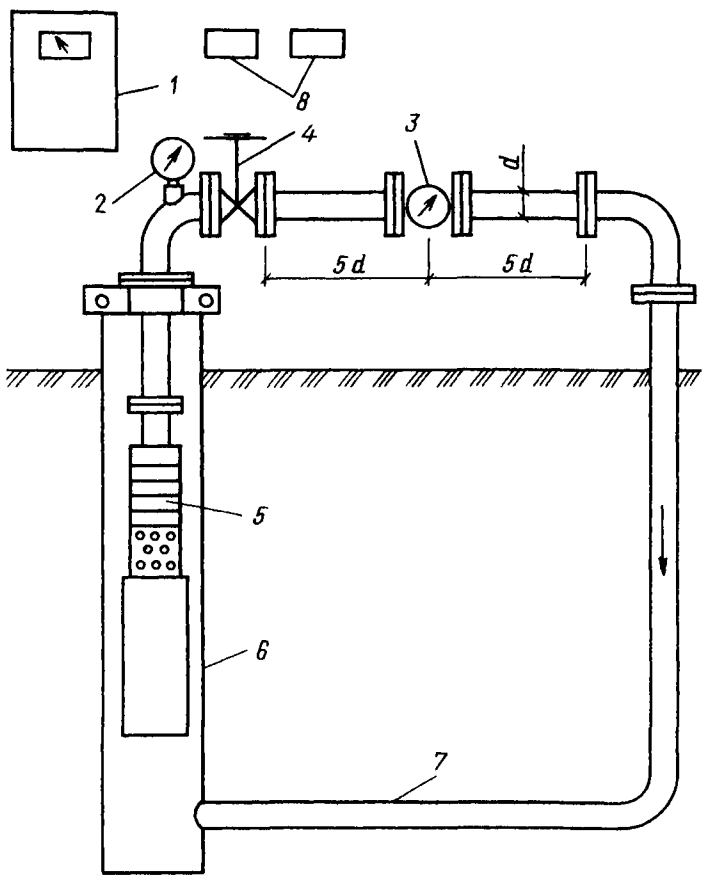


Рис. 8. Испытательный стенд

1 — станция электроуправления; *2* — манометр; *3* — водосчетчик; *4* — задвижка; *5* — насосный агрегат; *6* — стакан; *7* — обводная труба; *8* — электросчетчик реактивной и активной энергии

ция, поставляемая в комплекте с насосным агрегатом, может монтироваться не в павильоне оголовка скважины, а в отдельном помещении диспетчерского пункта. Там же устанавливаются счетчики активной и реактивной энергии для подсчета cos φ электродвигателя.

При установке водомера должны быть соблюдены технические условия на его установку. До и после водомера должны быть выдержаны прямые участки труб, диаметром, равным его калибру, и длиной не менее пяти диаметров от любой сетевой арматуры или фасонной части. Диаметр выбросного патрубка *4* должен быть равным диаметру водоподъемной трубы насоса.

Для погружных электродвигателей допускается колебание напряжения в электросиловой линии ±5%.

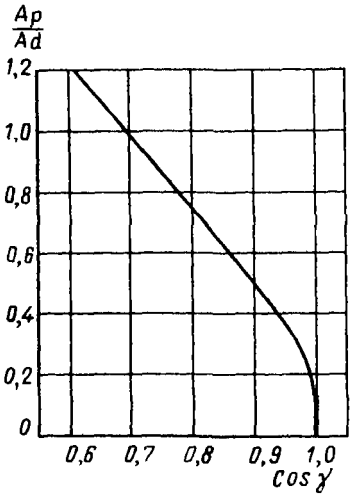


Рис. 9. График для определения cos φ

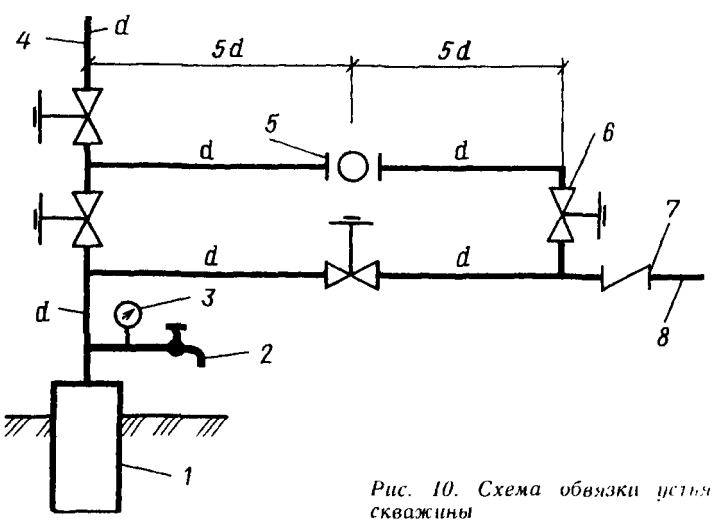


Рис. 10. Схема обвязки устья скважины

При напряжении менее 360 В в обмотке статора образуются индуктивные токи и сильно нагревают электродвигатель. Возрастает сила тока, уменьшается число оборотов двигателя, что приводит к уменьшению подачи воды. При нагреве обмотки статора свыше 65 °С она может перегреться, так как температура плавления полихлорвиниловой изоляции около 65 °С.

Контрольно-измерительные приборы, смонтированные в станции управления насосного агрегата, играют большую роль в процессе ее эксплуатации. Основным контрольно-измерительным прибором является амперметр. С его помощью можно контролировать работу насосного агрегата и скважины. Возрастание силы тока сигнализирует о нежелательных дополнительных нагрузках на электродвигатель: механических трениях во вкладышах радиальных подшипников агрегата, подпятника, трении рабочих колес о направляющие аппараты, пескование скважины, повышении давления в водопроводной сети вследствие засора труб геологическими породами или уменьшения сечения из-за отложившихся различных солей. Уменьшение силы тока сигнализирует об уменьшении подачи воды вследствие утечки ее через стыки водоподъемных труб: коррозионные отверстия, сетевую арматуру. Износ рабочих секций насоса также уменьшает количество подаваемой воды.

Колебание стрелки амперметра (без установленного датчика холостого хода) может происходить из-за подсоса воздуха через всас насоса при недостаточной глубине его погружения или колебания напряжения в электросиловой линии. При установке датчика холостого хода электродвигатель отключается.

При помощи манометра контролируют давление в водопроводной сети. Резкое уменьшение давления сигнализирует об утечке воды в стыках водоподъемных труб или водопроводной сети. Из-за неравномерного водопотребления также происходит сильное колебание давления. Постепенное уменьшение подачи воды говорит об износе рабочих секций насоса.

Водосчетчик подсчитывает количество подаваемой насосом воды. Устанавливать его на основной линии не рекомендуется, особенно при подаче воды непосредственно в водопроводную сеть. Гидравлические удары, возникающие в сети, в короткий срок выводят его из строя.

В табл. 1 и 2 приведены данные пропускной способности водосчетчиков (водомеров) с вертикальной и горизонтальной осью крыльчатки и пределы их измерений.

Датчик максимального и минимального уровней устанавливается в резервуаре или в баке водонапорной башни, чтобы не допустить

Таблица 1. **Пропускная способность водомеров с вертикальной осью**

Калибр водомера, мм	Номинальный расход, м³/ч	Минимальный расход, м³/ч	Пределы измерений, л/ч	
			нижний	верхний
15	3	1,5	100	2000
20	5	2,5	150	3200
25	7	3,5	200	5000
32	10	5	350	8000
40	20	10	500	12 600

Таблица 2. **Пропускная способность водомеров с горизонтальной осью**

Калибр водомера, мм	Номинальный расход, м³/ч	Максимальный расход, м³/сут	Пределы измерений, м³/ч	
			нижний	верхний
50	70	140	3	22
80	250	500	6	80
100	440	880	8	140
150	1000	2000	12	320
200	1700	3400	18	550

перелив воды и поддерживать заданный уровень воды. При верхнем уровне воды насос отключается, при нижнем включается. Это позволяет обеспечивать бесперебойную подачу воды и избежать излишнего расхода электроэнергии.

Реле давления устанавливается на водонапорной линии при подаче воды непосредственно в сеть. Оно устанавливается на заданный диапазон для поддержания постоянного давления в водопроводной сети. При повышении давления сверх необходимого насос останавливается, при понижении — включается.

Счетчик учета времени работы насоса устанавливается в павильоне скважины или на диспетчерском пункте. Он необходим для подсчета среднесуточной подачи воды.

В зависимости от количества эксплуатируемых скважин, их разбросанности и схемы подачи воды водопотребителям выбирается схема управления насосными агрегатами. Управление одиночно стоящей скважиной с подачей воды непосредственно в водопроводную сеть осуществляется дежурным мотористом при помощи ручного управления. Дежурный моторист включает или выключает насос в зависимости от давления в водопроводной сети. При установке реле давления или датчика верхнего и нижнего уровней воды в баке водопроводной башни работа

скважины автоматизируется и надобность в мотористе отпадает.

При групповом расположении скважин управление насосными агрегатами производится из диспетчерского пункта. В этом случае дистанционное управление насосными агрегатами осуществляется дежурным диспетчером по линиям связи. На щите дистанционного управления смонтированы различные контрольно-измерительные приборы, световая сигнализация, подключенная к датчикам, кнопки пуска и остановки насосов, сигнализация об их аварийной остановке.

Дежурный диспетчер контролирует работу группы скважин, обеспечивает бесперебойность подачи воды в резервуар и водопроводную сеть насосами II подъема. При аварийной остановке насосов вызывает аварийную бригаду для устранения неисправностей. Он полностью несет ответственность за соблюдение графика работы водозабора.

Телеуправление также является дистанционным управлением комплекса водопроводных сооружений. Основанное на телемеханике, оно охватывает совокупность технических средств управления и контроля производственной работы оборудования на большом расстоянии.

8.

Техническое обслуживание скважин

К обслуживанию скважин допускаются лица, прошедшие медицинское обследование, изучившие инструкцию по технической эксплуатации и правила техники безопасности.

При эксплуатации насосного агрегата дежурный машинист обязан вести журнал работы скважины, строго соблюдать должностную инструкцию и знать основные неисправности в работе скважины и насосного агрегата. Дежурный машинист должен заносить в журнал часы пуска и остановки работы насосного агрегата, а показания амперметра, вольтметра, манометра через каждый час; один раз в смену заносить в журнал показания водомера и электросчетчика.

Кроме того, один раз в квартал дежурный машинист должен участвовать в замерах уровней воды в скважине, в контрольных замерах среднемесячной подачи воды, расхода электроэнергии и полученные данные заносить в журнал работы скважины. Он также должен присутствовать при монтаже на-

сосного агрегата, записать в журнал марку установленного насосного агрегата, с указанием глубины его спуска в скважину, и показания контрольно-измерительных приборов при пробном пуске его в работу.

В случаях обнаружения каких-либо неисправностей в работе скважины (колебания стрелки амперметра, снижения напряжения в электросиловой линии и давления в водопроводной сети), а также при появлении постороннего шума во время работы насосного агрегата, он должен немедленно остановить его и произвести запись в журнале, затем доложить об этом механику, энергетику и главному инженеру для принятия неотложных мер. За несвоевременное выполнение указанных выше мероприятий машинист несет полную ответственность.

Во время дежурства машинист обязан производить мелкий текущий ремонт насоса (набивку сальников и их подтяжку), ликвидировать утечки воды из сетевой арматуры оголовка скважины, поддерживать надлежащее санитарное состояние в павильоне.

Во время дежурства машинисту запрещается заниматься посторонними делами, отлучаться без разрешения с рабочего места, доверять управление агрегатом посторонним лицам, производить его ремонт без остановки.

Пуск в эксплуатацию насосного агрегата при отсутствии противодавления производят при закрытой задвижке. После достижения паспортного давления на напорном оголовке скважины постепенно открывают задвижку. Остановка агрегата осуществляется постепенным закрыванием задвижки, после чего выключают электродвигатель. Остановка электродвигателя при открытой задвижке может привести к гидравлическому удару, разрыву магистральных водопроводов, нарушению герметизации стыковых соединений, а иногда к падению насоса в скважину.

Правильно организованное обслуживание и наблюдение за работой насосного агрегата позволяет своевременно обнаружить и ликвидировать появившиеся неисправности.

Основные неисправности при работе насоса, их причины и способы устранения приведены в табл. 3.

Таблица 3. **Основные неисправности в работе скважинных насосов с погружными электродвигателями**

Неисправности	Причина	Устранение
Недостаточный напор	1. Электродвигатель вращается в противоположную сторону 2. Разрыв напорных труб 3. Часть рабочих колес проворачивается на валу	1. Переменить фазы на клеммах 2. Заменить напорную трубу 3. Демонтировать насос и устранить неисправности
Снизилась подача воды	1. Коррозия напорных труб 2. Коррозия приемной сетки 3. Рабочие колеса подняты слишком высоко 4. Износились лопатки рабочих колес 5. Разрыв напорных труб. Утечка воды через неплотности соединений напорных труб насоса или через корродированные отверстия 6. Сработались пластмассовые сегменты подпятника	1. Демонтировать и очистить напорные трубы от осевших солей 2. Демонтировать и очистить сетку 3. Демонтировать и отрегулировать осевой зазор 4. Демонтировать и заменить колеса 5. Демонтировать и заменить трубу, ликвидировать утечку 6. Демонтировать и заменить сегменты
Вода не подается	1. Уровень воды в скважине ниже всасывающей сетки 2. Всасывающая сетка насоса полностью забита солями	1. Заглубить насос, добавляя напорные трубы, если позволяет напор насоса. В противном случае заменить насос на насос с большим напором 2. Демонтировать насос и очистить сетку
Заниженные показания амперметра	1. Малая подача воды	1. Открыть задвижку больше

Продолжение табл. 3

Неисправности	Причина	Устранение
	2. Заниженный напор 3. Электродвигатель вращается в противоположную сторону	2. Прикрыть задвижку 3. Переменить фазы на клеммах
Завышенные показания амперметра	1. Сработались пластмассовые сегменты подпятника; рабочие колеса трутся о корпус 2. Насос качает воду с большим содержанием песка 3. Повреждены пластмассовые вкладыши радиальных подшипников насоса или электродвигателя, сработался подпятник	1. Демонтировать и заменить сегменты 2. Уменьшить расход воды, прикрывая задвижку 3. Демонтировать и заменить вкладыши подшипников и подпятник
При пуске завышается сила тока. Ротор электродвигателя не вращается. Срабатывает защита в пусковой станции	1. Упало напряжение в подводящей электросиловой сети 2. Заклинило вал насоса из-за неправильной сборки насоса с электродвигателем 3. Текстолитовые вкладыши радиальных подшипников разбухли 4. Пуск агрегата произведен на двух фазах	1. Проверить напряжение в сети вольтметром 2. Демонтировать агрегат, проверить вращение валов, подложить шайбы 3. Демонтировать агрегат; заменить вкладыши 4. Проверить напряжение на фазах
После кратковременной работы агрегата срабатывает защита пусковой станции	1. Электродвигатель перегружен 2. Установленная пусковая станция не соответствует электродвигателю. Станция не отрегулирована по номинальному току электродвигателя 3. Повреждена изоляция одной из фаз токоподводящего кабеля 4. Сильные механические трения 5. Большие гидравлические потери на участке длины электродвигателя	1. Уменьшить подачу воды насосом 2. Заменить станцию, отрегулировать по номинальному току электродвигателя 3. Демонтировать агрегат, исправить повреждение кабеля 4. Демонтировать агрегат, устранить трения 5. Загрузить насос глубже

9.

Неисправности в работе скважин и их устранение

К неисправностям в работе скважины относятся: уменьшение подачи воды, изменение ее качества и некоторые другие дефекты, допущенные буровой организацией, которые впоследствии выявляются в процессе эксплуатации.

На уменьшение подачи воды оказывает влияние увеличение глубины до статического и динамического уровней воды в скважине. Это может быть прогрессирующим или периодическим явлением. Прогрессирующее увеличение глубин связано с истощением водоносного горизонта или постепенным уменьшением рабочей площади скважины вследствие засора ствола геологическими породами или закупорки водоприемной рабочей части фильтра различными отложившимися солями, мелкими фракциями геологических пород, кольматацией прифильтровальной зоны.

Периодическое увеличение глубин до статического и динамического уровней воды связано с влиянием работы другой скважины, находящейся в зоне депрессионной воронки или с гидравлической взаимозависимостью эксплуатационного водоносного горизонта с поверхностными атмосферными водами.

Нередки случаи поглощения вод одного эксплуатационного горизонта другими, с меньшим пьезометрическим напором через коррозионные отверстия обсадных труб или из-за дефектов, допущенных буровой организацией при сооружении скважины (незаделки срезов вырезанных труб, отсутствии или некачественной подбашмачной и затрубной цементации).

В табл. 4 приведены причины изменения глубин до динамического и статического уровней воды в скважине.

Ликвидировать отклонения можно различными способами. Уменьшение подачи воды без изменения глубины до статического уровня связано с износом насосного агрегата или с уменьшением напряжения в электросиловой линии. Устранить эти неисправности можно профилактическим ремонтом насоса и регулировкой напряжения в трансформаторной подстанции.

При неизменной глубине до статического и динамического уровней уменьшение подачи воды связано с утечкой ее через неплотности стыков или коррозионные отверстия водоподъемных труб. В этом случае демонтируется насос и ликвидируются перечисленные дефекты.

Увеличение глубин до

статического и динамического уровней скважины объясняется истощением эксплуатационного водоносиого горизонта, отбором воды свыше установлениого баланса и является грубым нарушением правил эксплуатации подземных вод. Чтобы предотвратить полное прекращение водоотдачи скважины, необходимо сократить подачу из иее воды.

Из-за гидравлической связи эксплуатационного водоиосного слоя с поверхностными атмосферными водами происходит изменение качества воды в физико-химическом и бактериологическом отношениях, что требует более строгой зоны санитарной охраны.

Увеличение глубины до динамического уровня при неизменной глубине до статического уровня встречается наиболее часто и связано с уменьшением притока воды в скважину через ее рабочую часть.

Уменьшение поверхности рабочей части скважины вызвано заилением ствола

Таблица 4. **Причины изменеиия глубин до уровия воды в скважиие**

Статический уровень воды	Динамический уровень воды	Удельный дебит	Возможные причины изменения
Без изменения	Выше, чем раньше	Без изменения или несколько больше	Уменьшение подачи воды насосом
Понизился	Понизился	Без изменения	Районная депрессия, истощение водоносиого слоя
Периодически понижается	Периодически понижается	То же	Влияиие работы соседней скважины. Эксплуатационный водоносиый горизонт гидравлически связаи с поверхностными водами; влияние атмосферных осадков
Без изменения	Ниже, чем раньше	Уменьшился	Уменьшение притока воды в скважину через рабочую часть: заиление, зарастанне фильтра, кольматация прнфильтровальной зоны
Ниже, чем раньше	То же	Почти без изменения	Поглощение воды из скважины через дефекты обсадных труб, находящнхся выше днамического уровня
То же	»	Уменьшился	То же, но дефекты в трубах находятся ннже динамического уровня, районная депрессия, влияние соседней скважины

скважины, химической закупоркой фильтровального участка, кольматацией прифильтровальной зоны. При заилении ствола скважины геологическими породами производят его чистку буровым инструментом (желонкой) и промывают эрлифтной установкой. В настоящее время эрлифтная установка применяется редко. Наиболее эффективным способом очистки ствола скважины от заиления в настоящее время является использование скважинного насоса с погружным двигателем. На рис. 11 показана схема приспособления на насосе для очистки скважины.

Максимальный диаметр скважинного насоса с погружным двигателем должен

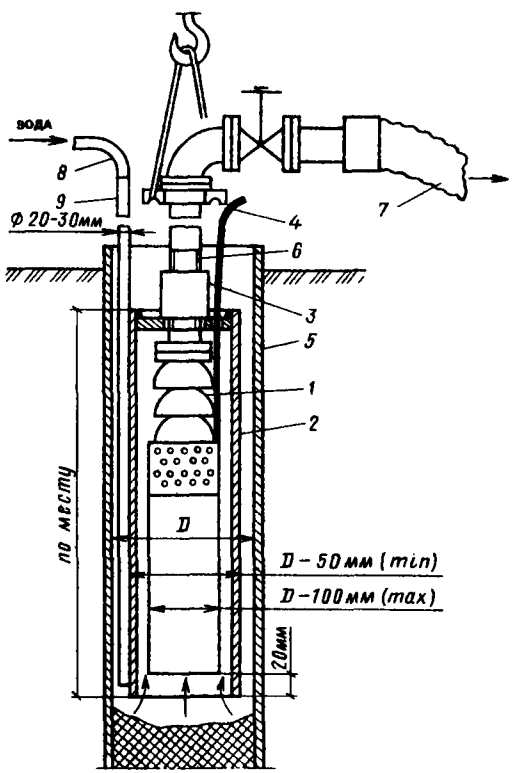


Рис. 11. Приспособление для чистки скважины

1 — скважинный насос с погружным электродвигателем; *2* — стакан; *3* — усиленная муфта; *4* — токоподводящий кабель; *5* — фильтровальная труба; *6* — водоподъемная труба; *7* — гофрированный шланг; *8* — резиновый шланг; *9* — водоподъемная труба

быть на 100 мм меньше диаметра фильтровальной трубы или рабочей части скважины, а днаметр стакана на 50 мм. Насос вставляется в стакан, а его напорный патрубок соединяется с водоподъемной трубой с помощью усиленной муфты. Кабель и водоподающая труба для размыва заиления выводятся из стакана. Герметизация их не требуется. Приспособление подвешивается на тросе и с водоподъемными трубами опускается в скважину. Включение в работу насосного агрегата производят не доходя 1 м до заиления. К колену водоподъемной трубы присоединяют гофрированный шланг для отвода воды, а к водоподающей трубе — резиновый шланг, подключенный к водопроводной трубе. По мере осветления воды и уменьшения выноса осевшей геологической породы приспособление постепенно опускают глубже до тех пор, пока не очистят полностью ствол скважины. Практика применения этого приспособления показала, что скорость очистки ствола скважины от мягких отложений и песка составляет около 10 м в час. Но при работе не рекомендуется допускать большого выноса отложений, так как это может привести к износу насоса, к забивке отложениями зазора между корпусом электродвигателя и стаканом.

Химическую закупорку фильтра мягкими отложениями, кольматацию прифильтровальной зоны устраняют гидро- или пневмопромывкой, путем нагнетания через кольцевую форсунку под давлением воды или сжатого воздуха. Промывку рабочей части фильтра начинают снизу, постепенно поднимая форсунку. Давление у кольцевой форсунки должно быть не менее 0,4 МПа. По окончании промывки фильтра производят прокачку скважины насосом.

Но наибольший эффект при устранении закупорки фильтра достигается проведением пиротехнических работ, подрывом детонирующего шнура или сжиганием пороха в зоне рабочей части скважины. Пиротехнический метод применяется при ликвидации как механической, так и химической закупорки фильтра. Основным принципом этого способа является использование энергии взрыва малых зарядов взрывчатого вещества для разрушения отложившихся осадков на фильтре, в прифильтровальной зоне, а также ликвидация механической закупорки мелкими фракциями геологических пород.

С этой целью применяют торпеду из детонирующего шнура (ТДШ) (метод разработан ВНИИгеофизики) и снаряд с черным дымным порохом (метод разработан специализированным управлением Росводоканалналадка МЖКХ РСФСР).

В первый момент газы, образующиеся при взрыве пороха, находятся под большим давлением в окружа-

ющей среде — воде. Затем они начинают расширяться, и давление в пузыре снижается. При уравновешивании давления в газовом пузыре со столбом воды над ним газы приобретают большую скорость и по инерции продолжают расширяться до израсходования всего запаса кинетической энергии.

При прохождении газового пузыря через фильтр в затрубное пространство на стенках труб разрушается осадок, а в зафильтровальном пространстве — плотная сцементированная пленка.

Когда давление в газовом пузыре будет ниже гидростатического, на осадок действуют силы, стремящиеся выбросить освободившиеся частицы пород и осадок внутрь фильтра. Этот процесс повторяется и со временем постепенно затухает.

Такая пульсация газового пузыря с затухающей амплитудой колебания давления происходит несколько раз за один взрыв до израсходования всего запаса кинетической энергии и способствует вибрации окружающей среды и устранению осадков с фильтра.

До производства взрывных работ необходимо ознакомиться с конструкцией скважины, фильтра, структурой и фракциями водоносных пород, результатами откачек воды, анализами воды и сравнить их с первоначальными, а также с гидрологическими изменениями, происшедшими со времени эксплуатации скважины. Перед пуском снаряда необходимо проверить глубину скважины. В случае заиления или засора рабочей части фильтра породой или посторонними предметами она должна быть вычищена, а посторонние предметы извлечены.

ТДШ состоит из заряда, представляющего собой 1—3 отрезка шнура, связанного в пучок и находящегося в водостойкой оболочке, и смонтированных на стальном тросе головки с электродетонатором или взрывпатроном, с помощью которого производится подрыв шнура, приспособления для центрирования торпеды в зоне ее подрыва и груза для натяжения троса. Торпеда содержит 12,5 г взрывчатого вещества на 1 м длины шнура.

Промышленность выпускает два типа торпед: ТДШ-50 и ТДШ-25, отличающихся диаметром и конструкцией головки.

ТДШ-50 имеет максимальный диаметр 50 мм и головку многократного действия. В головке помещается электродетонатор и отрезок детонирующего шнура, от которого детонация передается всему заряду торпеды.

ТДШ-25 имеет максимальный диаметр 25 мм. В ее головке заложен взрывной патрон разового действия и электродетонатор. Взрывной импульс детонирующему шнуру передается через стенку патрона.

Длина торпеды соответствует длине рабочей части скважины. Согласно инструк-

ции в зависимости от конструкции фильтра производят 1—2 взрыва торпеды. Собранную торпеду присоединяют к токоподводящему кабелю и на нем опускают ее на заданную глубину. Затем производят подрыв торпеды. После подрыва из скважины извлекают головку и стальной трос с центрующим устройством и грузом.

Применение пороховых снарядов для восстановления дебита скважины не требует специального оборудования, больших капитальных затрат, продолжительного времени. Кроме того, порох обладает небольшой разрушающей силой, вследствие чего значительно уменьшается возможность разрушения каркаса и прорыва фильтровальной сетки. Амплитуда колебания давления в газовом пузыре после подрыва порохового снаряда в координатной сетке более плавная и продолжительная, чем при подрыве детонирующего шнура.

Снаряд представляет собой обычную стеклянную бутылку вместимостью 0,5 л, в которую насыпается черный дымный порох. В него вставляют электрозапал из стальной проволоки, к которому присоединяют электропроводный кабель с водонепроницаемой изоляцией. Герметизация заряда осуществляется набивкой бумажного пыжа, поверх которого насыпают сухой песок, а горлышко заливают расплавленным гудроном (битумом) (рис. 12).

Стеклянные бутылки следует применять при спуске снаряда в воду на глубину не более чем на 35—40 м, считая от статического уровня. При большом столбе воды над снарядом бутылка может быть раздавлена гидростатическим давлением. В этих случаях вместо бутылок следует применять металлические стаканы, изготовленные из обрезков газовых труб диаметром 63—100 мм.

Для заряда рекомендуется применять черный дымный порох. Его количество зависит от диаметра фильтра, высоты столба воды под снарядом, структуры и фракций водоносных пород, степени коррозии каркаса и характера закупорки фильтра. Поскольку определить ряд факторов, влияющих на величину заряда, невозможно, ори-

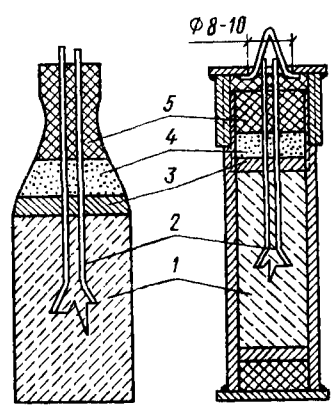


Рис. 12. Пороховой снаряд

1 — черный дымный порох; *2* — электрозапал; *3* — бумажный пыж; *4* — песок; *5* — битум, гудрон

ентировочно насыпают 200—400 г пороха.

Как правило, массу заряда определяют практическим путем, начиная подрывы снарядом с минимальной массой заряда. При незначительной эффективности массу увеличивают и производят повторный взрыв. Практика показала, что в скважинах, оборудованных сетчатыми фильтрами, масса заряда не должна превышать 0,5 кг, в перфорированных трубах — 1 кг черного дымного пороха.

При ликвидации механической закупорки и глинизации (после роторного бурения) заряды должны иметь большую массу, чем при ликвидации мягких отложений (например, гидроксида железа).

Подрывы снарядов производят в рабочей части фильтра, начиная снизу, через каждые 1—1,5 м. Категорически запрещается подрывать несколько снарядов, так как это может привести к разрушению каркаса фильтра и повреждению фильтровальной сетки. Во время подрывов пороховых зарядов устье скважины должно быть полностью открыто.

Не следует подрывать заряды на расстоянии выше 1,5 м от сальника надфильтровальной трубы, а также в глухих участках фильтра. Несоблюдение этих условий может привести к разрушению сальника или фильтра. После подрывов снарядов по всей длине рабочей части фильтра осуществляют строительную прокачку скважины, чтобы удалить продукты взрыва, разрушенные осадки и освободившиеся частицы пород.

Пиротехнические работы производят также и в скважинах, не оборудованных фильтрами. В этих случаях цель работ — увеличение рабочей поверхности или трещиноватости устойчивых водоносных пород и освобождение трещин от осевших в них мелких фракций геологических пород.

Торпедирование допускается выполнять в скважинах при наличии столба воды в них не менее чем 30 м над местом взрыва и глубине 5 м от башмака последней колонны обсадных труб. При меньшем столбе воды применять торпедирование неэффективно, так как может произойти выброс воды из скважины.

При производстве взрывных работ в скважинах, не оборудованных фильтрами, корпус торпеды изготовляют из асбестоцементной трубы возможно большего диаметра. Чем меньше кольцевой зазор между корпусом торпеды и породой, тем больший эффект от взрыва. Торпеды с металлическим корпусом применять не рекомендуется, так как затрудняется извлечение из скважины остатков торпеды. В качестве взрывчатого вещества для торпедирования обычно используют аммонал или тротил. Его массу G, кг,

подсчитывают по формуле

$$G = 8{,}3\,(R^3/abc),$$

где R — наибольший радиус разрушения в зависимости от крепости пород (принимается 0,5—1,5 м); a — коэффициент сопротивления породы (для известняков 0,5, для гранита 0,3, мягких глин 1,2); b — коэффициент материала торпеды (для стали 0,9, асбестоцемента 1); c — коэффициент, зависящий от разницы диаметров между корпусом торпеды и скважиной (при разности диаметров 25 мм он равен 0,95, 38 мм — 0,9, 50 мм — 0,85).

На рис. 13 показана торпеда, изготовленная из асбестоцементной трубы. Нижняя и верхняя части корпуса торпеды забиты деревянной пробкой *1* и залиты гудроном *2* или битумом. Для увеличения массы в нижнюю и верхнюю части насыпают песок *3*, затем аммонал или тротил *5* с электродетонаторами *4* и заливают гудроном или битумом. Электропроводка от электродетонаторов выводится из торпеды через верхнюю пробку. Заряженную торпеду опускают в скважину на стальном или пеньковом канате и производят подрыв на заданной глубине. Торпедирование следует начинать с нижней части (забоя) скважины. Обычно производят 2—5 взрывов на различных глубинах. При взрыве торпеды порода разрушается в радиусе 0,5—1,5 м, а по высоте 2—4,5 м. При взрыве торпеды помимо разрушения породы и увеличения трещиноватости образующиеся при взрыве торпеды газы вытесняют воду и породу из скважины на

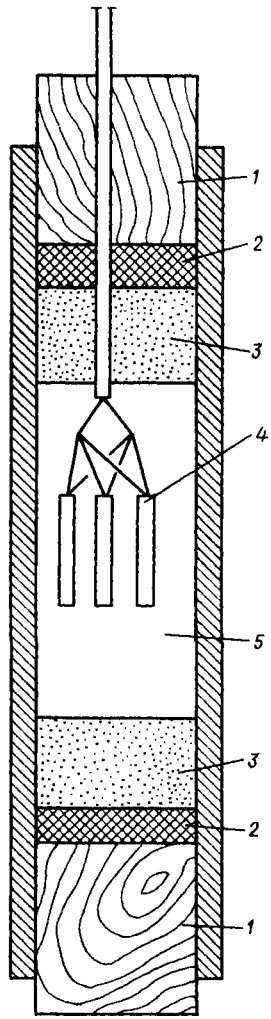


Рис. 13. Торпеда

большое расстояние. После взрыва вода снова с большой скоростью устремляется в скважину, что способствует интенсивной промывке трещин и вымыванию из них мелких частиц и отложений. После окончания взрывных работ ствол скважины очищают от породы и остатков корпуса торпеды и производят прерывистую прокачку. В результате торпедирования удельный дебит скважины значительно возрастает, так как увеличивается трещиноватость пород и поверхность рабочей части скважины.

Если торпедирование производят для того, чтобы восстановить удельный дебит скважины, масса заряда не должна превышать 6—8 кг. Заряды в скважину опускают в полиэтиленовом мешке, а на токоподводящий кабель подвешивают груз. В этом случае наблюдается незначительное разрушение пород, но происходит интенсивная прочистка трещин от мелких фракций пород. Если торпедирование необходимо для увеличения рабочей поверхности скважины за счет разрушения водоносных пород, то масса заряда должна составлять 18—28 кг в зависимости от крепости водоносных пород.

Химическую закупорку фильтра отложившимися солями в зависимости от их характера устраняют также гидравлическим или химическим способом. По своему характеру закупорка фильтров подразделяется на мягкую (гидроксил железа) и твердую (сернистое железо при наличии в воде сероводорода, редко известковый туф). Мягкие осадки вымывают при прерывистой прокачке скважины, твердые отложения — только химическим способом.

Во время отбора воды из скважины при прохождении ее через рабочую часть фильтра нарушается химическое равновесие состава подземной воды. Гидравлическое сопротивление фильтра способствует интенсивному выделению растворенных в воде газов: кислорода, углекислоты, сероводорода. Газы вступают в химическую реакцию с растворенными в воде металлами, образуя их оксиды, которые впоследствии осаждаются на фильтрах, закупоривая отверстия.

Реакция протекает по следующей схеме:

$$2HCO_3 \rightarrow CO_2 + CO_3 + H_2O.$$

При наличии в воде бикарбоната закисного железа $Fe(HCO_3)_2$ последний распадается и образуется гидроксил железа

$$Fe(HCO_3)_2 \rightarrow Fe(OH)_2 + 2CO_2;$$
$$Fe(OH)_2 + O_2 + H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_2.$$

При наличии в воде большого количества катионов кальция и магния образуются карбонаты кальция $CaCO_3$ и магния $MgCO_3$.

Помимо образования солей в виде гидроксила железа, карбоната кальция и магния, выделяющиеся газы вступают в химическую ре-

акцию с металлом фильтра, коррозируя его. При наличии блуждающих токов и различии потенциалов в металлах, из которых изготовлены детали фильтров, возникают гальванические пары, приводящие к осаждению солей и электрохимическому разрушению фильтра.

Химический способ заключается в переводе нерастворимых осадков гидроксила железа, карбоната кальция, магния и других отложившихся солей в растворимые. Он основан на способности соляной кислоты растворять отложения как непосредственно на фильтре, так и в зафильтровальном пространстве. Химические процессы протекают по следующим уравнениям:

$$Fe(OH)_3+3HCl\rightarrow FeCl_3+3H_2O;$$
$$CaCO_3+2HCl\rightarrow CaCl_2+H_2O+CO_2;$$
$$MgCO_3+2HCl\rightarrow MgCl_2+H_2O+CO_2;$$
$$FeCO_3+2HCl\rightarrow FeCl_2+H_2O+CO_2;$$
$$FeS+2HCl\rightarrow FeCl_2+H_2S;$$
$$CaS+2HCl\rightarrow CaCl_2+H_2S.$$

Для обработки скважин применяют несколько разновидностей соляной кислоты (табл. 5).

При заказе кислоты для обработки скважины необходимо указывать, что кислота будет применена для обработки пищевого продукта. Это очень важно, так как в качестве ингибитора в кислоту могут добавить мышьяк, формалин и другие вещества, оказывающие вредное воздействие на организм человека. Количество соляной кислоты должно быть в 1,5 раза больше объема рабочей части скважины.

Кислоту заливают в скважину через заливочную трубу диаметром 32 или 38 мм, опущенную до рабочей части фильтра. Во время заливки во избежание ожогов следует надевать предохранительные очки и закрывать нос и рот марлевой повязкой. После заливки всей порции кислоты заливочную трубу извлекают и устье скважины заглушают фланцем, к которому приварен патрубок с

Таблица 5. **Виды соляной кислоты, применяемые для обработки водяных скважин**

Кислота	Концентрация, %	ГОСТ или ТУ
Кислота соляная синтетическая техническая:		
марка А	Не менее 35	ГОСТ 857—78*
марка Б	33	ГОСТ 857—78*
Кислота соляная техническая	Не менее 31,5	ТУ 6-01-468—78
То же	Не менее 27,5	ТУ 6-01-1194—79
Кислота соляная из газов хлорорганических производств:		
сорт I очищенная	30	ТУ 6-01-193—75
сорт II неочищенная	27,5	

двумя кранами и манометром. К одному из кранов присоединен гибкий шланг, идущий к передвижному компрессору или к баллону с азотом. Воздух, поступающий через кран в обсадную трубу, давит на поверхность воды в скважине, которая, в свою очередь, давит на соляную кислоту, находящуюся в фильтре, и вытесняет ее в зафильтровальное пространство. Во время прохождения через фильтр кислота взаимодействует с солями, растворяя их.

Спустя 1 ч кран, через который нагнетают воздух, закрывают и открывают кран для выпуска воздуха. Соляная кислота снова поступает в скважину и уровень воды восстанавливается. Так проделывают 5—6 раз.

Давление воздуха зависит от размера столба воды над фильтром. При вытеснении соляной кислоты уровень воды в скважине не должен падать ниже верхней части фильтра.

После обработки фильтра соляной кислотой скважину прокачивают прерывистой откачкой при помощи эрлифтной установки для выноса продуктов реакции и мелких частиц пород. Производить прокачку насосом с погружным электродвигателем не рекомендуется, так как непрореагировавшая кислота может попасть в электродвигатель и повредить его.

Аналогично обрабатывают соляной кислотой скважины, пробуренные в устойчивых трещиноватых водоносных известняках. При вытеснении соляной кислоты из скважины сжатым воздухом она проникает по трещинам на большое расстояние, растворяя на своем пути известняки, и этим самым увеличивает трещиноватость. Для экономии соляной кислоты при обработке отдельных участков фильтров применяют кислотную пробку (рис. 14). При этом способе прочистки скважины расходуется 30—40 кг ингибированной соляной кислоты на 1 м фильтра.

Кислотная пробка представляет собой патрубок с

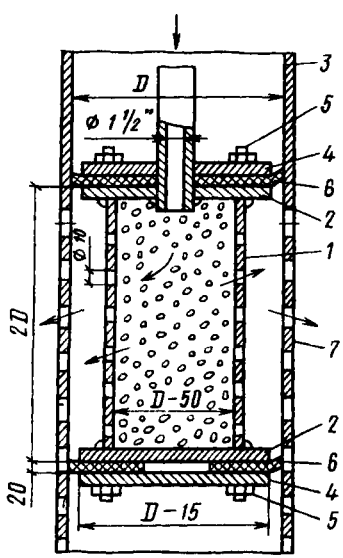


Рис. 14. Кислотная пробка

1 — патрубок с отверстиями; *2* — фланец; *3* — заливочная труба; *4* — прижимной фланец; *5* — шпилька; *6* — резиновая прокладка

фланцами, диаметр которого на 50 мм меньше диаметра фильтровальной трубы. В патрубке просверлены отверстия диаметром 8—10 мм. Через верхний фланец вводится заливочная труба. Между фланцами при помощи болтов зажимается резиновая прокладка толщиной 10—20 мм, плотно прилегающая к стенкам фильтра. Высота патрубка должна быть в 2 раза больше диаметра фильтра. Флаицы делают иа 15 мм меньше внутреннего диаметра фильтра.

Кислотную пробку опускают до обрабатываемого участка и в нее заливают кислоту. Через заливочную трубу кислота поступает в патрубок, а из него через отверстия в фильтр и далее в зафильтровальное пространство. Залив в пробку кислоту, ее опускают глубже и обрабатывают последующий участок. После обработки всего фильтра производят обычную прерывистую прокачку.

В последнее время разработана новая установка для очистки рабочей части фильтров от продуктов коррозии и отложений различных солей. Ее работа основана на электрогидравлическом эффекте, возникающем в воде от электрических разрядов тока высокого напряжения. Установка состоит из генератора, конденсатора, разрядника с токоподводящим кабелем и панели автоматической настройки. Установка монтируется на шасси любой грузовой автомашины. Разрядник, соединенный с кабелем, опускают в скважину до заданной глубины. Энергия от генератора в виде импульсов тока высокого напряжения подается на электроды разрядника и создает разряды с импульсом 5—8 с. Через каждые 3—5 или более разрядов в зависимости от длины фильтра разрядник поднимается выше на 0,15—0,2 м. Установка полностью автоматизирована, питание осуществляется от сети напряжением 380 В.

10. Восстановление качества воды

Химический состав подземной воды разнообразен. Как правило, химический состав воды для питьевых целей должен находиться в пределах допустимых норм, указанных в ГОСТ 2874—82. Очень часто анализ проб воды после окончания сооружения скважины расходится с анализами воды, проведенными при эксплуатационной откачке. Это объясняется некачественной строительной

откачкой, при которой из скважины выкачивают меньше воды, чем это предусмотрено СНиПом, при неустановившемся эксплуатационном режиме.

В процессе эксплуатации при большом количестве подаваемой воды из-за некачественной затрубной и межтрубной цементации кольцевых зазоров вследствие депрессионной воронки происходят подсосы воды из других водоносных слоев, и качество воды ухудшается. Например, увеличение содержания в воде хлоридов, сульфатов железа, появление азотистых соединений или увеличение их содержания, увеличение жесткости, минерализации, окисляемости указывают на подсос воды из грунтовых и аллювиальных слоев. По характеру изменений химического состава воды при ознакомлении с окружающей территорией можно судить об источниках загрязнения.

Грунтовые и аллювиальные воды в районах населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий насыщены бытовыми и промышленными стоками, поэтому возможно бактериальное загрязнение вод эксплуатируемого слоя. Наиболее распространены подсосы посторонней воды вследствие попадания очагов загрязнения (свалок, карьеров и т. п.) в зону депрессионной воронки, изменения направления потока подземных вод из-за увеличения глубины до динамического уровня, нарушения технических условий при сооружении скважины и ее эксплуатации.

Бактериальные загрязнения при сооружении скважин могут быть также занесены трубами, буровым инструментом, гравийной обсыпкой, глинистым раствором. Но они быстро вымываются строительной откачкой. Иногда бактериальные загрязнения могут попасть в скважину через незакрытое устье, находящееся в заглубленном павильоне во время затопления его грунтовыми водами. Бактериальное загрязнение подземных вод можно устранить при помощи хлорирования скважины раствором хлорной извести с содержанием активного хлора не менее 100 мг/л в течение 2 ч. При этом количество хлорного раствора для обеззараживания скважины должно быть на 50% больше воды в скважине.

В табл. 6 указаны причины ухудшения качества воды, возможные источники загрязнений, пути их поступления и возможные способы восстановления качества воды.

Кроме перечисленных существуют также случаи изменения качества воды, связанные непосредственно с конструкцией, эксплуатацией и различными дефектами скважины.

Поступление постороиних вод через незаделанный срез вырезанной и извлеченной трубы или через срез надфильтровальной трубы опре-

Таблица 6. **Ухудшение качества воды, его причины и способы восстановления**

Показатели изменения качества подземной воды	Источники загрязнений	Пути поступления загрязнений	Способы восстановления качества воды
Появление содержания хлоридов, сульфатов, железа. Увеличение жесткости и минерализации	Подсос грунтовых вод из ближайших карьеров и водоемов. Загрязнения поступают из неисправной канализации, выгребных ям и свалок	Поступление загрязнений непосредственно в эксплуатируемый водоносный горизонт из очагов загрязнений и захват загрязненной воды водозабором. Поступление загрязнений в устье скважины через коррозионные отверстия в обсадных трубах скважин или по затрубному зазору	Ликвидация очагов загрязнения. Уменьшение производительности скважины. Герметизация устья скважины. Капитальный ремонт или санитарно-техническая заделка скважины
Увеличение содержания азотных веществ и в некоторых случаях бактериальное загрязнение	Поступление в водоносный горизонт загрязнений при антисанитарном состоянии окружающей территории, наличии неисправной канализационной сети, поглощающих и бездействующих скважин, шахт, колодцев, скотных дворов, карьеров, загрязненных водоемов	Захват грунтовой воды водозабором. При заборе воды из глубинных слоев, плохо защищенных в кровле водоупорами, загрязнения поступают из вышележащих слоев через коррозионные отверстия в обсадных трубах, через другие места (незаделанные срезы, обрывы стыков), или по затрубному зазору	Ликвидация очагов загрязнения. Хлорирование воды, если загрязнение незначительное и не прогрессирует (по указанию санитарной инспекции). Капитальный ремонт скважины с целью ликвидации дефектов
Ухудшение органолептических свойств воды: появление цветности, опа-	Торфяные болота и болота, содержащие серный колчедан (окисление серного колчедана	Захват водозабором болотных вод вследствие депрессии. Поступление ее в инжележа-	Уменьшение отбора воды. Осушение болот с целью прекращения окисления

Продолжение табл. 6

Показатели изменения качества подземной воды	Источники загрязнений	Пути поступления загрязнений	Способы восстановления качества воды
лесценции, красновато-бурого осадка гидроксида железа, уменьшение прозрачности, увеличение постоянной жесткости	до серной кислоты, которая нейтрализуется за счет устраимой жесткости, а железо переходит в сериокислую закись железа, поступающего в водоносный слой). Наличие гумминовых веществ в воде осложняет и затрудняет обезжелезивание	щий водоносный горизонт через неплотности стыков обсадных труб, коррозионные отверстия или по затрубному зазору	железа. Полная выработка всего болота до подстилающего водоупора. Капитальный ремонт
Повышение минерализации	Нижележащие водоносные слои одного и того же или другого горизонта, содержащие минерализованную воду	Подсос минерализованной воды из нижнего и верхнего слоев, перекрытых обсадными трубами при интенсивной откачке	Уменьшение отбора воды. Тампонаж нижнего и верхнего слоев, содержащих минерализованную воду

деляют нагнетанием воды в скважину, предварительно перекрыв резиновой пневматической пробкой водоприемную часть скважины. Пневматическая пробка (рис. 15) представляет собой патрубок с отверстиями, к торцам которого приварены фланцы диаметром на 10—13 мм меньше внутреннего диаметра вырезанной колонны или надфильтровальной трубы. На фланцы надет резиновый мешок, изготовленный из резинового баллона автомобиля, который плотно зажат фланцами. Нижний фланец глухой, верхний имеет отверстие, через которое введена воздуходувная труба.

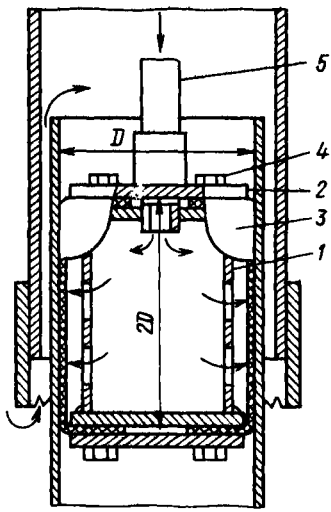


Рис. 15. Пневматическая пробка
1 — патрубок; *2* — прижимной фланец; *3* — резиновый мешок; *4* — прижимные шпильки; *5* — воздухоподающая труба

Пробку на трубах или полых штангах опускают в скважину до заданной глубины. Через трубу нагнетают воздух. Воздух поступает в резиновую камеру, которая, раздуваясь, плотно прилегает к стенкам трубы и перекрывает доступ воды в скважину через водоприемную часть. Давление воздуха, нагнетаемого в камеру, должно быть на 0,15—0,2 МПа (1,5—2 атм) больше, чем давление, создаваемое столбом воды над пробкой.

Если вода поступает в скважину через кольцевой срез из другого водоносного горизонта, имеющего бо́льший пьезометрический напор, чем эксплуатируемый горизонт, то уровень воды в скважине будет повышаться, а водоносного горизонта, имеющего меньший пьезометрический напор,— понижаться. При равном пьезометрическом напоре в скважину следует заливать воду, следя за его уровнем. Уменьшение уровня указывает на отсутствие заделки кольцевого зазора.

В большинстве случаев затрубный и межтрубный приток посторонней воды является следствием нарушения организациями, производящими буровые работы, технических условий на сооружениях водяных скважин.

Во время проходки пород буровым инструментом при вращательном способе бурения между установленной колонной обсадных труб и породой имеется большой

кольцевой зазор. При отсутствии подбашмачной или затрубной цементации по затрубному пространству происходит поступление воды из перекрытых водоносных слоев в эксплуатационный. Вода с нежелательным химическим составом может поступать по двум путям: под башмак последней колонны обсадных труб, а затем через срез (если вырезана последующая колонна).

Ликвидировать поступление воды в эксплуатационный горизонт через срез обсадной колонны можно отключением рабочей части скважины при помощи временного тампонажа песком до среза обсадной трубы. После заливки цементного раствора состава 1:1 песок извлекают из скважины или вместо тампонажа на срез вырезанной обсадной трубы устанавливают коническую пробку. Эта работа не всегда выполнима. Как правило, такую скважину, как бракованную, подвергают санитарно-технической заделке, а вместо нее сооружают новую. Имеются и другие способы, которые не менее сложны и дороги, проводить которые не рационально по экономическим причинам.

Чтобы ликвидировать поступление воды через дефекты обсадных труб, в скважину устанавливают новую колонну обсадных труб со специальным сальником на конце. Затем кольцевой зазор цементируют. При этом значительно уменьшают диаметр эксплутационной колонны, так как для цементации кольцевого зазора требуется зазор не менее чем 50 мм на сторону.

Санитарно-техническую заделку скважины вследствие выхода ее из строя, износа обсадных труб и других причин производят по проекту, согласованному с местными санитарными органами, по действующим правилам.

Санитарно-технической заделке (тампонажу) подлежат все скважины, надобность в которых миновала или использование которых невозможно из-за износа обсадных труб.

К ним относятся:

пришедшие в негодность водяные скважины, восстановление которых невозможно или нецелесообразно;

заброшенные водяные скважины, эксплуатация которых не производится по тем или иным причинам;

водяные скважины малых диаметров, пробуренные для временного водоснабжения;

водяные скважины с малым дебитом или неправильной конструкции, исправление которых невозможно или нецелесообразно;

использованные поисковые и геологоразведочные скважины;

поглощающие скважины, способные загрязнить эксплуатируемые водоносные слои.

Предписание на заделку скважины по санитарным причинам дает местная санитарно-эпидемиологическая станция (СЭС) на основании

санитарно-технического акта с обязательным приложением результатов анализов воды и с указанием причин невозможности эксплуатации, восстановления или использования скважины.

Заделку скважины, которую невозможно эксплуатировать или восстановить по техническим причинам, производят на основании заявления владельца скважины по согласованию с санитарными, коммунальными и территориальными геологическими управлениями.

Если в процессе бурения скважины было допущено сообщение между собой различных водоносных слоев, необходимо при заделке скважины этот дефект ликвидировать. Межтрубные зазоры должны быть надежно заделаны раствором цемента.

До начала работ нужно составить программу на заделку скважины. Программу работ составляют на основании обследования скважины, в процессе которого определяют:

глубину скважины, степень заиления забоя или засорения фильтра;

действительную конструкцию скважины и техническое состояние обсадных труб;

связь грунтовых вод с эксплуатационным водоносным слоем.

К программе на заделку скважины прикладывают следующие материалы:

ситуационный план с нанесением месторасположения скважины и абсолютные отметки устья, забоя, статического уровня;

справку о назначении скважины, геологический разрез ее и гидрогеологическое заключение;

результаты анализов воды (первоначальные и настоящие); наличие затрубной и межтрубной циркуляции воды (наличие циркуляции воды в межтрубном зазоре определяют, нагнетая в межтрубный зазор воду или краситель);

материалы о характере загрязнения (химического, бактериологического, механического) и возможных его источниках;

сведения об имевшихся в процессе эксплуатации скважины изменениях или неисправностях ее конструкции (вырезка или извлечение обсадных труб, установка или извлечение перфорированных труб, фильтров, аварии водоподъемников и т. д.);

сведения о ближайших скважинах, расположенных в радиусе до 500 м, и крупных водозаборах в радиусе до 20 км.

Программу работ на заделку скважины обязательно согласовывают с местной СЭС. Тампонаж производит организация, выполнявшая буровые работы, или специализированная организация. Ответственность за правильность производства работ по заделке в соответствии с утвержденной программой несет владелец скважины. Технический отчет о ликвидационном там-

понаже предъявляют территориальному геологическому управлению, местной СЭС и коммунальным органам.

Производство заделки изложено в «Правилах санитарно-технической заделки (тампонажа) водяных скважин», разработанных управлением Росводоканалналадка и согласованных с Министерством здравоохранения РСФСР.

Санитарно-техническая заделка состоит из:

очистки забоя скважины от засора, посторонних предметов, очистки стенок от коррозии и осадков, отбора проб воды для анализа;

обработки раствором хлорной извести с концентрацией активного хлора не менее 100 мг/л;

засыпки в рабочую часть промытого, прохлорированного фильтрующего материала (гальки, гравия, песка) и заливки первой порцин цементного раствора состава 1:1 маркой цемента не ниже 500 (тампонажный или гидроцемент);

перфорации обсадной трубы (при одноколонном креплении скважины) против верхних водоносных слоев, промывки, хлорировании кольцевых зазоров, заливки второй порции цементного раствора;

отрывки шурфа вокруг скважины размером 1×0,5 м и бетонирования шурфа и срезов обсадных труб до уровня пола павильона, шахты, приямка (состав бетона 1:3).

11.

Особенности эксплуатации насосов с погружными электродвигателями

Промышленность в основном выпускает два типа водозаполняемых электродвигателей с различиым конструктивным решением нижней его части — с резиновой диафрагмой и глухим фланцем. Полость их изолирована от внешней среды для того, чтобы в электродвигатель не попадали агрессивные компоненты, находящиеся в откачиваемой воде (кислород, сероводород, углекислота).

Перед спуском насосного агрегата в скважину полость электродвигателя заполняют чистой водой. Когда скважинный насос опускают в воду, он испытывает на себе давление гидростатического столба воды и из-за этого резиновая диафрагма выгибается и вытеснения воды из полости электродвигателя не происходит. Во время работы насосного агрегата необходимо не допускать потерь воды из полости электродвигателя, так как при отсутствии ее вкладыши радиальных подшипников, пяты

и подпятника могут оголиться и без смазки водой и охлаждения быстро выйти из строя.

Отсутствие подпятника у электродвигателя приводит к вертикальному смещению вала электродвигателя и насоса, при этом зазор между рабочими колесами и направляющими аппаратами уменьшается. В результате уменьшаются напор и подача воды насосом, возникают трения рабочих колес о направляющие аппараты, и возрастает сила тока. Выход из строя вкладышей радиальных подшипников электродвигателя приводит к сильной вибрации агрегата, водоподъемных труб, а иногда и к авариям: обрыву насоса, расшатыванию стыков водоподъемных труб и т. д.

Избежать вытеснения воды из корпуса электродвигателя можно, осуществив его техническое усовершенствование. Для этого извлекают резиновую диафрагму, снимают глухой фланец и просверливают в нем 6—8 отверстий диаметром 8—10 мм и снова ставят на прежнее место, а из верхней плиты электродвигателя выворачивают заливочную пробку. В этом случае заливка полости электродвигателя водой не производится. По мере опускания насосного агрегата в воду вода скважины самопроизвольно заполняет полость электродвигателя, а воздух из нее выходит через заливочную пробку. При эксплуатации водоносных слоев с наличием в них песка во избежание попадания его в полость электродвигателя вместо резиновой диафрагмы перед установкой глухого фланца вставляют два слоя сеток квадратного плетения, а между ними лоскут капрона.

Скорость потока воды, омывающей корпус электродвигателя, должна быть не менее чем 0,6 м/с. При меньшей скорости потока воды происходит недостаточный теплообмен между корпусом электродвигателя и окружающей средой, и электродвигатель может перегреться, так как полихлорвиниловая изоляция обмоточного провода выдерживает температуру до 65 °С.

При монтаже насосов в эксплуатационную колонну «размер на размер» (в колонну диаметром 253 мм насоса ЭЦВ10), зазор между корпусом электродвигателя и внутренним диаметром эксплуатационной колонны должен составлять 7—8 мм на сторону. На рис. 16 показана схема работы скважины при установке насоса «размер на размер».

При большом отборе воды из скважины часто происходит увеличение глубин до статического и динамического уровней. В этом случае в зависимости от конструкции скважины, глубины водоносного слоя можно произвести искусственное уменьшение глубин до статического и динамического уровней. Для этого тщательно герметизируют скважины, места

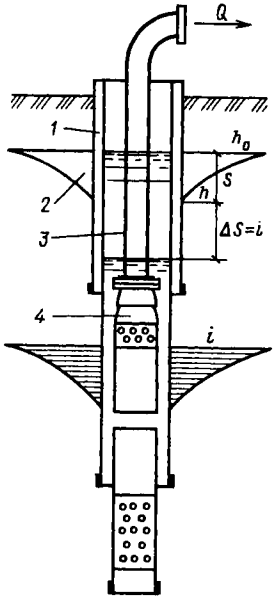


Рис. 16. Схема работы скважины при установке насосного агрегата «размер на размер»

1 — эксплуатационная колонна; *2* — депрессионная воронка; *3* — водоподъемная труба; *4* — насосный агрегат; h_0 — статический уровень; *h* — динамический уровень в затрубном пространстве; *S* — понижение уровня в затрубном пространстве; *ΔS* — дополнительное понижение уровня в скважине; *i* — потери напора

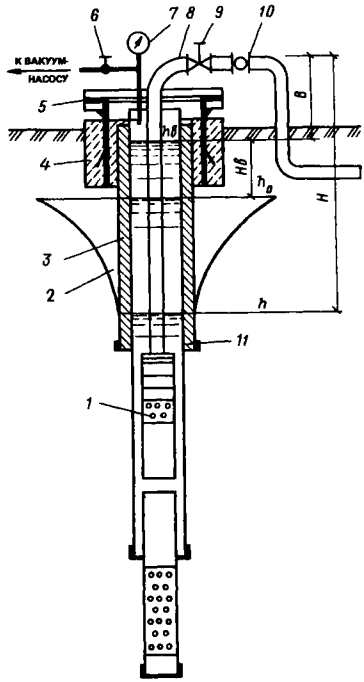


Рис. 17. Схема установки вакуум-насоса

1 — насосный агрегат; *2* — депрессионная воронка; *3* — эксплуатационная воронка; *4* — фундамент; *5* — герметизированное устье скважины; *6* — пробковый кран вакуумной линии; *7* — вакуумметр; *8* — водоподъемная труба; *9* — задвижка; *10* — водосчетчик; *11* — междутрубная цементация

выводных концов токоподводящего кабеля, опорную плиту насосного агрегата, к которой приваривают штуцер с вакуумметром для подключения к вакуум-насосу. Перед пуском в работу скважинного насоса включают в работу вакуум-насос. Благодаря разрежению на участке от устья скважины до статического уровня уровень воды в скважине повышается.

Наибольший эффект достигается установкой вакуум-насоса для отбора воздуха из кольцевого зазора между обсадной и всасывающей трубой. Вакуум-на-

сос периодически включают для отсасывания выделяющихся из воды газов и поддержания постоянного вакуума. Наиболее подходящим для выполнения этой работы является вакуум-насос ВН-461м с мощностью электродвигателя 0,5 кВт. Обычно его включают 2—3 раза в сутки на 3—5 мин. На рис. 17 показана схема установки вакуум-насоса. Благодаря разрежению, создаваемому вакуум-насосом в кольцевом зазоре между обсадной и напорной трубой, уровень воды в скважине поднимается. При работе насоса уровень воды в скважине понижается меньше, чем без вакуума. При этом насос подает воду с меньшей глубины, в результате экономится электроэнергия и ресурс агрегата.

В процессе эксплуатации из-за коррозионных отложений на обсадных трубах потери напора возрастают и работа насоса ухудшается. Избежать этого явления можно только переоборудованием скважины и заменой насоса. Однако это приводит к уменьшению подачи воды из скважины, что, как правило, неприемлемо. В данном случае следует увеличить подпор, опустив насос на большую глубину, и периодически очищать трубы от коррозионных отложений круглыми металлическими щетками.

Также встречаются случаи, когда у смонтированного насосного агрегата не используется полностью мощность электродвигателя. Несмотря на высокий удельный дебит скважины, в таких случаях расход электроэнергии возрастает и КПД насоса уменьшается. Эксплуатация скважины в подобных условиях является неэкономичной.

Повысить эффективность работы агрегата можно путем установки добавочных рабочих секций насоса.

Пример. Рассмотрим скважинный насос марки ЭЦВ10-63-110 с пятью рабочими секциями и электродвигателем мощностью 32 кВт. На рис. 18 приведены кривые технической характеристики насоса, скважины и напорного трубопровода.

В соответствии с заводскими паспортными данными техническая характеристика насоса определяется из графика работы; $Q_1 - H_1$ — зависимость подачи воды от напора; $Q_1 - N_1$ — зависимость подачи воды от мощности насоса; $Q - \eta$ — зависимость подачи воды от КПД насоса.

График характеристики скважины $Q - S$ строят по данным опытных откачек воды из скважины для определения удельного дебита, понижения уровня воды, глубины до динамического уровня при различной подаче воды.

Кривая характеристики напорного трубопровода $\Sigma\Delta h$ построена по подсчетам суммарных потерь напора от динамического уровня до излива. Эти потери складываются из потерь напора в водоподъемной трубе насоса от динамического уровня до поверхности земли и требуемого напора P на напорном патрубке насоса. Требуемый напор P учитывает геометрическую высоту подъема воды от напорного патрубка до излива и потери в трубо-

проводе. Потери напора Δi в напорной трубе насоса подсчитаны по таблице гидравлических потерь при различных расходах воды. Точка *1* пересечения кривых характеристик насоса $Q_1 - H_1$ и кривой характеристики трубопровода $\Sigma\Delta h$ отражает режим работы насосного агрегата и соответствует подаче воды $Q_1 = 40$ м^3/ч, напору $H_1 = 129{,}7$ м, мощности на валу электродвигателя $N_1 = 22{,}5$ кВт, КПД $\eta_1 = 63\%$ и понижения уровня воды в скважине $S_1 = 30$ м.

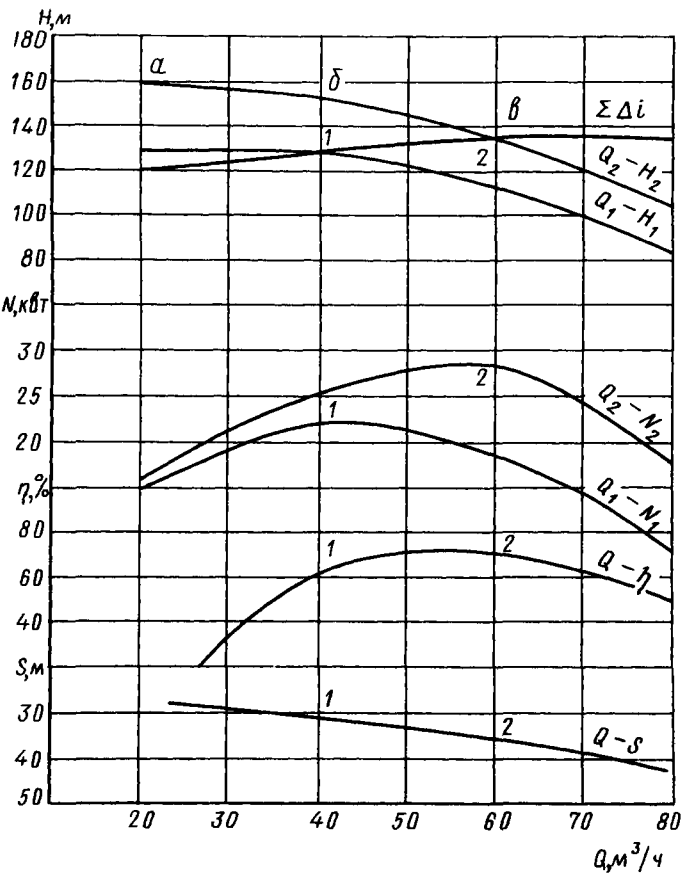


Рис. 18. Характеристика скважинного насоса до и после реконструкции

1 — характеристика насоса до реконструкции; *2* — характеристика насоса после реконструкции; *Q* — подача воды, м^3/ч; *H* — напор, развиваемый насосом, м; *N* — мощность электродвигателя, кВт; η — КПД; %; *S* — понижение уровня в скважине, м

Таблица 7. **Напоры, развиваемые одной секцией насоса**

Q	H_1	n	ΔH	Q	H_1	n	ΔH
20	135	5	27	60	113	5	22,6
40	130	5	26	80	85	5	17

Требуемый напор H_1 складывается из глубины до статического уровня в скважине h_0, понижения уровня воды в скважине S_1 при подъеме Q_1 воды, потерь напора в водоподъемных трубах насоса на участке от динамического уровня до напорного патрубка насоса Δi, давления на напорном патрубке насоса у поверхности земли P_1.

$$H_1 = h_0 + S_1 + \Delta i + P_1 = 60 + 30 + 2{,}7 + 37 = 129{,}7 \text{ м}.$$

Потребляемая мощность электродвигателя при данном режиме работы насоса составляет

$$N_1 = \frac{Q_1 H_1}{367{,}2\eta} = \frac{40 \cdot 129{,}7}{367{,}2 \cdot 0{,}63} = 22{,}5 \text{ кВт},$$

т. е. электродвигатель недогружен на 9,5 кВт.

Для более полного использования установленной мощности, повышения КПД насоса и увеличения подачи воды из скважины рекомендуется установить добавочные рабочие секции насоса, что приведет к изменению его технической характеристики. Для построения новой кривой характеристики насоса $Q - H$ определяем напоры реконструированного насоса.

По приведенной формуле $\Delta H = H/n$ находим напоры, создаваемые каждой секцией насоса при различных подачах воды. В результате получим напоры, развиваемые одной секцией насоса ΔH в зависимости от подачи воды Q и развиваемого напора H. Данные расчета приведены в табл. 7.

Прибавляя полученные напоры к напорам насоса до реконструкции ($\Delta H + H_1$), получаем точки *а*, *б*, *в* и по этим точкам строим характеристику $Q_2 - H_2$ реконструированного насоса. Точка пересечения $Q_2 - H_2$ с характеристикой трубопровода $\Sigma\Delta h$ дает новый режим работы реконструированного насоса, который соответствует подаче воды $Q_2 = 60$ м^3/ч, напору $H_2 = 139$ м, КПД $= 79\%$. Потребляемая мощность реконструированного насоса на валу составит

$$N_2 = \frac{Q_2 H_2}{367{,}2\eta_2} = \frac{60 \cdot 139}{367{,}2 \cdot 0{,}79} = 29 \text{ кВт}.$$

В результате требуемый напор увеличится до 139 м за счет понижения уровня воды в скважине с 30 до 35 м, КПД повысился с 63 до 78%, а подача воды возросла с 40 до 60 м^3/ч.

12.

Ликвидация аварий

Правильный монтаж и систематическое наблюдение за контрольно-измерительными приборами исключает аварии насосных агрегатов. Некоторые виды ликвидаций аварий сложны и требуют большого навыка. К ним относятся: извлечение из скважины погружного электродвигателя, насоса и напорных труб.

Для извлечения из скважины насосных агрегатов широко применяют два приспособления: овершот и якорь (рис. 19).

Овершот изготовляют из стальной трубы диаметром на 50 мм меньше диаметра обсадной колонны, в которой находится упавший агрегат. Наличие выступа в нижней части овершота позволяет отвести фланец или муфту упавшей трубы от обсадной трубы в случае, если они прижаты к стенке. Во избежание вывертывания штанг или труб, на которых опущен овершот, его следует вращать только по часовой стрелке.

Чтобы определить положение среза упавшей напорной трубы и глубину, на которой она находится, в скважину опускают на газовых трубах или штангах печать.

Овершот опускают на буровых штангах или на газовых трубах диаметром 100—150 мм со стальными муфтами и накрывают им извлекаемую трубу. Во время прохождения муфты или фланца выгнутые внутрь пластины отжимаются и заходят под муфту или под фланец, прочно захватывая подлежащую извлечению трубу.

При отсутствии муфты или фланца на напорной трубе насоса применяют якорь, предназначенный для захвата трубы изнутри. При нижнем свободном положении размер А якоря должен быть на 10—15 мм больше внутреннего диаметра трубы, подлежащей извлечению. Кромки щечек якоря делают острыми и цементируют, поэтому при опускании он свободно проходит внутрь извлекаемой трубы, а при подъеме его кромки цепляются за шероховатую внутреннюю поверхность трубы. Чем больше будет применено усилий для подъема, тем сильнее врежутся щечки якоря в трубу.

Если упавший насосный агрегат частично засыпан песком или другой породой, извлечь его затруднительно. При больших подъемных усилиях происходит обрыв стыков напорных труб, разрыв чугунных деталей насоса и т. д. В этих случаях при захвате ловильным приспособлением извлекаемой трубы или насосного агре-

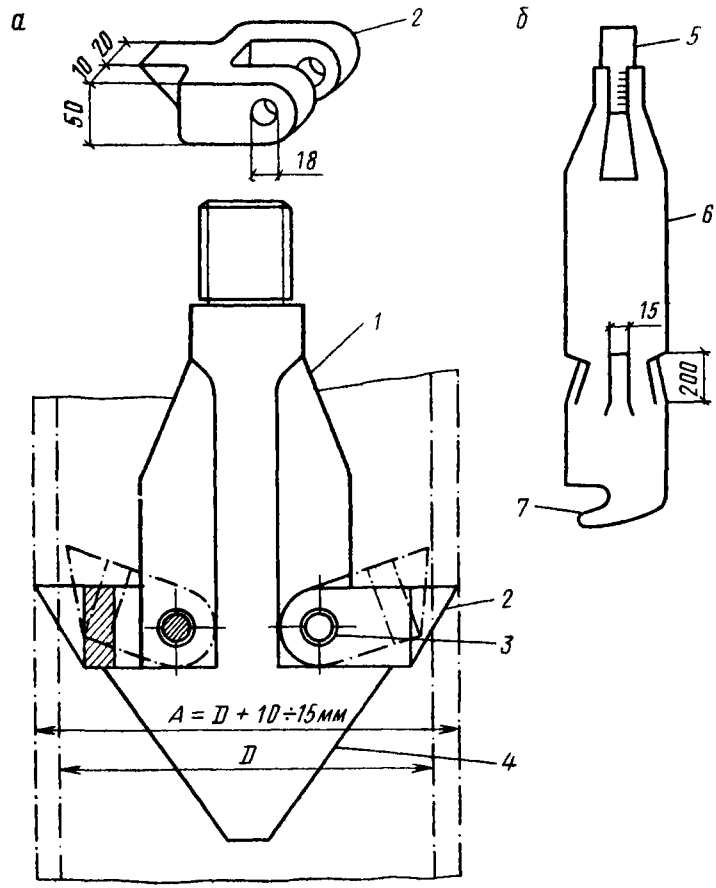


Рис. 19. Приспособления для извлечения насосов из скважин
а — якорь; *б* — овершот; *1* — корпус; *2* — щечки; *3* — ось; *4* — направляющий конус; *5* — муфта; *6* — труба; *7* — язык

гата делают сильную натяжку труб или штанг, на которые опущено ловильное приспособление. Затем по верхнему концу штанги или трубы наносят сильные удары молотком, направленные по вертикали. Удары создают вибрацию, которая позволяет ослабить захват породой насосного агрегата, и он легко извлекается из скважины.

При извлечении из сква-

жины насоса с чугунными корпусами напорных секций, расклиненного упавшими болтами, применяют одновременно с ловильным инструментом специальный кожух. Кожух изготовляется из стального листа толщиной 3—4 мм в виде овершота и опускается в скважину на штангах или трубах со специальным замком. При вращении его по часовой стрелке упавшие болты фланцевых соединений попадают между кожухом и упавшим насосом. Затем штанги или трубы извлекают из скважины, а потом через отверстие замка в нее опускают ловильное приспособление и извлекают насос вместе с кожухом. В этом случае исключается возможность расклинивания насоса упавшими в скважину болтами.

Производить ловильные работы на стальном тросе или канате категорически запрещается, так как это может привести к аварии. Спуск ловильного приспособления в скважиину должен осуществляться только на буровых штангах или стальных трубах со стальными муфтами.

13.

Наладка лучевых водозаборов

Лучевые водозаборы сооружают при использовании подрусловых вод открытых водоемов для водоснабжения населенных пунктов. Они относятся к инфильтрационным водозаборам и состоят из водосборных шахт или вакуум-котлов и дренов-собирателей (перфорированных труб), уложенных под руслом или по берегу водоема как можно ближе к урезу реки. Дрены закладывают в аллювиальные отложения, представленные песчаными или гравийно-песчаными породами, насыщенными подрусловыми водами.

Речная вода, проходя через фильтрующие, водовмещающие породы, по дренам самотеком или принудительно при помощи вакуум-котлов поступает в сборные емкости, а из них забирается водоподъемниками и поступает в водопроводную сеть.

После некоторого времени эксплуатации в зависимости от крупности фракций фильтрующих пород, мутности воды открытого водоема, скорости потока речной воды наблюдается уменьшение производительности лучевых водозаборов из-за снижения коэффициента фильтрации вследствие кольматации фильтрующих пород. Глубина кольматации не превышает 0,3 м. Часто также происходят засоры дрен геологическими породами, попадающими через отверстия вместе с водой.

Для ликвидации кольматации применяют различные методы: смыв верхнего закольматированного слоя гидромонитором, разрыхление верхнего слоя фильтрующих пород грейдерами, разрыхлителями, скребковыми лебедками. В этих случаях мелкие частицы вымываются и потоком воды уносятся вниз по течению. Наибольший эффект достигается гидро-пневмопромывкой дреи.

Для этого заглушают срез дрены в шахте, вакуумкотле и через штуцер нагнетают под большим давлением воду и воздух от передвижного компрессора или водовоздушную смесь. Вода, сжатый воздух или водовоздушная смесь поступает в дрены и выходит из отверстий дрен, взмучивая закольматированный слой. Мелкие частицы породы и ил уносятся потоком воды вниз по течению реки. Промывка дрен водовоздушной смесью наиболее эффективна и проста.

При укладке береговых дрен также наблюдается кольматация фильтрующих пород. Наиболее простой способ ликвидации кольматации достигается размывом закольматированного слоя сильной струей воды русла реки. Для этого на плот устанавливают насосный агрегат с горизонтальной осью, опускают в воду гребенку, снабженную насадками. Гребенка соединена с насосом гибким шлангом. Забор воды насосом происходит непосредственно из реки, вода поступает в гребенку, а из нее в насадки и сильной струей размывает закольматированный слой. Плот медленно протягивают вдоль берега. Питание электродвигателя осуществляют от передвижной электростанции или подключают его к электросиловой линии насосной станции через кабель с надежной изоляцией. Размытые частицы кольматации выносятся вниз по течению реки. Этот способ применяют при малой глубине открытых водоемов.

Ликвидацию кольматации, как правило, производят после весенне-осенних паводков, когда наблюдается наибольшая мутность воды открытых водоемов.

Наиболее сложный метод очистки дрен от засора породами заключается в механической чистке их скребками, шнеками и другими приспособлениями. Применяется редко. До настоящего времени не разработан более эффективный механический способ очистки дреи.

14.

Техника безопасности при монтаже и обслуживании водяных скважин и водоподъемников

К монтажу и обслуживанию водоподъемников допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности. Полную ответственность за несчастные случаи, происшедшие на работах из-за нарушения правил техники безопасности, несет мастер (бригадир), руководящий производством работ или обслуживанием агрегатов. Рабочие, занятые на монтаже, и машинисты при эксплуатации насосов должны соблюдать общие правила техники безопасности и уметь оказывать первую помощь пострадавшему при получении травмы или поражении током.

Монтаж скважинных насосов. К работе по монтажу скважинных насосов допускаются лица, усвоившие требования правил техники безопасности. Во избежание несчастных случаев вход на вышку или павильон посторонним строго воспрещается.

Категорически запрещается отогревать трубы всех размеров открытым огнем: для обогрева применяют только горячую воду.

Без ведома мастера запрещается включать и выключать механизмы, а также пользоваться разного рода приспособлениями. Строго запрещается использовать при работе неисправный инструмент.

На месте производства работ должна быть аптечка со средствами оказания первой помощи пострадавшим.

Мастер обязан незамедлительно отправить рабочего, получившего травму, в ближайший медицинский пункт, а в серьезных случаях вызвать скорую помощь.

Рабочие, занятые на монтажных работах, должны соблюдать дисциплину, строго выполнять санитарные требования по содержанию рабочего места в чистоте.

Построенная вышка, тренога, копер должны быть прочными, способными выдержать нагрузку 1,5 массы поднимаемого агрегата.

Запрещается производить монтажные работы при сильном ветре (свыше 5 баллов), во время ливня, при сильном морозе, а также в ночное время.

При подъеме материалов и деталей нельзя находиться под поднимаемым грузом.

Блоки по грузоподъемности должны соответствовать массе поднимаемых деталей насоса и агрегата. Блоки подвешивают на

стальном канате, диаметр которого зависит от массы груза, но не менее 12 мм.

При подъеме или спуске тяжелых предметов запрещается поддерживать и направлять их руками. Эти работы выполняют при помощи мягких канатов.

Грузоподъемная лебедка должна быть снабжена надежным приспособлением, не допускающим самопроизвольное опускание грузов.

Крепить канат к барабанным лебедкам и деталям (к крюку, подвесному кольцу и т. д.) нужно так, чтобы предохранить канат от перетирания.

Приводные ремни и движущиеся части трансмиссии лебедки должны быть надежно ограждены.

Чтобы не допустить при монтаже падения мелких деталей в скважину, ее устье необходимо закрывать стальным листом с отверстием для опускаемых труб.

Запрещается проворачивать шестерни, шкивы, лебедки ломом. Запрещается для остановки механизмов вставлять между спицами или зубцами посторонние предметы.

Все электрооборудование должно быть тщательно заземлено. При обслуживании пускового щита или электродвигателя, находящегося под напряжением, необходимо надевать резиновые галоши или сапоги и защитные резиновые перчатки.

Подключение силового кабеля к механизмам или производство других электротехнических работ должен производить только электромонтер.

Категорически запрещается спускать в скважину инструмент и трубы с недовернутыми и незакрепленными винтовыми соединениями.

Во избежание несчастных случаев во время спуска или подъема тяжестей стоять в непосредственной близости от каната запрещается. Не допускается направлять трос рукой, ногой или ломом при навивке его на барабан лебедки.

Во избежание падения блока при обрыве его подвесной серьги необходимо дополнительно укреплять блок цепью или стальным канатом за нижнюю серьгу.

Не допускается надевать куски газовых труб на ручки ключей для увеличения их длины.

Запрещается тормозить лебедки, вставляя доски, ломы и прочие предметы в спицы барабанов или шестерен.

Таль подвешивают на стропе из мягкого стального троса, причем подъемный крюк тали должен иметь особый замок, не позволяющий стропе выходить из него при любых положениях.

Обслуживание скважинных насосов. Правила техники безопасности для машинистов насосных станций обычно излагаются в виде краткой памятки, которая должна быть вывешена на стене возле рабочего места.

Машинист насосной стан-

ции на водяных скважинах должен пройти курс производственного обучения и проверку знаний правил техники безопасности, получить именное свидетельство, подтверждающее право допуска его к работе.

Все агрегаты и механизмы (кроме заглубленных павильонов) обеспечиваются дневным и электрическим освещением по действующим нормам и правилам. Кроме основного освещения на насосных станциях должно предусматриваться аварийное освещение, питающееся от аккумуляторной батареи напряжением не выше 12 В.

Для подъема и перемещения деталей или узлов оборудования в павильоне устанавливают грузоподъемные приспособления соответствующей мощности.

Помимо памятки по технике безопасности в павильоне должны быть вывешены инструкции по уходу и обслуживанию машин, а также основные чертежи и схемы работы машин.

На каждой насосной станции независимо от числа насосов должны быть:

огнетушитель;

пожарный рукав с насадком у пожарного крана (для насосных станций с компрессорами);

резиновые коврики и перчатки у щитов включения и выключения электродвигателей;

защитные средства (по действующим нормам);

аптечка (в специальном шкафу).

Дежурный машинист обязан:

во время чистки, регулировки и мелкого ремонта насосов принимать меры против непроизвольного пуска их в работу, т. е. обесточить электродвигатель и на пусковом устройстве вывесить плакат «Не включать, работают люди»;

немедленно останавливать агрегат при несчастном случае, сильной вибрации агрегата, недопустимо высоком нагреве подшипников; появлении посторонних шумов в агрегате; неисправности системы смазки; возникновении пожара в насосной станции или павильоне;

немедленно известить своего непосредственного начальника об аварийных остановках агрегатов и принимать меры для их ликвидации;

включать и отключать агрегаты, стоя на резиновом коврике;

набивку сальников насоса производить только при остановленном и отключенном агрегате;

хранить обтирочные материалы (неиспользованные и использованные) в отдельных металлических ящиках с крышками и ежедневно выносить из павильона использованные обтирочные материалы;

следить за чистотой остекленных поверхностей павильона;

немедленно удалять пролитые смазочные масла и воду во избежание образования скользких мест;

знать правила оказання первой помощи при поражении электрическим током;

знать правила поведения в случае пожариой тревоги.

Взрывиые работы. До начала взрывных работ исполнители обязаны получить непосредственно от контролнрующей организации разрешенне на право их производства с указаннем сроков их проведения.

К производству взрывных работ допускаются лица, имеющие единую книжку взрывника. Выполняющие взрывные работы обязаны соблюдать «Единые правнла безопасностн при ведении взрывных работ», утвержденные Госгортехнадзором.

Разрешение на право приобретения взрывчатых материалов выдают респубнканские, краевые, областные, городскне н районные управления мнлиции на основанни заявления руководителя предприятия, а если взрывные работы возлагаются на подрядную организацию, то на имя последней. Право на храненне взрывчатых материалов в складах н в сейфах предприятия или организации должно быть подтверждено письменным разрешением органов милнцин города, областн, края, республнкн.

Должностные лнца, виновные в нарушении правнл безопасности, при производстве взрывных работ, в зависимостн от характера нарушений несут адмннистративную, дисциплинарную нлн судебную ответственность.

Зарядку пороховых снарядов производят на открытом месте в стороне от источников открытого огня и включенных электронагревательных приборов. Зарядку и подрывы зарядов ведут только в дневное время. Во время пронзводства работ запрещается курить н разводить открытый огонь.

Запрещается залнвать в снаряды кнпящнй гудрон без нзоляцин пороха бумажным пыжом и песком. Перед заливкой гудрон необходимо остудить до вязкого состояння.

До подрыва зарядов категорически запрещается подключать электропровод к источнику питання. Во время подрыва весь обслуживающий персонал должен быть удален от устья скважины не менее чем на 5 м, прнчем источник тока для подрыва заряда должен также находиться не блнже 5 м от устья скважнны.

Заготовленные снаряды должны находнться не ближе 5 м от места работ н количество их не должно превышать 5 шт.

Устье скважины во время производства работ должно быть полностью открыто.

Работа с соляиой кислотой. К работе с соляной кислотой допускаются лица, прошедшие специальный нн-структаж по работе с кнслотамн.

При работе следует пользоваться спецодеждой (резиновым фартуком, сапогами, перчатками) н защитными очкамн, предохраняющими

тело и лицо от ожогов соляной кислотой. Нос и рот нужно закрывать марлевой повязкой, сложеиной в несколько раз, или надевать противогаз.

Следует помнить, что при заливке соляной кислоты в скважину через заливочную трубу вследствие буриой реакции с коррозией металла наблюдается сильный ее выброс из трубы.

Эксплуатация павильоиа иад водяной скважиной. Заглубленные и полузаглубленные павильоны над водяной скважиной должны быть надежно изолированы от грунтовых вод. Для удаления воды, попадающей на пол павильона, полы устраивают с уклоном к сборным приямкам, отводящим воду в водосток. При невозможности удаления воды из помещения самотеком насосные станции оборудуются вспомогательными откачивающими насосами.

Павильоны над водяной скважиной оборудуют естественной или искусственной вентиляцией, обеспечивающей требуемую чистоту воздуха и отведение тепла от компрессоров и электродвигателей.

Для подъема и перемещения деталей или узлов оборудования в павильоне устанавливают грузоподъемные приспособления соответствующей мощности. Грузоподъемные сооружения, устанавливаемые иад павильонами с люком в перекрытии, должны быть разборными и находиться там лишь на время монтажно-демонтажных работ и ремонта водяных скважин.

При прокладке трубопроводов ниже уровня пола павильона каналы с трубопроводами необходимо перекрывать щитами.

В павильоне следует вывешивать краткие ииструкции о том, как поступать в случае поражеиия электрическим током, а также плакаты по технике безопасности.

Первая помощь при ранении. При ранении необходимо остановить кровотечение и не допускать загрязнения ран. Для временной остановки кровотечения при ранении конечности применяют круговое перевязывание ее выше места ранения жгутом, для чего могут быть использованы ремень, косынка, пояс и т. д. Под жгут подкладывают чтонибудь мягкое: бинт, рукав рубашки, полотенце и т. д. Жгут можно оставлять только на 1,5—2 ч, иначе может наступить омертвеиие конечностей. После остановки кровотечения на рану необходимо наложить стерильную повязку и отправить пострадавшего в лечебное учреждение. При небольшом кровотечении достаточно наложить стерильную повязку и доставить пострадавшего в лечебиое учреждение.

Расследование иесчастного случая и оформление акта о нем. О каждом несчастном случае, связаином с производством, когда пострадавший оставляет

место работы, сам пострадавший или свидетель несчастного случая должен немедленно известить своего начальника. Каждый несчастный случай, связанный с производством и вызвавший потерю трудоспособности не менее чем на один рабочий день, должен быть расследован в течение 24 ч начальником цеха (участка) и председателем или членом местного комитета профсоюза с составлением в трех экземплярах акта по установленной форме. Все три экземпляра акта направляют главному инженеру предприятия, который обязан в суточный срок утвердить акт и принять меры к устранению причин, вызвавших несчастный случай. Один экземпляр акта оставляется у главного инженера, второй направляют начальнику цеха (участка), где произошел случай, а третий — в местный комитет профсоюза.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРОВОД ДЛЯ СКВАЖИННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПВВН ТУК ОММ 505-169—55

Площадь сечения, мм^2	Диаметр, мм	Количество, шт.	Диаметр токопроводящей жилы, мм	Радиальная толщина оболочки, мм	Наружный диаметр не более, мм
2,5	0,68	7	2,04	2,7	7,4
4	0,85	7	2,55	3,1	8,7
10	1,33	7	3,99	3,1	10,2
16	1,68	7	5,04	4,5	14
25	1,28	19	6,4	4,5	15,4
35	1,51	19	7,55	5	17,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ СКВАЖИННЫХ НАСОСОВ

Насосный агрегат				Электродвигатель					
марка	подача воды, $м^3/ч$	напор, м	число ступеней	тип	мощность, кВт	напряжение, В	номинальный ток, А	КПД	cos φ
ЭЦВ6-6,3-60	6,3	60	6	ПЭДВ-2-140	2	380	5,2	72,5	0,81
ЭЦВ6-6,3-85	6,3	180	9	ЭПЭДВ-2,8-140	2,8	380	6,9	74,5	0,82
4ЭЦВ6-6,3-125	6,3	125	12	9ПЭДВ-4,5-140	4,5	380	10,7	77	0,83
1ЭЦВ6-10-80	10	80	9	ПЭДВ-4,5-140	4,5	380	10,7	77	0,83
1ЭЦВ-10-140	10	140	15	9ПЭДВ-8-140	8	380	18	80	0,83
1ЭЦВ-10-185	10	185	21	6ПЭДВ-8-140	8	380	18	80	0,83
1ЭЦВ-16-140	16	140	10	6ПЭДВ-11-180	11	380	24,2	81	0,83
ЭЦВ8-25-100	25	100	7	9ПЭДВ-11-180	11	380	24,2	81	0,83
ЭЦВ8-25-150	25	150	10	ЭПЭДВ-22-180	22	380	50,5	86	0,8
2ЭЦВ-10-63-65	63	65	3	ЭПЭДВ-22-215	22	380	47,4	86	0,8
2ЭЦВ-10-63-110	63	110	5	2ПЭДВ-32-219	32	380	67,4	87	0,84
2ЭЦВ10-63-180	63	180	9	2ПЭДВ-45-219	45	380	97,5	86	0,8
1ЭЦВ10-120-60	120	60	3	ПЭДВ-32-219	32	380	67,4	87	0,84
1ЭЦВ12-160-65	160	65	2	ПЭДВ-42-270	45	380	93	86	0,8
ЭЦВ12-160-100	160	100	3	3ПЭДВ-65-270	65	380	132	88	0,85
ЭЦВ12-210-85	210	85	3	ПЭДВ-65-230	65	380	132	88	0,85
ЭЦВ12-210-145	210	145	5	5ПЭДВ-125-270	125	380	149	88	0,82

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Электродвигатель	Число проводов в 1 пазу	Провод		Средняя длина провода одной фазы, м	Общая длина, м	Среднее сопротивление фазы, Ом ± 10%	Обмотка
		диаметр, мм	Площадь сечения, мм²				
МАПЗ-14-34/2	25	1	0,785	126	500	2,55	Всыпная
ПЭДВ-2,8-140	25	1	0,785	103	308	2,11	»
ПЭДВ-4,5-140	20	1,2	1,13	91	273	1,66	»
ПЭДВ-5,5-140	18	1,4	1,54	87	260	1,16	»
ПЭДВ-8-140	16	1,56	1,91	83	250	0,715	Протяжная
ПЭДВ-11-140	12	1,81	2,57	76	228	0,536	»
МАПЗ-18-50/2	12	2,1	3,5	77	231	0,385	Всыпная
ПЭДВ-12-180	12	2,1	3,5	77	231	0,385	»
ПЭДВ-11-180	15	2,02	3,2	67	201	0,366	»
ПЭДВ-16-180	11	2,44	4,68	59	177	0,261	Протяжная
ПЭДВ-32-180	11	2,44	4,68	48	143	0,105	»
МАПЗ-21,9-64/2	6	3,48 (1,16×7)	7,4	53	158	0,125	»
ПЭДВ-22-230	9	3,12 (1,04×7)	5,95	47	141	0,167	»
ПЭДВ-32-230	7	3,75 (1,25×7)	8,6	43	128	0,102	»
МАПЗ-27,3—54/2	10	3,48 (1,16×7)	7,4	83	250	0,046	»
ПЭДВ-45-270	7	4,68 (1,56×7)	13,35	41	123	0,0635	»
ПЭДВ-62-270	10	3,75 (1,25×7)	8,6	72	216	0,0435	»

Примечание. У всех электродвигателей 24 паза, род обмотки — катушечная, соединение фаз — «звезда», марка провода — ПЭВВП.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПРОВОД МЕДНЫЙ ОБМОТОЧНЫЙ С ПОЛИХЛОРВИНИЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ ДЛЯ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Площадь сечения, мм²	Эмалированная медная проволока		Радиальная толщина поливинилхлоридной изоляции, мм	Наружный диаметр, мм	Технические условия
	номинальный диаметр, мм	количество, шт.			
0,75	1	1	0,4	2,11	ИУК ОММ
3,5	2,1	1	0,7	3,88	505 054—54
7,4	1,16	7	0,7	5,41	МЭП «Главкабель»
0,85	1,04	1	0,4	2	—
1,131	1,2	1	0,4	2,2	—
1,21	1,56	1	0,4	2,5	—
2,58	1,81	1	0,5	2,95	ТУ МК-3-64
3,2	2,02	1	0,5	3,15	—
4,67	2,44	1	0,55	3,7	—
8,6	1,25	7	0,65	5,4	—
13,4	1,56	7	0,65	6,35	—
5,95	1,04	7	0,5	4,5	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРОВОД ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОГРУЖНЫХ ВОДОЗАПОЛНЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СТУ-103-237—63

Площадь сечения, мм²	Диаметр, мм	Количество, шт.	Диаметр токопроводящей жилы, мм	Полиэтиленовая изоляция, мм		Полихлорвиниловая или полиэтиленовая оболочка, мм	
				радиальная толщина	наружный диаметр	радиальная толщина	наружный диаметр
2,5	0,68	7	2,04	0,8	3,64	1,5	6,94
4	0,85	7	2,55	0,8	4,15	1,5	7,85
10	1,33	7	3,99	0,8	5,6	1,5	9,8
16	1,08	19	5,15	1,5	8,15	1,8	12,15
25	1,28	19	6,4	1,5	9,4	1,8	13,4
35	1,51	19	7,55	1,5	10,55	1,8	14,8

Список литературы

1. **ГОСТ** 2761—84. Источник централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

2. **ГОСТ** 2874—82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.

3. **ГОСТ** 10428—79*Е. Агрегаты электронасосные центробежные скважинные для воды. Общие технические условия.

4. **СНиП** 2.04.02—84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

5. **Правила** технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест.— М.: Стройиздат, 1979.

6. **Правила** техники безопасности при эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест.— М.: Стройиздат, 1979.

7. **Суреньянц С. Я.** Эксплуатация водяных скважин.— 2-е изд.— М.: Стройиздат, 1976.

8. **Суреньянц С. Я.** Монтаж, наладка и эксплуатация глубинных насосов водяных скважин.— М.: Стройиздат, 1968.