

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Двоеглазов Семен Иванович
Должность: Директор
Дата подписания: 30.06.2025 15:23:31
Уникальный программный ключ:
2cc3f5fd1c09cc1a69668dd98bc3717111a1a535



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Старооскольский филиал

**федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования**

**«Российский государственный геологоразведочный университет имени
Серго Орджоникидзе»
(СОФ МГРИ)**

***Кафедра прикладной геологии, технологии поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых***

БУРЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

**Методические указания по выполнению
курсового проекта
для студентов очной и заочной форм обучения
специальности 21.05.03 – «Технология
геологической разведки»**

Рекомендовано Ученым советом СОФ МГРИ

Старый Оскол, 2022 г.

УДК 622.23

ББК 33.13

Б 91

Составитель: ст. преп. Мелентьев С.Г.

Рецензент(ы): к.т.н, доцент Р.Ю. Ернеев

Бурение гидрогеологических и водозаборных скважин: Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов очной и заочной форм обучения специальности 21.05.03 – «Технология геологической разведки» специализации «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» /сост.: С.Г. Мелентьев. – Старый Оскол : СОФ МГРИ, 2022. – 48 с.

Методические указания содержат расчетные методики и задания для написания курсового проекта по дисциплине «Бурение гидрогеологических и водозаборных скважин». Методические указания предназначены для студентов очной и заочной форм обучения специальности 21.05.03 – «Технология геологической разведки» специализации «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых».

Утверждено и рекомендовано к изданию Ученым советом СОФ МГРИ (протокол № 10 от 29 августа 2022 г.).

© С.Г. Мелентьев, 2022 г.

© СОФ МГРИ, 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1.Проектные данные	5
2.Выбор способа бурения	5
3.Выбор типа и конструкции фильтра	7
4.Расчет фильтра или полости бесфильтровых скважин	10
5.Подбор насоса и диаметра эксплуатационной колонны	15
6.Выбор и расчет конструкции скважины	17
7.Выбор буровой установки	22
8.Выбор и расчет бурового инструмента	28
9.Выбор типа промывочной жидкости	32
10.Расчет параметров режима бурения	32
11.Вскрытие и освоение водоносного горизонта	35
12.Расчет цементирования обсадных колонн	39
13.Организация работ	42
14.Список использованной литературы	44
Приложение	46

ВВЕДЕНИЕ

При составлении курсового проекта студенту выдаются геологические материалы в виде проектных данных, сами расчеты выполняются в соответствии с темой курсового проекта. В проекте выполняются все расчеты, связанные с выбором оборудования, бурением и освоением скважины.

Примерные темы курсовых проектов

«Бурение водозаборной скважины на мелкозернистый песок, проектной глубиной 260 м»

Бурение бесфильтровой водозаборной скважины на мелкозернистый песок, проектной глубиной 107 м»

Бурение разведочно-эксплуатационной скважины на известняк, проектной глубиной 160 м»

Бурение разведочно-эксплуатационной скважины на плавунный песок, проектной глубиной 400 м»

Бурение бесфильтровой водозаборной скважины на трещиноватый известняк, проектной глубиной 180 м»

Бурение водозаборной скважины на два прослоя крупнозернистых песков, проектной глубиной 200 м»

Бурение бесфильтровой скважины на крупнозернистый песок, проектной глубиной 170 м»

1.ПРОЕКТНЫЕ ДАННЫЕ

При составлении курсового проекта первый раздел проекта выдается студенту в виде проектных данных, остальные выполняются в соответствии с содержанием учебного проекта. В учебном проекте выполняются все расчеты, связанные с выбором оборудования, бурением и освоением скважины. Обязательно, на основе выполненных расчетов приводится геолого-технический наряд на скважину и план-график работ.

2. ВЫБОР СПОСОБА БУРЕНИЯ

Способ бурения скважины выбирается в зависимости от назначения скважины, ее глубины, состава пород разреза, гидрологических условий, которые в свою очередь определяют начальный и конечный диаметр бурения.

При бурении на воду в России наибольшее применение получили следующие способы бурения: вращательный с прямой и обратной промывкой, шнековый, ударно-канатный.

Однако вращательный способ бурения с прямой промывкой получил наибольшее распространение; на его долю приходится более 90% всех объемов бурения.

Вращательным способом с прямой промывкой можно сооружать скважины в породах различной твердости и практически любой глубины. Преимуществами вращательного способа с прямой промывкой являются: простая конструкция скважины; возможность вскрывать высоконапорные горизонты; высокая механическая скорость бурения.

Однако применение в качестве промывочной жидкости глинистых растворов приводит к коьматации водоносного горизонта и снижению дебита скважин. При вращательном бурении с прямой промывкой затруднено опробование водоносных горизонтов и уточнение геологического разреза скважины. Поэтому вращательный способ бурения с прямой промывкой рекомендуется применять в следующих случаях:

- Достаточно хорошо изученного геологического и гидрологического строения участка работ;
- Вскрытия высоконапорных водоносных горизонтов;
- Обеспеченности скважины водой и качественной глиной;
- Обязательного применения в процессе и после окончания бурения скважин комплекса геофизических исследований;
- Использования технологических приемов, обеспечивающих минимальную коьматацию водоносного горизонта (бурение с прямой промывкой водой, применение меловых, крахмальных, гипановых и других растворов).

Ударно-канатный способ бурения рекомендуется применять при:

- Недостаточной изученности геологических и гидрогеологических условий участка работ;
- Вскрытии низконапорных водоносных горизонтов;
- Бурение скважин большого диаметра (свыше 500мм) на глубину до 150-200м;

- Сооружение скважин в местах, где затруднено снабжение водой.

Однако учитывая сложность конструкции скважин и их большую металлоемкость, низкие механические скорости бурения, ограниченную глубину бурения, стоимость скважин ударно-канатного бурения весьма велика.

Сейчас скважины ударно-канатного бурения применяются редко.

Шнековый способ бурения – разновидность вращательного бурения, при котором порода транспортируется на поверхность по спиральным лопастям колонны шнеков.

Применяется, в основном в мягких породах и слабосцементированных породах.

Глубина скважин зависит от модели установки; как правило, не превышает 50м.

Вращательный способ бурения с обратной промывкой.

Сущность способа бурения с обратной промывкой заключается в том, что промывочная жидкость при бурении попадает в ствол скважины не по внутренней полости бурильных труб, как это происходит при бурении с прямой промывкой, а между наружной поверхностью бурильных труб и поверхностью ствола скважины.

Разбуренная порода с забоя выносится по бурильным трубам, проходит через специальный вертлюг-сальник и сбрасывается в отстойник, где промывочная жидкость очищается от шлама, после чего направляется в скважину.

Рассматриваемый способ бурения позволяет сохранить преимущества вращательного бурения, обеспечивающего высокую механическую скорость проходки. Избыточное гидростатическое давление столба жидкости, постоянно находящейся в скважине, превышающее пластовое давление, гарантирует устойчивость ее стенок. При этом исключается эрозионное воздействие на стенки скважины потока промывочной жидкости и разрушение их бурильной колонной. Кроме того, сохранению устойчивости стенок скважины способствует и значительная проходка на долото, позволяющая свести до минимума спускоподъемные операции, связанные с необходимостью замены бурового наконечника.

Затруднения возникают при проходке залегающих на малой глубине неустойчивых пород, когда гидростатическое давление столба жидкости недостаточно для поддержания устойчивости стенок скважины.

Преимущества рассматриваемого способа бурения несомненны, так как он позволяет экономить обсадные колонны и бурить без глинистого раствора.

Это обстоятельство не только упрощает и удешевляет организацию работ, но и исключает большие затраты времени и средств, связанные с разглинизацией стенок скважины, на что обычно расходуется, иногда безуспешно, длительное время.

Улучшается и качество формирования естественного фильтра; водоносные горизонты при этом не кольятируются, не происходит нарушения естественной структуры водоносных пластов, так как значительный диаметр

скважин позволяет обеспечить высокий дебит при низкой скорости водопритока.

Наряду с этим в процессе бурения обеспечивается более точное определение горизонтов залегания различных пород и их опробование, поскольку шлам в строгой последовательности непрерывно поступает на поверхность.

Для целей опробования или эксплуатации любого водоносного горизонта скважина легко может быть оборудована фильтровой и водоподъемными колоннами. Наличие открытого кольцевого зазора большого сечения позволяет механизировать и быстро производить засыпку гравия.

В связи с тем, что площадь внутреннего сечения колонны бурильных труб значительно меньше площади кольцевого зазора, по которому происходит подъем шлама при прямой промывке, появляется возможность увеличить скорость восходящего потока по внутреннему каналу труб до 3-3,5 м/с. Это позволяет выносить шлам размером до 150 мм и более, что исключает необходимость его дробления до величины 3-5 мм, требуемой при бурении с прямой промывкой и, в конечном итоге, способствует значительному увеличению механической скорости проходки.

Откачка промывочной жидкости из колонны бурильных труб в процессе бурения скважин осуществляется центробежным насосом, эрлифтом или водоструйным насосом. В соответствии с этим имеются три схемы производства буровых работ способом обратной промывки.

Применение способа с обратной промывкой ограничивается мягкими рыхлыми породами и глубиной бурения 200-300м.

3.ВЫБОР ТИПА И КОНСТРУКЦИИ ФИЛЬТРА

Фильтры, устанавливаемые в скважину, выполняют следующие функции:

- * Предохраняют стенки водоносного пласта от разрушения;
- * Не позволяют проникать мелким частицам внутрь водоподъемной колонны и тем самым предохраняют центробежные и погружные насосы от преждевременного износа;

Фильтры буровых скважин должны отвечать следующим требованиям:

- При минимальных размерах обеспечить пропуск необходимого количества откачиваемой воды;
- Иметь минимальные гидравлические сопротивления, максимально возможную скважность и площадь фильтрации;
- Обладать необходимой механической прочностью;
- Пропускать песок и мелкие фракции пород только в начальный период работы;
- В скважинах, рассчитанных на длительную эксплуатацию, фильтры должны обладать устойчивостью против коррозии и зарастания, а так же обеспечивать использование механических, гидравлических, а в ряде случаев и химических методов восстановления проницаемости прифильтровых зон и фильтров;

- В устойчивых горных породах, а также в бесфильтровых скважинах с устойчивой кровлей каркасы фильтров не устанавливают;
Водоносные пласты являются коллекторами, в которых аккумулируются подземные воды.

Различают коллекторы пористого и трещиноватого типов.

В зависимости от типа коллекторов используются различные типы фильтров (табл. 1).

Таблица 1.-Рекомендуемые типы фильтров

Водосодержащие породы	Рекомендуемые типы фильтров
Скальные и полускальные устойчивые породы	Фильтры не устанавливают
Скальные и полускальные не устойчивые породы. Гравийно-галечниковые отложения с крупностью частиц от 20 до 100мм (>50%мас.)	Трубчатые фильтры с крупной и щелевой перфорацией. Каркасно-стержневые фильтры.
Гравий, гравелистый песок с крупностью частиц от 1 до 10 мм, с преобладающей крупностью от 2 до 5мм (>50% мас.)	Трубчатые и стержневые каркасы с водоприемной поверхностью из проволоки или без неё. Трубчатые или стержневые каркасы с водоприемной поверхностью из проволоки, сетки или штампованного листа.
Пески среднезернистые с преобладающей крупностью частиц 0,25 - 0,50 мм (>50% мас.)	Сетчатые и гравийно-обсыпные фильтры с уширенным контуром. Возможно применение двухслойных фильтров.
Пески мелкозернистые с преобладающей крупностью частиц от 0,1 до 0,25 мм (>50% мас.)	Гравийно-обсыпные фильтры с уширенным контуром. Возможно применение двухслойных фильтров.
Пески различной зернистости при наличии устойчивой кровли	Бесфильтровые скважины

В песках различного гранулометрического состава на трубчатых и стержневых каркасах применяются проволоочные и сетчатые фильтры (рис. 1).

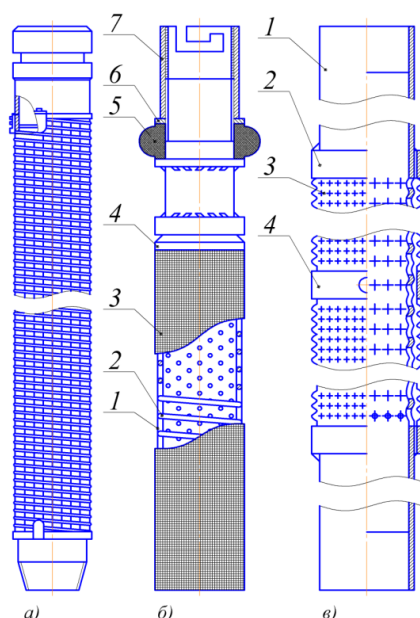


Рисунок 1. Фильтры с покрытием

а – из проволоки; *б* – из сетки (сетчатый фильтр): 1 – каркас; 2 – проволоочная обмотка; 3 – сетка; 4 – опорное кольцо; 5 – резиновая манжета; 6 – нажимное кольцо; 7 – муфта; *в* – из просечного листа (фильтры ФКО)

В практике чаще всего применяются проволочные фильтры с диаметром проволоки от 3 до 5 мм.

В мелкозернистых и пылеватых песках используются сетчатые фильтры. Применяются сетки галунного и квадратного плетения. В качестве материала в сетках используется латунь, нержавеющая сталь, полиэтилен, пропилен, винипласт и др.

В эксплуатационных скважинах во избежание коррозии более эффективно применение сеток из нержавеющей стали и полимерных материалов.

Длину рабочей части фильтра в напорных водоносных пластах мощностью до 10 м следует принимать равной мощности пласта; в безнапорных – мощности пласта за вычетом эксплуатационного понижения уровня воды в скважине. Рабочую часть фильтра следует устанавливать от кровли и подошвы водоносного пласта, но не менее 0,5-1 м. Длину отстойника следует принимать не более 2 м. Надфильтровая часть не должна превышать 1,5-2 м. В этой части устанавливается сальник, который служит для предотвращения поступления частиц породы из пласта в эксплуатационную колонну.

Размеры проходных отверстий для сетчатых фильтров (без устройства гравийной обсыпки) следует принимать по табл.2.

Таблица 2.-Размеры проходных отверстий фильтров, мм

Тип фильтра	Размеры отверстий при коэффициенте неоднородности пород	
	$\eta_1 \leq 2$	$\eta_1 > 2$
круглый	$(2,5-3) \cdot d_{50}$	$(3-4) \cdot d_{50}$
щелевой	$(1,25-1) \cdot d_{50}$	$(1,5-2) \cdot d_{50}$
сетчатый	$(1,5-2) \cdot d_{50}$	$(2-2,5) \cdot d_{50}$
проволочный	$1,25 \cdot d_{50}$	$1,5 \cdot d_{50}$

Примечания: 1. d_{10} , d_{50} , d_{60} – размеры частиц, содержание которых по массе составляет соответственно 10, 50 и 60%

2. Меньшие значения размеров проходных отверстий относятся к мелким пескам, большие – к крупным.

Скважность фильтра, - отношение площадей отверстий к общей площади поверхности фильтра, выраженное в процентах.

В трубчатых фильтрах с круглой или щелевой перфорацией скважность следует доводить до 20-25%.

В фильтрах с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки и штампованного стального листа скважность каркасов принимается из условия прочности до 30-60%.

В гравийных фильтрах в качестве обсыпки могут применяться песок, гравий, песчано-гравийные смеси. Подбор материалов для гравийных обсыпок производится по соотношению:

$$\frac{D_r}{d_n} = 8 \div 12,$$

где: D_r - размер частиц, меньше которых в обсыпке содержится 50%;

d_n - размер частиц, меньше которых в породе водоносного пласта содержится 50%.

В гравийных фильтрах толщина слоя обсыпки принимается с учётом конструкции фильтров.

Для фильтров, собираемых на поверхности земли и опускаемых в скважину в готовом виде, толщина каждого слоя обсыпки должна быть не менее 30мм.

Для фильтров, создаваемых на забое скважин засыпкой гравия по межтрубному пространству, толщина каждого слоя обсыпки должна быть не менее 50 мм.

Наиболее надежные в эксплуатации фильтры с гравийной обсыпкой толщиной в 150-200 мм.

При устройстве двухслойных обсыпок подбор механического состава материала слоев производится по соотношению:

$$\frac{D_2}{D_1} = 4 \div 6,$$

где: D_2 и D_1 - средние диаметры частиц материала соседних слоев обсыпки.

Первый слой обсыпки, прилегающий к каркасу фильтра, подбирается таким образом, чтобы размеры гравия были больше.

При устройстве гравийных фильтров за наружный диаметр скважины следует принимать диаметр внешнего контура обсыпки. По условиям ремонта скважин минимальный диаметр каркаса фильтра следует принимать не менее 80-100 мм.

Наружный размер фильтра должен обеспечить его свободный спуск внутрь обсадной колонны с зазором не менее 10 мм. Зазор между стенками скважины и фильтром должен быть не менее 30-50 мм.

Материал, используемый для фильтров в скважинах, следует подвергать антисептической обработке. Рабочую часть фильтра следует устанавливать против участков, обладающих наибольшей водопроницаемостью.

Интервалы, обладающие наибольшей водопроницаемостью, устанавливаются при помощи геофизических исследований.

4.РАСЧЕТ ФИЛЬТРА ИЛИ ПОЛОСТИ БЕСФИЛЬТРОВЫХ СКВАЖИН

Расчет фильтра.

Ориентировочный диаметр каркаса фильтра определяется по формуле:

$$D_k = \frac{\alpha \cdot Q}{L}, \tag{1}$$

где: D_k – диаметр каркаса фильтра, мм;

Q – проектный дебит, м³/ч;

L – длина фильтра, м;

α – коэффициент, характеризующий свойства водоносного пласта, табл.3.

Наружный диаметр фильтра при использовании проволоки и сетки определяется по формуле:

$$D = D_k + 2d_{пр} + 2\delta, \quad (2)$$

где: D – наружный диаметр фильтра;

D_k – наружный диаметр каркаса фильтра;

$d_{пр}$ – диаметр проволоки для обмотки каркаса фильтра;

δ – толщина фильтровой сетки.

Наружный диаметр фильтра с гравийной обсыпкой при использовании проволоки равен:

$$D = D_k + 2d_{пр} + 2\Delta, \quad (3)$$

где: Δ – толщина гравийной обсыпки.

Таблица 3.-Значения коэффициентов α для различных пород

Порода	Коэффициент фильтрации, м/сут	Коэффициент α
Песок мелкозернистый	2-5	90
Песок среднезернистый	5-15	60
Песок крупнозернистый	15-30	50
Песчано-гравийные отложения	30-70	30
Известняк слаботрещиноватый	2-5	90
Известняк среднетрещиноватый	5-15	60
Известняк сильнотрещиноватый	15-70	30

Пример:

Требуется определить диаметр фильтровой трубы, если отбор воды осуществляется из сильнотрещиноватых известняков, мощностью 15 метров, проектный дебит 60 м³/ч. Пласт напорный.

Длину фильтра примем, равной 10 м, учитывая, что пласт является напорным.

Коэффициент α примем равным 30 по табл.3., по формуле (1), тогда диаметр фильтра равен:

$$D = 30 \cdot 60 / 10 = 180 \text{ мм}$$

Из табл. (4) принимаем ближайший размер трубы 194мм.

Таблица 4.-Характеристики обсадных труб

Труба			Муфта
Диаметр трубы, мм	Толщина стенки, мм	Масса 1-го метра, кг	Диаметр, мм
114	5.2-10.2	14-26.7	127
127	5.6-10.7	16.7-30.7	141
140	6.2-10.5	20.4-33.6	154
146	6.5-10.7	22.3-35.7	166

168	7.3-12.1	29-46.5	188
219	6.7-14.2	35.1-75.1	245
245	7.9-15.9	46.2-89.5	270
273	7.1-16.5	46.5-104.5	299
299	8.5-14.8	60.5-103.5	324
324	8.5-14	66.1-106.9	351
351	9-12	75.9-100.3	376
377	9-12	81.7-108	402
426	10-12	102.7-122.5	451

Пример:

Определить размеры фильтра.

Водоносный горизонт представлен среднезернистыми песками. Мощность пласта 10 м. проектный дебит 20 м³/ч. Так как мощность водоносного пласта не превышает 10 м, то вскрываем последний на всю мощность, L=10 м. определяем диаметр каркаса фильтра по формуле (1)

$$D_k = \frac{\alpha \times Q}{L} = \frac{60 \times 20}{10} = 120 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр получим, если выберем трубы каркаса 127 мм (табл.4), проволоку для обмотки каркаса 3 мм, сетку галунного плетения толщиной 1 мм

$$D = 127 + 2 \times 3 + 2 \times 1 = 135 \text{ мм.}$$

Диаметр долота для бурения под фильтр, определяем из условия, что зазор между стенками скважины и фильтром должен быть не менее 30÷50 мм.

$$D_d = 135 + 40 = 175 \text{ мм.}$$

Таблица 5.-Наружные диаметры долот, мм

151	161	190.5	215.9	241.3	244.5	269.9	295.3	349.2	295.3	393.7
444.5	490	508								

(*Дальнейшее увеличение диаметра долота на практике чаще всего производится путем наваривания на долото стандартного размера расширяющих реборд или отдельных сегментов шарошечных долот.)

По табл. 5 определяем ближайший размер D_д =190 мм.

Если выбран гравийный фильтр, формируемый на забое, то его конструкция и диаметр выбираются, учитывая следующее. Пусть средний размер частиц водоносного песка 0,3 мм.

Тогда средний размер частиц гравия, используемого для обсыпки равен;

$$D_r = (8 \div 12) \times d_{п} = 10 \times 0,3 = 3 \text{ мм.}$$

Конструкция каркаса гравийного фильтра должна включать трубы и проволочную обмотку. Выбираем трубы Ø 127 мм (табл.4) и проволоку Ø 3мм. Минимальная толщина гравийной обсыпки 50 мм.

$$D = 127 + 2 \times 3 + 2 \times 50 = 233 \text{ мм.}$$

Из табл. 5 выбираем соответствующий диаметр долота D_д =245 мм.

Чтобы получить проектный дебит необходимо, зная диаметр, определить длину рабочей части фильтра

$$L = \frac{\alpha \times Q}{D_d} = \frac{20 \times 60}{245} = 4.9 \text{ м}$$

Принимаем длину рабочей части 5 м.

Каркасы фильтров выполняют из стальных обсадных бесшовных труб муфтового соединения нефтяного ряда (с.349, табл. VIII.1), геологоразведочного ряда, (с.355, табл. VIII.6), стальных насосно-компрессорных труб (с.357, табл. VIII.9), труб из нержавеющей стали (ГОСТ 9940-62), а также асбестоцементных, полиэтиленовых, полипропиленовых, поливинилхлоридных (ПВХ) (с.360-367), размеры которых приведены в работе (1).

Расчет полости бесфильтровой скважины

Для эксплуатации водоносных песков с достаточно прочными породами кровли мощностью не менее 2-3 м целесообразно применять долговечные и надежные бесфильтровые скважины. При достижении такого водоносного горизонта в скважине устанавливают эксплуатационную колонну с цементированием затрубного пространства. Путем откачки песчаной пульпы из-под кровли водоносного горизонта создается водоприемная воронка, являющаяся рабочей частью бесфильтровой скважины.

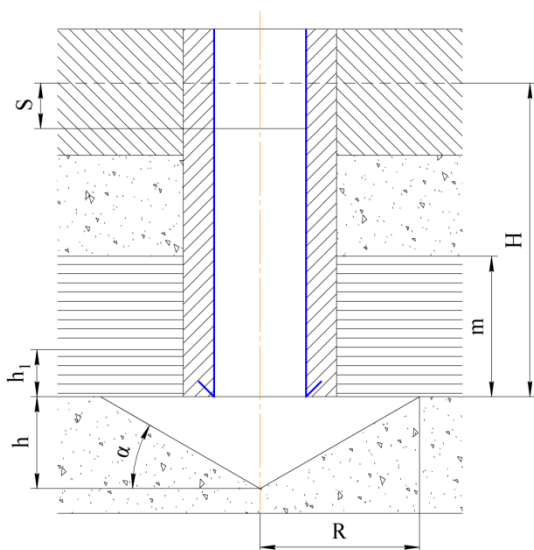


Рисунок 2. Бесфильтровая скважина

Расчет бесфильтровой скважины проводится с целью определения размеров полости, обеспечивающей необходимую пропускную способность, и выяснения устойчивости кровли сформированной полости.

Проектный дебит ($Q \text{ м}^3/\text{ч}$) бесфильтровой скважины ориентировочно может быть подсчитан по формуле:

$$Q = \frac{\pi R^2 V_{\phi}}{\cos \alpha}, \quad (4)$$

где: R – радиус полости;

V_{ϕ} – скорость фильтрации, м/ч;

α – угол естественного откоса ($\alpha \approx 20-25^\circ$)*

(* свободная поверхность откоса рыхлой горной породы сохраняет свой наклон под некоторым углом к горизонтальной плоскости, называемым углом естественного откоса.)

Скорость фильтрации:

$$V_{\phi} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot k \cdot (1 - \Pi) \cdot (\rho_n - 1),$$

где: $\eta_1 = 0,7 \div 0,8$ – коэффициент запаса; η_2 – коэффициент, учитывающий уменьшение скорости фильтрации в зависимости от угла откоса песка, для мелкозернистого песка $\eta_2 = 0,9$, для среднезернистого $\eta_2 = 0,8$, для крупнозернистого $\eta_2 = 0,74$; k – коэффициент фильтрации, м/сут; $\Pi \approx 0,3 \div 0,4$ – пористость песка; ρ_n – относительная плотность пород водоносного пласта.

Радиус полости, м:

$$R = \sqrt{\frac{24Q \cos \alpha}{\pi V_{\phi}}} \quad (5)$$

Устойчивость пород кровли определяются следующим образом:

$$h_1 = \frac{R}{f}, \quad (6)$$

где: h_1 – высота свода естественного равновесия пород кровли, м;

f – коэффициент крепости пород

$$\left(f = \frac{\sigma_{сж}}{100}\right), \sigma_{сж} - \text{предел прочности породы на одноосное сжатие (даН/см}^2\text{)}.$$

Породы кровли обрушаться не будут, если давление воды на непроницаемую кровлю будет больше давления столбика породы в пределах свода естественного равновесия:

$$h_1 \rho_k < (H - S) \rho_{\text{в}}, \quad (7)$$

где: H – превышение статического уровня воды над кровлей водоносного горизонта, м; S – понижение уровня при откачке, м; ρ_k – относительная плотность пород кровли ($\rho_k = 2,5 - 3$); относительная плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1$

Учитывая (6) и (7) условие устойчивости можно представить в виде:

$$R < \frac{(H - S)f}{\rho_k} \quad (8)$$

Дополнительным условием устойчивости пород кровли является условие:

$$h_1 \leq 0,75m, \quad (9)$$

где: m – мощность устойчивых пород кровли, м.

Если неравенства выполняются, породы кровли (в случае их непроницаемости) не обрушаются, то бесфильтровую скважину проектировать можно.

После цементирования эксплуатационной колонны, продолжают бурение в пределах водоносного слоя на глубину 1,5-2 м от кровли, после чего начинают разработку полости.

Формирование водоприемной полости производится эрлифтной откачкой с помощью компрессора, либо водоструйным насосом. На первом этапе откачки во избежание образования песчаных пробок в скважину опускается

колонна труб, по которой подается вода от бурового насоса, входящего в комплект буровой установки. После разработки каверны в зоне пласта подача воды прекращается.

При сдаче скважины в эксплуатацию, производительность водозабора должна быть меньше производительности при опытной откачке в 1,3-1,5 раза.

В пылеватых и тонкозернистых песках, а также в случае недостаточно устойчивой кровли в водоприемную воронку может быть засыпан гравий.

Пример:

Дано: порода кровли сложена глинистыми сланцами, $f=2,0$, $\rho_k=2,9$; мощность кровли $m=15$ м; пьезометрический напор пласта $H=50$ м; максимальное понижение $S=15$ м; водоносный пласт сложен мелкозернистыми песками, $\alpha=20^\circ$, $k=6$ м/сут.; $\rho_{п}=1,8$ – относительная плотность песка; $Q = 100$ м³/ч.

Решение:

Скорость фильтрации

$$V_{\phi}=0,7 \cdot 0,9 \cdot 6 \cdot (1-0,4) \cdot (1,8-1) = 1.81 \text{ м/сутки};$$

Радиус полости бесфильтровой скважины:

$$R = (24 \cdot 100 \cdot 0,9 / (\pi \cdot 1.81))^{0,5} = 19,49 \text{ м.}$$

Условия устойчивости

$$h_1 = 19,49 / 2 = 9,75 \text{ м,}$$

$$19,49 < (50 - 15) \cdot 2 / 2,9,$$

$$19,49 < 24,1$$

$$0,75 \cdot m = 0,75 \cdot 15 = 11,2 \text{ м,}$$

$$9,75 < 11,2.$$

Условия устойчивости кровли выполняются, поэтому проектировать бесфильтровую скважину можно.

5.ПОДБОР НАСОСА И ДИАМЕТРА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

В настоящее время для подъема воды из скважины применяются в основном погружные центробежные насосы с вертикальным валом и погружным электродвигателем

Погружные центробежные насосы получили наибольшее распространение типа ЭЦВ, а также иномарки типа GRUNDFOS.

Диаметры и марка погружного центробежного насоса выбираются исходя из требуемого напора и подачи по табл. 6.

Таблица 6.-Погружные центробежные насосы

Тип насоса (ЭЦВ и GRUNDFOS)	Подача м³/ч	Напор, м	Диаметр, мм
ЭЦВ4	1,6 - 4	30-130	96
ЭЦВ5	2,5 - 6	до 130	120
ЭЦВ6	6-16	до 250	145
ЭЦВ8	20-63	до 300	186
ЭЦВ10	63-210	до 300	235
ЭЦВ12	120-400	до 400	281
SQ1	0,5-1,5	35-160	74
SQ2	1,5-3	35-120	74
SQ3	1,5-3,5	30-110	74
SQ5	3-6	15-70	74
SP1	1	190	101
SP2	2	350	101
SP3	3	340	101
SP5	5	400	101-140
SP8	8	500	101-140
SP14	14	150	101-140
SP17	17	500	140-175
SP30	30	500	142-192
SP46	46	350	145-192
SP60	60	300	146-195
SP77	77	280	200-209
SP95	95	230	200-205
SP125	125	400	222-229
SP160	160	360	222-229
SP215	215	380	241
<i>Примечание. ЭЦВ6-16-90 (6 - диаметр в дюймах, 16 - подача м³/ч, 90-напор в метрах); SQ(P)2-150 (2 - подача м³/ч, 150 - напор в метрах), 1 дюйм= 25,4 мм.</i>			

Внутренний диаметр эксплуатационной колонны должен быть больше диаметра насоса на 20-40 мм для обеспечения его спуска-подъема и безаварийной работы, табл. 4.

Центробежные погружные электронасосные агрегаты типа ЭЦВ предназначены для откачки из скважин чистой воды с содержанием твердых механических примесей не более 0,01% по массе и минерализацией до 1500

мг/л (сухой остаток). Агрегат состоит из центробежного насоса и погружного электродвигателя, расположенного под насосом.

В комплект поставки входит сам агрегат ЭЦВ, система автоматического управления, силовой кабель и пояса для его закрепления на водоподъемной колонне труб.

Электронасосный агрегат опускают в скважину на колонне стальных водоподъемных труб, по которым откачиваемая насосом вода подается на поверхность.

Агрегат ЭЦВ располагается в скважине так, чтобы динамический уровень воды был не менее чем на 1-6 м выше первой ступени насоса. Монтаж и демонтаж агрегатов ЭЦВ ведут с помощью буровой установки или автокрана.

6.ВЫБОР И РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ

Конструкция скважины зависит от способа бурения, геологических условий, дебита и динамического уровня, а также от обеспечения зоны санитарной охраны.

Для каждой сооружаемой скважины на воду составляют индивидуальный проект. Стержнем проекта скважины на воду является конструкция скважины.

При составлении конструкции скважины на воду ее глубина определяется местоположением кровли и глубиной вскрытия водоносного горизонта. Если мощность водоносного горизонта небольшая, то его следует вскрыть полностью и пробурить до водоупора с целью размещения отстойника фильтра. Если мощность водоносного горизонта большая, то водоприемная часть скважины должна находиться в интервале максимальной водопроницаемости пласта. Интервал максимальной водопроницаемости пласта определяют при помощи геофизических исследований.

В соответствии с проектным дебитом рассчитывается расход (в м³/ч) воды из скважины

$$Q = N \cdot n \cdot k / t, \quad (10)$$

где: N – норма воды на единицу потребителей, м³/сут;

n – число единиц потребителей;

k – 1,5÷2,5 – коэффициент суточной неравномерности;

t – продолжительность работы водоподъемника;

t=20-22 ч/сут - для крупных объектов;

t=8-12 ч/сут – для средних небольших объектов.

Если ожидаемый дебит меньше проектного, то определяется число скважин

$$n_c = Q / Q_{\text{скв.}}$$

В соответствии с характером пород водоносного горизонта выбирают тип водоприемной части скважины (фильтровая или бесфильтровая) и тип фильтра. Зная заранее установленную мощность вскрытия водоносного

пласта, можно задаться длиной рабочей части фильтра и определить его минимально необходимый диаметр. В соответствии с расчетами и стандартными размерами труб подбирают диаметр фильтра и устанавливают конечный диаметр скважины. По проектному расходу Q и ожидаемому динамическому уровню воды в скважине подбирают водоподъемник, а по его габаритам – эксплуатационную колонну, в которой он будет установлен. Внутренний диаметр эксплуатационной колонны должен быть больше диаметра водоподъемника на 20-40 мм. Затем выбирают способ установки фильтра в скважине: на эксплуатационных трубах или впотай.

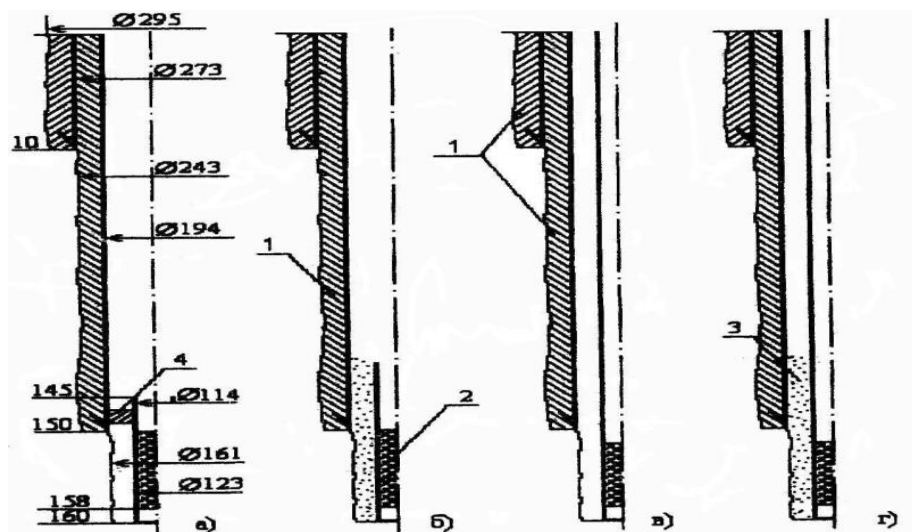


Рисунок 3. Конструкции фильтровых скважин:

а) сетчатый фильтр установленный впотай, б) гравийный фильтр установленный впотай, в), г) соответственно сетчатый и гравийный фильтры с надфильтровой трубой выходящей на поверхность.

1 – цементация затрубного пространства; 2 – сетчатый фильтр; 3 – гравийный фильтр; 4 – сальник

При вращательном бурении скважин на воду с прямой промывкой применяют практически два типа фильтрационных колонн.

При малых дебитах надфильтровая труба выходит на поверхность, рис.3 в), г).

В таких скважинах не предполагается установка водоподъемного насоса большого диаметра.

При значительных дебитах фильтровая колонна устанавливается "впотай" (рис.3 а, б) в эксплуатационной колонне. Такая конструкция скважины позволяет разместить насосы с высокой подачей, имеющие большие поперечные размеры, а также быстро произвести замену фильтра в случае его кольматации или коррозии.

Зная диаметр эксплуатационной колонны, и исходя из необходимости крепления пород геологического разреза, а также обеспечения санитарно-

технической надежности скважины, определяют число промежуточных колонн, их диаметры и глубины спуска, подбирают типоразмеры долот для бурения интервалов под каждую обсадную колонну. Зазор между стенками скважины и муфтами обсадных труб в случае цементирования должен быть 20 мм для труб диаметром до 250 мм и 25-40 мм для труб большего диаметра.

При бурении вращательным способом с промывкой в зависимости от глубины скважины возможны следующие их конструкции. Если водоносный пласт залегает на глубине до 100 м, то после установки направления на глубину 2-10 м бурение до водоносного горизонта продолжают долотом одного диаметра. Далее устанавливают эксплуатационную колонну и цементируют ее от башмака до устья скважины и вскрывают водоносный горизонт. Такая конструкция называется одноколонной. При залегании водоносного горизонта на глубине более 200 м принимается двух- или трехколонная конструкция скважин и более. Кондуктор и эксплуатационную колонну, а в некоторых случаях и промежуточные колонны следует цементировать.

После того, как было определено необходимое количество обсадных колонн, приступают к определению диаметров обсадных колонн и долот. Расчет диаметров ведется снизу вверх. За исходный размер принимается диаметр эксплуатационной колонны (фильтровой) или конечный диаметр ствола скважины, если спуск обсадной (фильтровой) колонны проектом не предусмотрен.

Диаметр долота для бурения под обсадную колонну определяется по ее габаритному наружному размеру (наружный диаметр соединительной муфты) с таким расчетом, чтобы обсадная колонна свободно проходила по стволу скважины с регламентируемым радиальным зазором, табл.8

Определяем диаметр породоразрушающего инструмента под каждую обсадную колонну. Расчет начинаем с фильтровой колонны. Диаметр фильтровой колонны уже определен в задании.

Расчетный диаметр породоразрушающего инструмента D_d , мм для бурения под фильтровую колонну определяется по формуле:

$$D_d = D_m + \delta \quad (11)$$

Где D_m - наружный диаметр муфты обсадной колонны, мм

δ -разность диаметров между муфтой обсадной колонны и стенкой ствола скважины, мм (см.табл. 7).

Таблица 7.-Минимально допустимая разность диаметров муфт обсадных труб и скважин

Номинальный диаметр обсадных труб, мм	Наружный диаметр муфт, мм	Разность диаметров δ , мм
114;127	133; 146	15
140;146	159; 166	20
168; 178; 194; 219; 245	188; 198;216; 245; 270	25
273; 299	299; 324	35
324; 340; 351; 377; 406; 426	351; 365; 376; 402;432; 451	39-45

Затем по расчетному диаметру находится ближайший нормализованный диаметр долота по ГОСТ 20692-2003. Установленный таким образом нормализованный диаметр долота позволяет определить внутренний диаметр обсадной колонны, через которую это долото должно свободно пройти:

$$D_{\text{вн}} = D_{\text{д}} + 2\Delta, \quad (12)$$

Где Δ - радиальный зазор между долотом и стенкой обсадной трубы, обычно принимается $\Delta = 5-10$ мм (причем нижний предел - для труб малого диаметра). К определенному внутреннему диаметру $D_{\text{вн}}$ обсадной трубы добавляем две выбранные (например 10 мм) толщины стенки обсадной трубы и находим расчетный наружный диаметр.

$$D_{\text{н}} = D_{\text{вн}} + 2S_{\text{тр}}, \quad (13)$$

Где $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр обсадной трубы, мм.

$D_{\text{н}}$ – наружный диаметр обсадной трубы, мм.

$S_{\text{тр}} = 10$ мм, выбранная толщина стенки обсадной трубы.

Далее по ГОСТ 632-80 подбираем нормализованный диаметр обсадной колонны.

И снова повторяем расчет под каждую новую обсадную колонну, пока не дойдем до устья.

Таблица 8.-Наружные диаметры долот, мм

151	161	190.5	215.9	241.3	244.5	269.9	295.3	349.2	393.7
444.5	490	508							

Пример:

Исходные данные: глубина скважины равна 220 м. Пласт напорный. Фильтровая колонна установлена "впотай" диаметром 168 мм. Рассчитать двухколонную конструкцию скважины.

Решение:

1. Определим расчетный диаметр долота под фильтровую колонну диаметром 168 мм.

$$D_{д.р.} = d_m + 2\delta \text{ мм,}$$

Где d_m - диаметр муфты обсадной трубы, мм

2δ - разность диаметров муфт обсадной трубы и стенки скважины, мм

по табл. 4 находим диаметр муфты фильтровой колонны, который равен 188 мм, тогда

$$D_{д.р.} = d_m + 2\delta = 188 + 25 = 213 \text{ мм,}$$

2. Выбираем по табл. 9 ближайший нормализованный диаметр долота $D_{д.н.} = 215.9$ мм.

3. Внутренний расчетный диаметр эксплуатационной колонны

$$D_{э.вн.} = D_{д.н.} + 2\Delta = 215.9 + 2 \cdot 5 = 225.9 \text{ мм,}$$

4. Наружный расчетный диаметр эксплуатационной колонны

$$D_{э.н.} = D_{э.вн.} + 2 \cdot S = 225.9 + 2 \cdot 8 = 241.9 \text{ мм}$$

Где S - толщина стенки трубы эксплуатационной колонны, мм

5. Определяем по табл. 4 нормализованный диаметр эксплуатационной колонны

$$D_{э.н.} = 245 \text{ мм}$$

6. Определяем расчетный диаметр долота под эксплуатационную колонну по табл. 4

$$D_{д.р.} = 270 + 2 \cdot 10 = 290 \text{ мм,}$$

7. Выбор ближайшего нормализованного диаметра долота под эксплуатационную колонну по табл. 9.

$$D_{д.н.} = 295.3 \text{ мм}$$

8. Определяем внутренний расчетный диаметр кондуктора

$$D_{к.вн.} = D_{д.н.} + 2 \cdot \Delta = 295.3 + 2 \cdot 8 = 311.3 \text{ мм,}$$

9. Определяем наружный расчетный диаметр кондуктора

$$D_{к.н.} = D_{к.вн.} + 2 \cdot S = 311.3 + 2 \cdot 10 = 331.3 \text{ мм}$$

Где S - толщина стенки трубы эксплуатационной колонны, мм

10. Нормализованный диаметр кондуктора по табл. 4

$$D_{к.н.} = 340 \text{ мм}$$

11. Определяем расчетный диаметр долота для бурения под кондуктор

$$D_{д.р.} = d_m + 2\delta = 365 + 39 = 404 \text{ мм,}$$

12. Определяем по табл. 9 ближайший нормализованный диаметр долота под кондуктор $\rightarrow 444.5$ мм.

13. Определяем внутренний расчетный диаметр направления

$$D_{н.вн.} = 404 + 2 \cdot 10 = 424 \text{ мм}$$

14. Определяем наружный расчетный диаметр направления

$$D_{н.н.} = 424 + 2 \cdot 10 = 444 \text{ мм,}$$

15. Нормализованный диаметр направления равен 530 мм. (т.к. муфтовых труб указанного диаметра не существует, то принимаем безмуфтовую трубу диаметром 530 мм)

16. Определим расчетный диаметр долота для бурения под направление (При использовании безмуфтовых труб расчетный диаметр долота определяется как):

$$D_{д.р.} = D_{н.} + 2\delta$$

Где $D_{н.}$ - наружный диаметр обсадной колонны, мм

2δ - минимально допустимая разность диаметров ствола скважины и обсадной колонны, мм

$$D_{д.р.} = 530 + 40 = 570 \text{ мм}$$

17. Выбираем лопастное долото диаметром 590 мм.

7.ВЫБОР БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

Выбор буровой установки производится с учетом ранее установленной конструкции скважины и принятого способа бурения.

Буровые установки вращательного способа бурения на воду с прямой промывкой водой должны подбираться по следующим основным требованиям:

1. Грузоподъемность должна быть больше веса наиболее тяжелой колонны.
2. Проходное отверстие ствола ротора должно обеспечивать прохождение обсадной колонны наибольшего размера (если нет, то на время обсадки ротор снимается с рамы установки).
3. Производительность буровых насосов должна обеспечивать транспортировку шлама из скважины.
4. Транспортабельность.

В настоящее время в практике сооружения скважин на воду в России применяются в основном самоходные буровые установки роторного типа и с подвижным вращателем.

Установка ПБУ-2

ПБУ-2 может быть установлена на различные транспортные средства: автомобили и шасси повышенной проходимости типа АМУР (ЗИЛ-131), УРАЛ, КамАЗ, транспортную гусеничную машину ТГМ-126, МТЛБу, тракторы ТТ-4 и ТЛТ-100А, на санное основание и другие шасси.

Подвижный вращатель с механическим приводом в сочетании с мощным гидравлическим механизмом подачи позволяют создавать значительную осевую нагрузку на породоразрушающий инструмент с первых метров бурения.

Конструкция вращателя буровой установки обеспечивает возможность его отвода в сторону от оси скважины для выполнения спуско-подъемных операций, установки обсадных колонн и реализации технологии ударно-канатного бурения с использованием буровой лебедки.

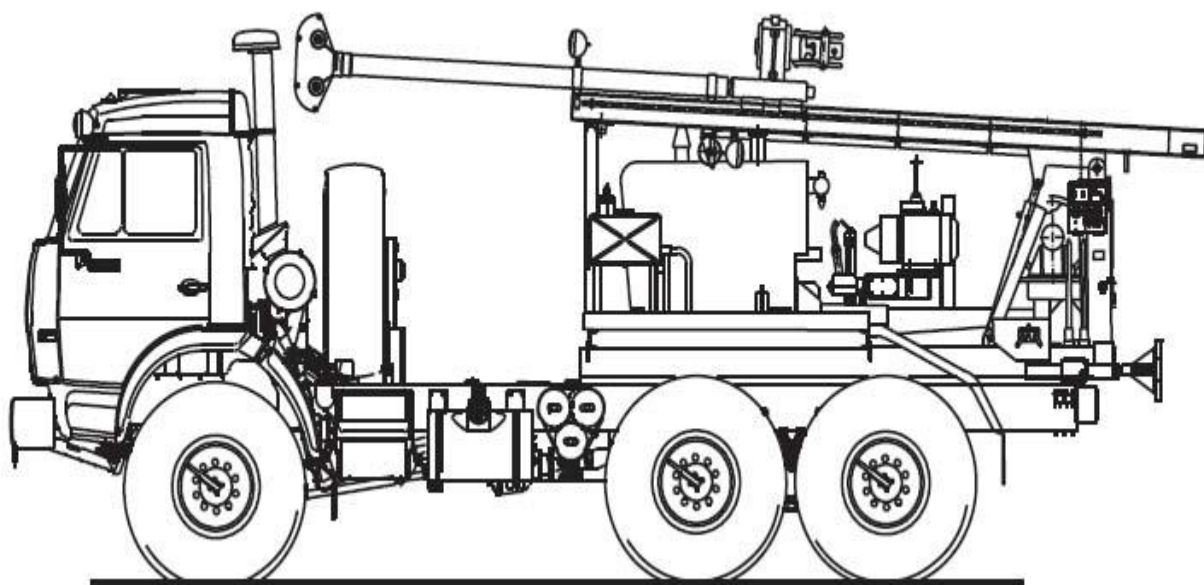


Рисунок 4. Схема буровой установки ПБУ-2

Установка УБР - 12

Буровая установка УБР-12 предназначена для бурения гидрогеологических, геологических и сейсмических скважин шнеками до глубины 50 м, долотами и коронками с прямой промывкой до 200 м.

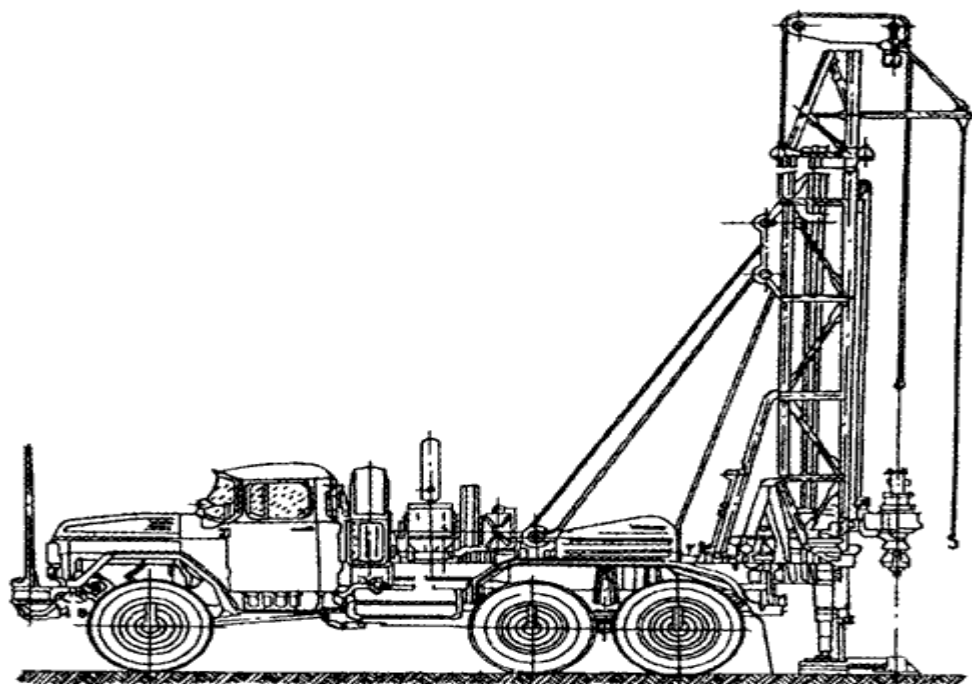


Рисунок 5. Схема буровой установки УБР-12

Установка УРБ-2А2

Одна из самых популярных установок в центральном регионе при бурении скважин на воду. Станок прост, легок и удобен. Большое количество этих станков определило развитую ремонтную базу.

Установка может быть смонтирована на шасси автомобилей повышенной проходимости, таких как УРАЛ, ЗИЛ, КАМАЗ, АМУР, а также других марок; на гусеничных шасси МТЛБУ, ТТ-4, ГАЗ-71 и других.

Данная буровая установка комплектуется как буровыми насосами для бурения с промывкой, так и компрессором для бурения с продувкой воздухом.

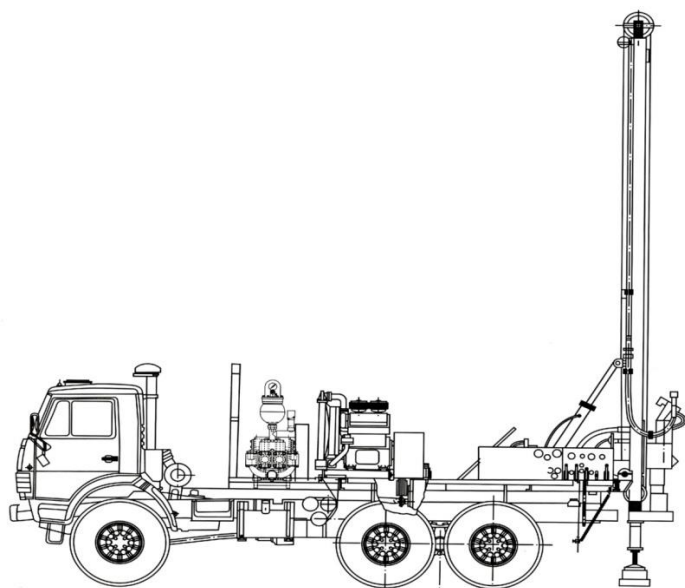


Рисунок 6. Схема буровой установки УРБ-2А2

Установка УРБ-3А3

Установки разведочного бурения типа УРБ-3А3 монтируются на самоходное шасси типа МАЗ или самоходное шасси повышенной проходимости типа УРАЛ. Также встречаются варианты буровых установок на шасси КАМАЗ, КРАЗ и даже зарубежных производителей. Установки оснащены ротором.

Установка может бурить с промывкой при помощи грязевых буровых насосов, а также с продувкой забоя сжатым воздухом.

Так же установка оборудована устройством для свинчивания-развинчивания бурильных труб. Широкий диапазон скоростей на роторе и лебедке позволяет выбрать оптимальный режим бурения.

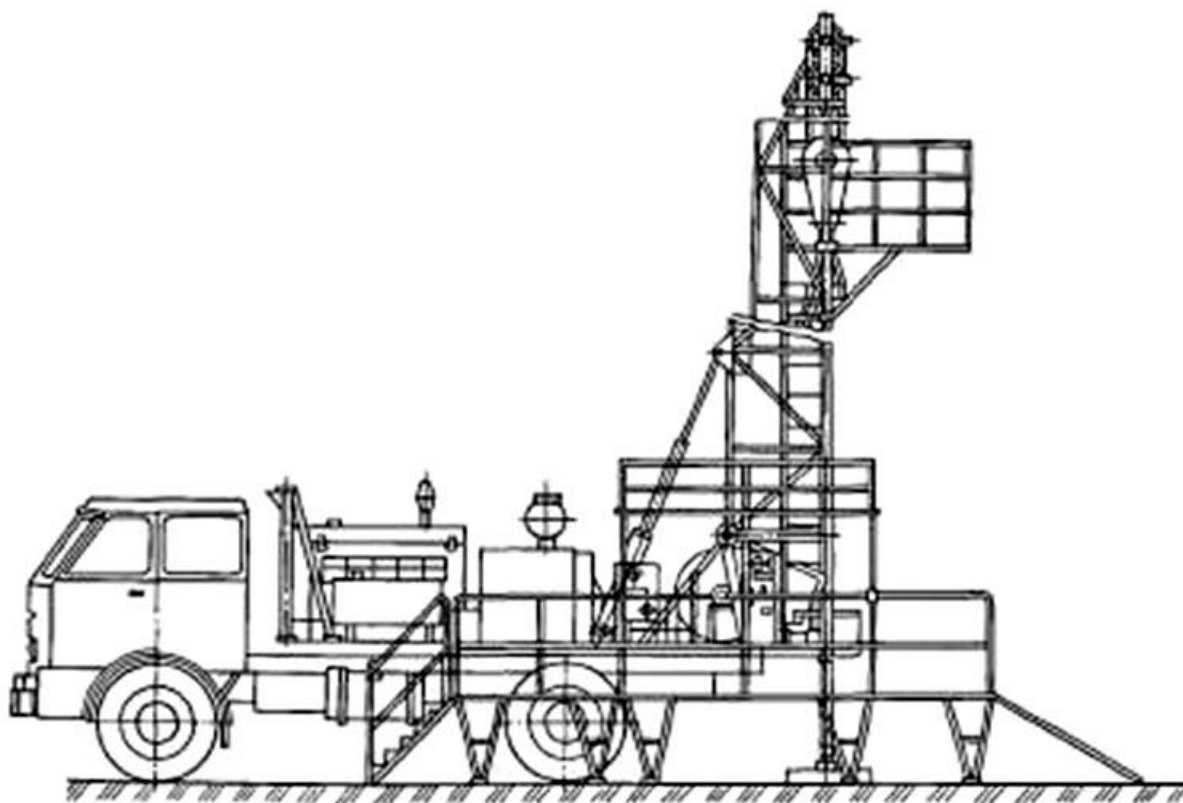


Рисунок 7. Схема буровой установки УРБ-3А3

Установка 1БА-15В

Основное оборудование агрегата смонтировано на автоприцепах, что обеспечивает высокую маневренность и сокращает затраты времени на транспортировку и монтажно-демонтажные работы. Запас мощности и возможность привода любых механизмов от каждого из двух двигателей повышает надежность ведения буровых работ и сокращает аварийные простои. Широкий диапазон скоростей на лебедке и роторе позволяет успешно вести различные работы. Конструкция агрегата позволяет без затруднений применять бурильные и обсадные трубы длиной 12 м и обсаживать скважины без снятия ротора трубами диаметром до 360 мм. Пневматическое управление основными механизмами значительно повышает оперативность и облегчает труд бурильщика, наличие также ручного управления обеспечивает надежность управления.

Мощный компрессор, входящий в состав агрегата, позволяет без потерь времени производить с помощью эрлифтов опытную откачку воды. Применение гидрораскрепителя и устройства для развинчивания бурильных труб диаметром 73 мм с помощью ротора облегчает и ускоряет выполнение спускоподъемных операций.

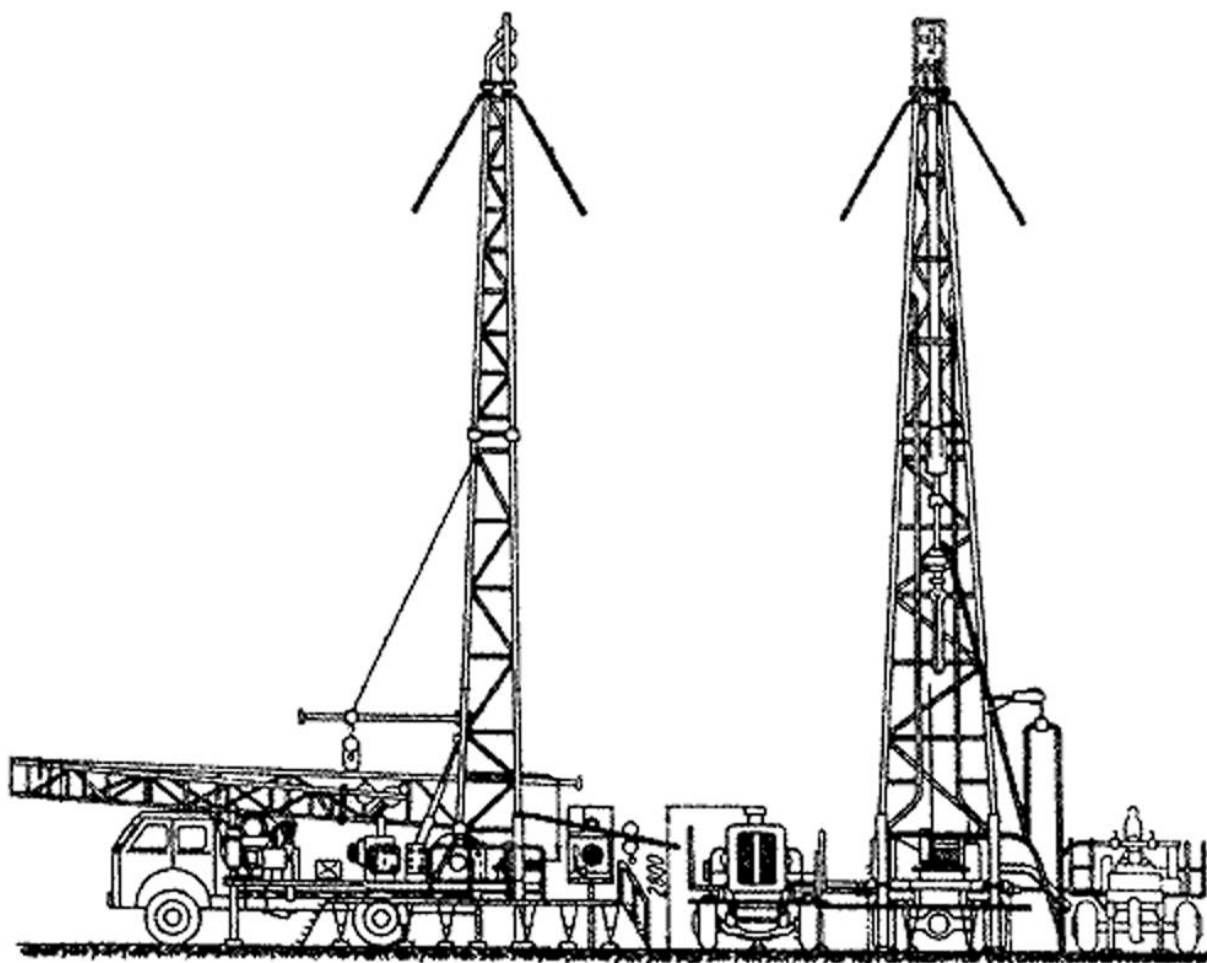


Рисунок 8. Схема буровой установки 1БА-15В

Установка УБВ-600

Самоходная буровая установка УБВ-600 состоит из следующих блоков: бурового (лебедочно-мачтового), насосного, роторного (рабочей площадки) и мостков с выдвижными стеллажами для труб. Установка предназначена для вращательного бурения скважин шарошечными долотами с промывкой.

Насосный блок включает два буровых насоса 9МГр-61, компрессор КТ-7. Роторный блок включает буровой ротор Р-410, подсвечник, приспособление для забуривания шурфа и другое оборудование. В состав блока также входит устройство для свинчивания и развинчивания долота (под ротором).

Особенности буровой установки - большая приводная и гидравлическая мощность, возможность раздельного и одновременного съема мощности с двух двигателей, механизация трудоемких процессов при вспомогательных операциях, самоходность основных блоков и их компактность, позволяющие монтировать оборудование на небольших площадках.

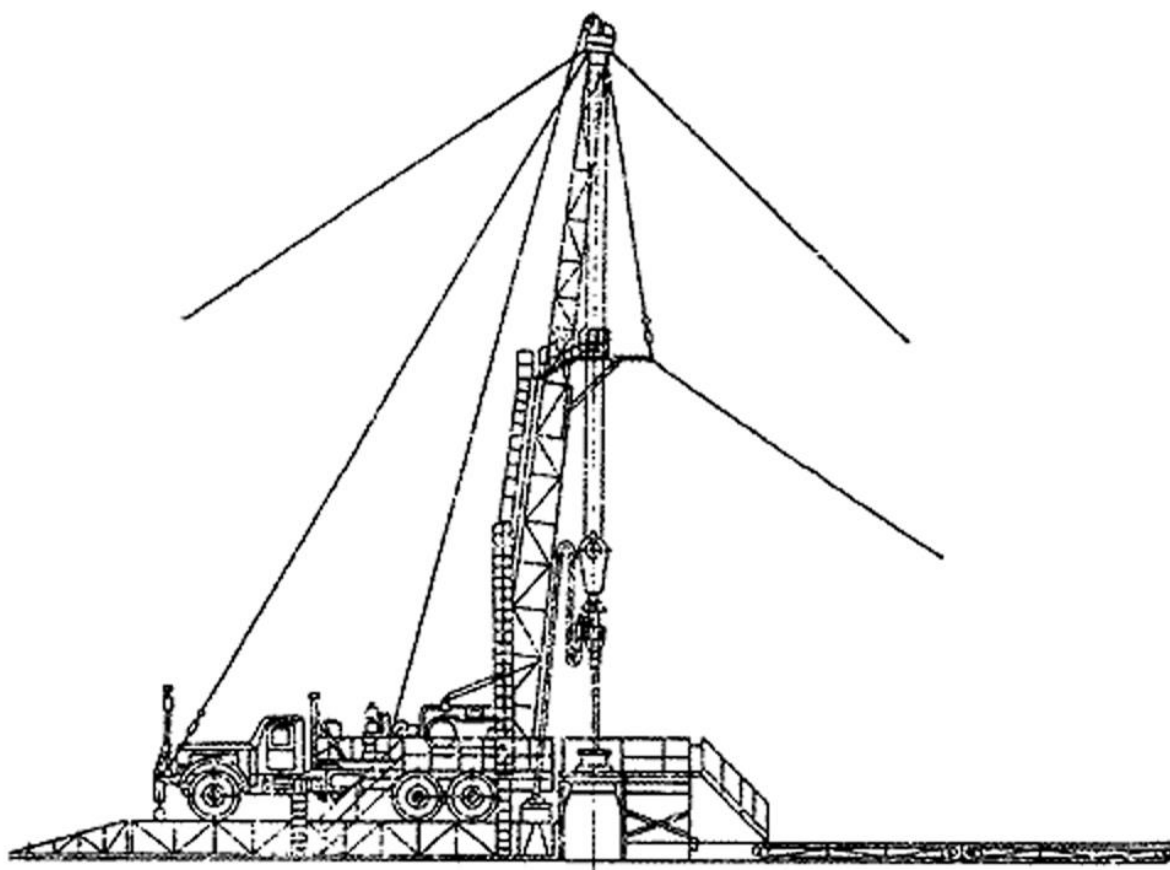


Рисунок 9. Схема буровой установки УБВ-600

Для вращательного бурения с обратной промывкой в России созданы буровые установки роторного типа 1БА-15К и УРБ-ЗАМОП. Кроме того, ОАО "ГЕОМАШ" совместно с компанией ВИРТ (Германия) создали современную буровую установку УБГ-00, предназначенную для бурения как разведочных, так и гидрогеологических скважин.

Установка имеет подвижный вращатель с ходом подачи 7 метров. Глубина бурения составляет 600 м при начальном диаметре 600 мм и конечном 190 мм. Установка позволяет бурить практически в любых геологических условиях. Применяют, в зависимости от поставленной цели и состава горных пород, способы бурения: вращательное колонковое и сплошным забоем с прямой, обратной промывкой и продувкой, шнековое, ударно-вращательное с применением забойных пневмо- и гидроударных машин.

В табл.9 приведены основные характеристики отечественных буровых установок.

Таблица 9.-Самоходные буровые установки для вращательного бурения с прямой промывкой

Параметры	ПБУ-2	УБР-12	УРБ-2А2	УРБ-3А3	1БА-15В	УБВ-600	УБВ-318
Ход подачи, мм	1800/3500*	7000	5200	8000	8000	8000	7000
Усилие подачи, кгс вверх вниз	3500-10000* 3500-10000*	12000 3650					2000 0 6000
Частота вращения шпинделя об/мин	25-430	15-268	140;225;325	71-269		105;183	0-330
Крутящий момент,кгм	500	1500	200				800
Максимальная грузоподъемность лебедки, кгс Канатоемкость, м	2600	2500 200-300	- -	20000	20000	50000	1000 0 на прям ом канат е
Условная глубина бурения, м: шнеками	60	50	30	-			-
Шнековым буром	25	20	-	-			-
Шнековым буром, скользящим по штангам	16		-	-			-
С продувкой	100	-	30				
С промывкой	100-120	200	100	300-400	500-600	600	500-800
Ударно-канатное	150	100	-	-			
Диаметр бурения, мм:							
шнеками	400	400	135	-			
Шнековым буром	850	1000	-	-			
С промывкой	215.9	205	190.5	394/190.5	394/190.5	490/214	600/190
С продувкой	250	-	118				
Ударно-канатное	168	300	-	-			
Трубы бурильные, мм	43-89	43-89	50	73-89	73-89	114	89-114
Буровой насос	НБ-50	НБ-50	НБ-50	НБ-50	НБ-50	9МГР-61	НБ-50
Компрессорная станция	КВ-10/10	-	КВ-10/10				
Мачта высотой, мм		9000	8200	18600	18600	22400	9000

8.ВЫБОР И РАСЧЕТ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

При выборе бурильных труб для роторного способа бурения следует использовать соотношение

$$D_{б.т.}=0.6D_{убт}, \quad (14)$$

где: $D_{убт.}$ - диаметр УБТ, мм.

При роторном бурении скважин на воду применяют бурильные трубы следующих размеров по наружному диаметру тела трубы: 42,50, 60, 73, 89, мм, табл. 10.

Таблица 10.-Параметры бурильных труб

Труба			Муфта	Масса, кг		
Диаметр, мм		Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	1 м гладкой трубы	Двух высадок	Муфты
Условный	Наружный					
Бурильные трубы с высаженными внутрь концами						
42	42	5.0	57	4.56		4.7
50	50	5.5	65	6.04		6.8
60	60.3	7	80	9.15	1.5	2.7
		9		11.3		
73	73	7	95	11.4	2.0	4.2
		9		14.2		
		11		16.8		
89	89	7	108	14.2	3.2	4.4
		9		17.8		
		11		21.2		

Для увеличения жесткости и веса низа бурильной колонны (для создания необходимой нагрузки на долото) применяют утяжеленные бурильные трубы (УБТ). Диаметр УБТ подбирается по табл.11 из соотношения:

$$D_{\text{убт}} \approx (0,7 \div 0,8) D_{\text{д}}$$

Таблица 11.-Параметры УБТ

Наружный диаметр УБТ, мм	Длина трубы, м	Масса 1 м трубы, кг
108	6; 8	63
120	6; 8	64
146	6; 8	98
159	8; 10	116
178	8; 12	156
203	8;12	192

Соотношения между диаметрами долота, УБТ и бурильных труб предлагается подбирать, пользуясь таблицей 12.

Таблица 12.-Рекомендуемые соотношения между диаметрами долота, УБТ и бурильных труб.

Диаметр долота, мм	Наружный диаметр, мм	
	УБТ	Бурильных труб
98.4; 120.6	73; 89	60.3; 73
132-161	95; 108; 127	73; 89
190-215	108; 127; 146; 168	73; 89
215-245	146; 168; 178; 203	73; 89

При выборе породоразрушающего инструмента в породах I-III категории по буримости применяют лопастные долота, а при бурении по более высоким

категориям применяют трехшарошечные долота различных типов и размеров, [12, с.10-13]

Например: Выбираем по известнякам V категории по буримости трехшарошечное долото типа: 190,5 СЗ-ГВ, где 190,5 – наружный диаметр долота, мм; СЗ - средней твердости абразивные горные породы; Г – гидромониторная промывка; В – на подшипниках с телами качения.

При роторном бурении необходимо пользуясь [1] выбрать весь технологический инструмент, а также средства для механизации спускоподъемных операций. А именно, выбрать типоразмеры ведущей трубы, вертлюга-сальника, переходников для соединения ведущей трубы с бурильными трубами, бурильных труб с УБТ и выбранными долотами.

При бурении разведочных скважин диаметром до 151 мм необходимо пользоваться инструментом для колонкового бурения [19, с 103-135]

Необходимо заметить, что если для бурения гидрогеологической скважины применяется установка колонкового бурения или с подвижным вращателем, то УБТ применять не следует.

Для вращательного бурения с обратной промывкой применяют соответствующие буровые установки и инструмент, которые следует выбирать по [2, с. 76-86]

Пример:

Выбрать буровую установку, буровой и вспомогательный инструмент. Разрез скважины представлен:

0-10 м – суглинки, пески;

10-150 м – глины;

150-160 м – водоносный пласт – известняки.

Пласт напорный, динамический уровень – 48 м. проектный дебит 30 м³/час.

Определим диаметр эксплуатационной колонны с учетом диаметра погружного насоса с требуемой подачей, табл.4.

Из табл.6 выбираем GRUNDFOS SP 30-90, диаметром 142 мм. Принимаем с учетом диаметра насоса 142 мм по табл. 4 диаметр эксплуатационной колонны равным 194 мм (внутренний диаметр эксплуатационной колонны равен 179,7 мм). Диаметр направления принимаем 299 мм.

Диаметры бурения, мм	Глубина, м
393.7	0-10
245	10-150
161	150-160

Выбираем буровую установку роторного типа УРБ-3А3

Выбор бурового инструмента

1. В установке УРБ-3А3 допускается бурение с применением бурильных труб диаметром 73 мм с муфтово-замковыми соединениями диаметром 95 мм, табл. 12

2. УБТ при бурении долотом 245 мм.

$$D_{\text{убт.}} = 0.8 \cdot D_{\text{д.}} = 0.8 \cdot 245 = 196 \text{ мм.}$$

До глубины 150 м применяем УБТ-203 с массой 1 м 192 кг (табл. 15).

Тогда диаметр буровой трубы должен быть

$$D_{\text{б.т.}} = 0.6 D_{\text{убт.}} = 0.6 \cdot 203 = 121.8 \text{ мм,}$$

Но у нас имеется буровая труба диаметром 73 мм, значит нам надо принять еще один размер УБТ меньшего диаметра, чтобы соблюсти правило размерности, принимаем:

$$D_{\text{б.т.}}^2 = 0.6 \cdot D_{\text{б.т.}} = 0.6 \cdot 203 = 121.8 \text{ мм, принимаем вторую секцию УБТ диаметром 120 мм,}$$

Тогда $D_{\text{б.т.}} = 0.6 \cdot 120 = 72 \text{ мм}$, что подтверждает выбранный нами ранее диаметр 73 мм.

При бурении долотом диаметром 161 мм.

$$D_{\text{убт.}} = 0.8 \cdot 161 = 128.8 \text{ мм}$$

Выбираем по табл.15 УБТ-120 с массой 1-го метра 98 кг.

и следовательно диаметр бурового инструмента 73 мм.

3. Для забуривания скважины под направляющую трубу диаметром 299 мм выбираем трехшарошечное долото диаметром 393.7 мм. На интервале 10-159 м бурение под эксплуатационную колонну диаметром 194 мм будем вести трехшарошечным долотом диаметром 244,5, на интервале 150-160 м по известнякам выбираем трехшарошечное долото 161 мм. Фильтр в известняках не устанавливаем.

4. Для сборки технологического инструмента в процессе бурения потребуются переходники:

- с ведущей трубы на долото Ш 393.7 М;
- с ведущей трубы на УБТ-203;
- с ведущей трубы на бурильные трубы диаметром 73 мм;
- с бурильных труб 73 на УБТ-203;
- с бурильных труб 73 на УБТ-146;
- с бурильных труб 73 на УБТ-120;
- с УБТ-203 на долото диаметром 245 мм;
- с УБТ-146 на долото диаметром 161 мм.

Вспомогательный инструмент:

1. Элеваторы для бурильных труб ЭБ-73 – 2 шт.
2. Элеваторы для обсадных труб ЭО-194 – 2 шт.
3. Элеваторы для обсадных труб ЭО-299 – 2 шт.
4. Переходники на УБТ-203 для постановки элеватора ЭБ-73.
5. Роторные клинья для захвата УБТ-203 и УБТ-146.
6. Переходник на УБТ-146 для постановки элеватора ЭБ-73.
7. Стропы для элеватора ШЭ-25.
8. Шарнирные ключи РИК для бурильных труб 73 мм.
9. Цепные ключи для свинчивания обсадных труб.

Для механизации спускоподъемных операций целесообразно оснастить буровую установку комплектом технических средств, позволяющих

осуществлять развинчивание колонны с помощью ротора. Также для создания необходимой осевой нагрузки на долото с нуля до 30÷50м целесообразно укомплектовать буровую установку гидравлическим механизмом подачи.

9.ВЫБОР ТИПА ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ

С учетом физико-механических свойств горных пород приводится обоснованный выбор вида промывочной жидкости с указанием ее характеристик. Указывается рекомендуемый реагент для обработки промывочной жидкости и примерный ее расход на 1 м³ жидкости. Здесь же приводится таблица промывочных жидкостей по породам.

Горные породы	Характеристика горных пород	Параметры				Вид реагента и его расход, %
		ρ , кг/м ³	T, сек	П, %	В, см ³ /30 мин	

10.РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА БУРЕНИЯ

1. Частота вращения

При выборе частоты вращения для различных пород разреза учитываем следующее:

- в мягких породах, особенно если они залегают в верхних слоях разреза, после посадки направляющей целесообразно использовать повышенные скорости вращения. В этом случае обеспечивается высокая производительность и при правильно выбранном инструменте исключается возможность поломки труб;
- в породах средней твердости с малыми абразивными свойствами (мергели, аргиллиты, известняки, доломиты) скорость вращения долота также выдерживается на высоких пределах;
- в твердых абразивных породах бурение следует вести при минимальном числе оборотов с тем, чтобы избежать преждевременного износа долот;
- при бурении трещиноватых пород скорость вращения следует снижать;
- при бурении алмазными коронками во всех случаях следует бурить на повышенных оборотах, за исключением трещиноватых пород;
- при глубине бурения близкой к номинальной для данного типа буровой установки, скорость вращения должна быть уменьшена, так как мощность буровой установки не позволяет вести процесс бурения при высоких скоростях вращения на таких глубинах;
- при забурировании скважины во избежание искривления ствола число оборотов снижают до минимального;
- при определении рациональной скорости вращения долот следует исходить из следующих значений окружной скорости вращения, табл. 13.

Таблица 13.-Значения окружной скорости вращения (V, м/с)

Для мягких, рыхлых пород	1,5÷2,5
Для пород средней твердости	1,3÷2,0
Для крепких и твердых пород	1,2÷1,8
Для абразивных пород	0,5÷0,7

Частота вращения (об/мин) рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{60 \cdot V_{\text{окр}}}{\pi D_d}, \quad (15)$$

где D_d - диаметр долота, м.

1.Осевая нагрузка

Осевая нагрузка на долото рассчитывается исходя из $C_{\text{уд}}$ - удельной нагрузки на 1 см диаметра долота (Н/см), табл. 14.

Удельная нагрузка на долото, как видно из табл. 14 зависит от категории по буримости.

Таблица 14.-Удельная нагрузка на долото, н/см

Тип породоразрушающего инструмента	Категория пород по буримости				
	I-III	III-IV	V-VI	VII-VIII	IX-XII
Лопастные долота	500-600	600-1000			
пикобуры	400-500	500-800	800-1000		
Режуще-истирающие долота			1000-1500		
Шарошечные долота:					
М	500-1000				
С		1000-2000	2000-3000		
Т				3000-6000	
К					6000-7000

* в Н на 1 см² торца долота

Осевая нагрузка (Н) на долото определяется по формуле:

$$C_{\text{ос}} = C_{\text{уд}} \cdot D_d, \quad (16)$$

где D_d - диаметр долота, см.

Так как осевая нагрузка на долото при бурении скважин на воду роторным способом создается весом УБТ, то необходимо определить диаметр, длину и количество секций УБТ.

Длина УБТ(м) определяется по формуле:

$$L_{\text{убт}} = \frac{C_{\text{ос}} \cdot k}{q_{\text{убт}} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{м}}}\right)}, \quad (17)$$

где: k – коэффициент, учитывающий превышение веса УБТ над нагрузкой на долото (k=1,25);

$q_{\text{убт}}$ - вес 1м труб УБТ, Н/м;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность промывочной жидкости, кг/м³;

ρ_m - плотность материала труб, кг/м³;

Общий вес бурового снаряда (нагрузка на крюк) с учетом коэффициента прихвата $k_p = 1,3$.

$$G_{кр} = k_p \cdot \left[(L_{убт} \cdot q_{убт} + L_{бт} \cdot q_{бт}) \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_m} \right) \right], \quad (18)$$

где $G_{кр}$ - нагрузка на крюк, Н;

$L_{бт}$ – длина бурильных труб, м;

$q_{бт}$ – вес 1м бурильных труб, Н/м;

Грузоподъемность буровой установки должна быть больше нагрузки на крюк, создаваемой весом самой тяжелой колонны.

Пример.

Для бурения по доломитам V категории по буримости используется трехшарошечное долото 190,5 С-ГВ.

Определить осевую нагрузку на долото, учитывая, что $C_{уд}=2500$ Н/см, по табл.18.

$$C_{ос} = C_{уд} \cdot D_d = 2500 \cdot 19.05 = 47625 \text{ Н}$$

Диаметр УБТ равен:

$$D_{убт} = D_d \cdot 0.8 = 190.5 \cdot 0.8 = 152.4 \text{ мм}$$

Принимаем УБТ диаметром 146 мм с массой 1 м равной 98 кг по табл.15

При применении промывочного раствора плотностью 1100 кг/м³ получаем длину УБТ

$$L_{убт} = C_{ос} \cdot k / [q_{убт}(1 - \rho_{ж}/\rho_m)] = 47625 \cdot 1.25 / [98(1 - 1100/7850)] = 72 \text{ м}$$

Принимая по табл.15 длину 1-ой трубы 6 м, получим, что для бурения по доломитам V категории долотом 190,5С-ГВ необходимо иметь 12 утяжеленных бурильных труб.

3. Расход промывочной жидкости.

Расход промывочной жидкости определяется по формуле

$$Q = \eta \frac{\pi}{4} \cdot (D_d^2 - D_{бт}^2) \cdot V_v, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (19)$$

где: D_d - диаметр долота, м;

$D_{бт}$ - диаметр бурильных труб, м;

V_v - скорость восходящего потока промывочной жидкости, м/с;

η - коэффициент, учитывающий неравномерность скорости потока по стволу скважины из-за наличия каверн и других расширений, $\eta = 1,1 - 1,3$.

Расход промывочной жидкости зависит от скорости восходящего потока V_v . В соответствии с рекомендациями, представленными в работе [25, с. 30; 237], в большинстве случаев можно принять $V_v = 0,4 - 0,6$ м/с (чем выше вязкость и структурные свойства, тем выше транспортирующая способность жидкости и меньше её допустимая скорость). При промывке скважины высоковязкими растворами (например, при разбуривании неустойчивых пород для установки направления и кондуктора) допускается уменьшение V_v до 0,2 – 0,3 м/с (табл.

15) и менее. Для повышения вязкости могут использоваться глины или полимерные добавки (гипан, гидролизированный полиакриламид и их аналоги).

Таблица 15.-Скорость восходящего потока промывочной жидкости в зависимости от степени ее вязкости

Промывочная жидкость	Скорость восходящего потока, м/с
Вязкая	0,4 – 0,6
Высоковязкая	0,2 – 0,3 и менее

Для удобства выбора насоса расход Q следует перевести в л/с или л/мин ($1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л}$, $1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$)

В том случае, если производительность насоса буровой установки окажется меньше расчетной, то применяют более мощный насос или включают параллельно два насоса.

11. ВСКРЫТИЕ И ОСВОЕНИЕ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА

Под вскрытием водоносных пластов следует понимать технологический процесс, при котором в продуктивном водоносном пласте образуется выработка для оборудования водоприемной части скважины.

При вращательном бурении с прямой промывкой даже в рыхлых породах стенки скважины поддерживаются в устойчивом состоянии за счет давления столба промывочной жидкости. Поэтому, обычно, после установки направляющей на глубину 2-10 метров, до кровли водоносного пласта в процессе бурения скважина может иметь открытый ствол, незакрепленный обсадными трубами.

Перед вскрытием водоносного горизонта стенки скважины закрепляют колонной обсадных труб, а затрубное пространство цементируют.

Главным фактором, определяющим качество вскрытия водоносного пласта, является вид промывочного раствора, который зависит от пород водоносного пласта.

Использование глинистого раствора приводит к интенсивной кольятации пор и коллекторов водоносного пласта, что требует при освоении пласта проведения дорогостоящих работ по восстановлению естественных параметров водоносного горизонта.

При вскрытии водоносного горизонта, представленного мелко- и среднезернистыми песками с коэффициентом фильтрации на более 20 м/сут. и при глубине уровня воды от устья до 3 м применяют техническую воду.

Крупнозернистые и гравелистые горные породы целесообразно вскрывать водогипановым раствором с концентрацией 3-5%, плотностью 1,02-1,06 г/см³.

Разнозернистые пески вскрываются с промывкой стабильным глинистым раствором, получаемым из высококачественных бентонитовых глин (4-6%), с добавкой реагента-стабилизатора, например КМЦ (1-2%).

Параметры таких растворов: плотность – 1,15 г/см³, условная вязкость – 35-50с, водоотдача – 6-7 см³. ([9], с.44; [20]с.112)

При вскрытии мелких и разнотернистых песков с включением гравия рекомендуются меловые растворы, состоящие из: 30% мела, 10% - УЩР, 0,8% - КМЦ, имеющие плотность от 1,06 до 1,2 г/см³. Достоинством этого состава является простота удаления кольматанта при соляно-кислотной обработке.

Для вскрытия слабонапорных среднетернистых песков применяют самораспадающиеся растворы, например, крахмальные, содержащие, модифицированный крахмал в количестве 4-5%, $\rho = 1,01-1,02$ г/см³.

При бурении в поглощающих разрезах эффективно применение аэрированных растворов, $\rho = 0,7$ г/см³.

Применение аэрированных растворов показало их высокую эффективность, облегчает процесс освоения.

Дебиты скважины, которые сооружены при промывке аэрированными растворами, существенно выше, чем при использовании иных растворов. [1], с. 317.

Под освоением водоносного пласта следует понимать технологические операции, обеспечивающие оборудование водоприемной части скважины и восстановление естественной водоотдачи пласта или искусственное увеличение ее объема для достижения максимального дебита скважины. [1], с.478.

После оборудования приемной части скважины фильтровой колонной (а в некоторых случаях водоносный пласт оставляют, в скальных породах, без фильтра) приступают к освоению скважины. Операции освоения скважины сводятся к восстановлению естественных свойств пласта, то есть к различным способам и приемам очистки коллекторов водоносных пластов от твердых частиц, связанных с процессом бурения.

Очистка коллекторов, пор пласта должна начинаться немедленно после установки фильтра.

Обязательная промывка скважины осуществляется через фильтр водой. Продолжительность промывки зависит от глубины и диаметра скважины и составляет от 2 до 24 часов. Затем необходимо обязательное откачивание при помощи эрлифта или погружного центробежного насоса. Продолжительность и тип откачки зависит от состава водоносного пласта, динамического уровня. Возможно также чередование циклов откачки и промывки.

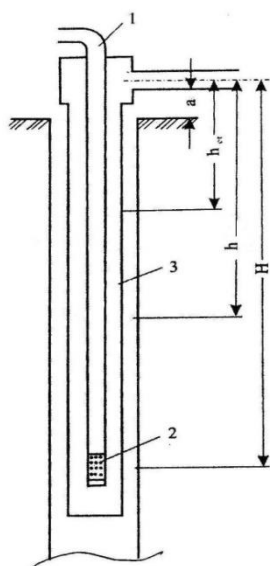
При освоении пласта, в случае вскрытия на меловых растворах, после промывки и откачки может быть применена кислотная обработка пласта.

Чаще всего, при освоении скважины основной операцией является откачка из скважины, для проведения которой применяются эрлифты или струйные насосы, позволяющие перекачивать воду с большим содержанием твердой фазы. В последнее время, на практике, чаще всего используют центробежные погружные насосы, которые имеют два преимущества – автономность, высокие показатели, надежность. Особенно, следует выделить по

вышеперечисленным показателям насосы марки GRUNDFOS. При освоении скважины погружным центробежным насосом рабочие колеса подвергаются интенсивному износу и требует частой замены. Поэтому погружной насос, применяемый для освоения, при эксплуатации не применяется.

Расчет эрлифта

После сооружения скважины обычно производится строительная откачка воздушным водоподъемником (эрлифтом) для удаления бурового шлама, глины, мелких фракций песка из прифильтровой зоны. Работа эрлифта основана на использовании сжатого воздуха, вырабатываемого компрессором. В скважину помещается водоподъемная труба, на нижнем конце которой устанавливается смеситель - перфорированная труба, плотно опоясанная кожухом. К смесителю присоединяется воздухопровод от компрессора. Сжатый воздух по воздухопроводу подводится к смесителю, помещенному под динамический уровень на глубину, и, проходя через отверстия в нижнюю часть водоподъемной трубы, перемешивается с водой, образуя водоподъемную смесь. Плотность смеси меньше плотности воды,



поэтому столб воды высотой вне водоподъемной трубы уравнивается столбом воздушно-водяной смеси, имеющим большую высоту. При непрерывной подаче воздуха воздушно-водяная смесь выходит на поверхность земли.

Расчет эрлифта [8, 21] заключается в определении глубины погружения смесителя, расхода и давления воздуха, а также размеров воздухопроводящих и водоподъемных труб. Исходные данные для расчета (рис.10): глубина скважины z в м; высота уровня излива воды над поверхностью земли a в м; глубина статического уровня от уровня излива $h_{ст}$ в м; глубина динамического уровня воды от уровня излива h в м; расчетный дебит скважины Q в м³/ч.

Рисунок 10. Схема оборудования скважин эрлифтом

1 – воздухопроводные трубы; 2 – смеситель; 3 – водоподъемные трубы.

Глубина погружения смесителя H (расстояние от центра смесителя до уровня излива смеси на поверхности) зависит от положения динамического уровня:

$$H = k \cdot h, \quad (21)$$

где k – коэффициент погружения смесителя эрлифта под динамический уровень, ориентировочно принимается по данным, приведенным ниже:

$h_{дин}$, м	15	15-30	30-60	60-90	90-120
K	3-2,5	2,5-2,2	2,2-2	2-1,8	1,8-1,6

Следует учитывать, что при $k < 1,6$ гидравлический КПД эрлифта очень низок, а при $k > 3$ работа эрлифтовой установки (эрлифт + компрессор) требует очень значительных затрат энергии приводящего двигателя.

Гидравлический КПД эрлифта:

$$\eta = (k - 1)^{0,85} / (1,05 \cdot k). \quad (22)$$

Удельный расход воздуха V_0 , необходимый для подъема из скважины 1 м³ воды (в м³ воздуха на 1 м³ воды):

$$V_0 = (10 \cdot \eta \cdot \ln((H - h + 10) / 10) / h)^{-1}. \quad (23)$$

Полный расход воздуха (м³/мин):

$$W = Q \cdot V_0 / 60, \quad (24)$$

где Q – проектный дебит скважины, м³/ч

Давление воздуха при пуске компрессора (МПа):

$$P_{\pi} = 10^{-6} \cdot \rho_v \cdot g \cdot (H - h_{\text{ст}} + 2), \quad (25)$$

где $\rho_v = 1000$ кг/м³ - плотность воды.

Расход воздушно-водяной эмульсии при изливе (м³/с):

$$q = \frac{Q}{3600} + \frac{W}{60}, \quad (26)$$

Площадь внутреннего сечения водоподъемной трубы (в м²) при изливе:

$$F = q / v_2, \quad (27)$$

где v_2 - скорость движения эмульсии при изливе (м/с):

Глубина динамического уровня воды от уровня излива, мм 20 40 60

Скорость движения эмульсии у форсунки v_1 , м/с 1,82,7 3,6

Скорость движения эмульсии при изливе v_2 , м/с 6 7-8-9-10

Внутренний диаметр водоподъемной трубы (м):

$$d = (4 \cdot F / \pi + D_1^2)^{0,5}, \quad (28)$$

где D_1 - наружный диаметр воздухопроводных труб в скважине, м (33; 42; 63,5; мм).

Рекомендуемые наружные диаметры воздухопроводных труб D_1 в зависимости от полного расхода воздуха W

W, м ³ /мин	0,16-0,5	0,5-1,0	1,0-1,7	1,7-3,3
D_1 , мм	15-20	20-25	25-32	32-40
W, м ³ /мин	3,3-6,7	6,7-11,7	11,7-16,7	16,7-26,7
D_1 , мм	40-50	50-70	70-80	80-100

Компрессор выбирается по значению подачи W_k и давлению P_k .

Подача компрессора (м³/мин):

$$W_k = 1,2W, \quad (29)$$

где 1,2 – коэффициент запаса подачи.

Давление, развиваемое компрессором (МПа):

$$P_k = 1,2 \cdot P_{\pi}, \quad (30)$$

где (1,1-1,3) – коэффициент запаса давления.

Пример.

Из скважины глубиной 50 м должна быть проведена откачка эрлифтом при следующих условиях:

$h = 15$ м;

$k = 2,5$;

$$Q = 25 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$h_{\text{ст}} = 3 \text{ м};$$

$$v_2 = 6 \text{ м/с}.$$

1. Глубина погружения смесителя.

$$H = k \cdot h,$$

$$H = 2,5 \cdot 15 = 37,5 \text{ м}.$$

2. Гидравлический КПД эрлифта.

$$\eta = (k - 1)^{0,85} / (1,05 \cdot k),$$

$$\eta = (2,5 - 1)^{0,85} / (1,05 \cdot 2,5) = 0,54.$$

3. Удельный расход воздуха.

$$V_0 = (10 \cdot \eta \cdot \ln((H - h + 10) / 10) / h)^{-1}.$$

$$V_0 = (10 \cdot 0,54 \cdot \ln((37,5 - 15 + 10) / 10) / 15)^{-1} = 2,36.$$

4. Полный расход воздуха.

$$W = QV_0/60,$$

$$W = 25 \cdot 2,36 / 60 = 0,98 \text{ м}^3 / \text{мин}.$$

5. Наружный диаметр воздухопроводных труб.

В соответствии с $W = 0,98 \text{ м}^3 / \text{мин}$, принимаем $D_1 = 25 \text{ мм}$.

6. Давление воздуха при пуске компрессора.

$$P_{\text{п}} = 10^{-6} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot (H - h_{\text{ст}} + 2),$$

$$P_{\text{п}} = 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot (37,5 - 3 + 2) = 0,35 \text{ МПа}.$$

7. Расход эмульсии

$$q = \frac{Q}{3600} + \frac{W}{60},$$

$$q = 25 / 3600 + 0,98 / 60 = 0,023 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

8. Площадь внутреннего сечения водоподъемной трубы.

$$F = q/v_2,$$

$$F = 0,023 / 6 = 3,83 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

9. Внутренний диаметр водоподъемной трубы при изливе.

$$d = (4 \cdot F / \pi + D_1^2)^{0,5},$$

$$d = (4 \cdot 3,83 \cdot 10^{-3} / \pi + (25 \cdot 10^{-3})^2)^{0,5} = 0,074 \text{ м}.$$

10. Подача компрессора.

$$W_{\text{к}} = 1,2W,$$

$$W_{\text{к}} = 1,2 \cdot 0,98 = 1,18 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

11. Давление, развиваемое компрессором.

$$P_{\text{к}} = 1,2 \cdot P_{\text{п}},$$

$$P_{\text{к}} = 1,2 \cdot 0,35 = 0,42 \text{ МПа}.$$

12. РАСЧЕТ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН

При креплении водозаборных скважин металлическими, пластиковыми трубами затрубное пространство обязательно цементируется.

Цементирование затрубного пространства производится с целью изоляции водоносных горизонтов друг от друга, борьбы с поглощением промывочного

раствора и обрушения стенок скважины, а также предохранения обсадных труб от коррозионного влияния подземных вод.

От высокого качества цементирования обсадных колонн зависит срок службы и дебит скважины.

Для направления и кондуктора подъем цементного раствора в затрубном пространстве производят от башмака до устья.

В практике бурения при сооружении скважины глубиной более 200 м наиболее распространен способ одноступенчатого цементирования с двумя пробками [19, с.542].

Контроль качества цементирования осуществляется двумя способами.

Первый способ применяют в том случае, когда тампонажная колонна наполнена жидкостью. Через цементировочную головку в колонну труб нагнетают воду и поднимают давление до 4÷6 МПа. Если в течение 30 мин давление упадет не более чем на 0,5 МПа, то герметичность считается удовлетворительной.

Второй способ заключается в следующем. Промывочную жидкость откачивают из труб, понижая уровень не менее чем на 2/3, и, закрыв скважину, оставляют ее в покое на сутки. Если в течение 24 часов уровень жидкости поднимется не более чем на 1м, герметичность считается удовлетворительной.

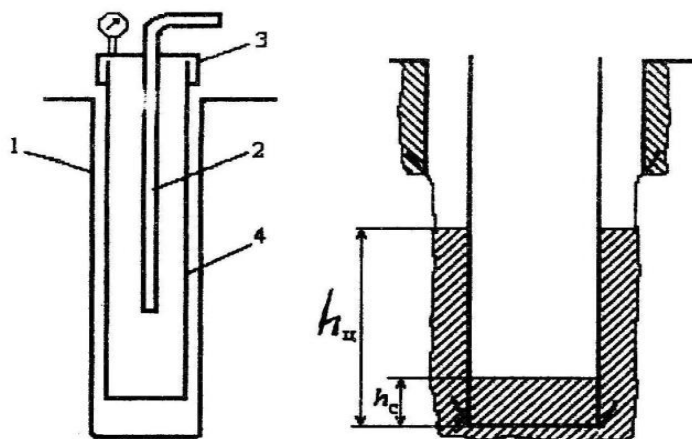


Рисунок 11. Схема к расчету цементирования

Пример:

Требуется провести расчет цементирования эксплуатационной колонны диаметром $D=245\text{ мм}$, спущенной в скважину, глубиной $L=270\text{ м}$. Диаметр ствола скважины по всей длине равен $D_c=295\text{ мм}$. Высота подъема цемента за трубами $h_{ц}=180\text{ м}$. Высота цементного стакана в трубах $h_c=10\text{ м}$ (рис.26). плотность цемента $\rho_{ц}=3100\text{ кг/м}^3$; водоцементное отношение $m=0,5$; плотность воды $\rho_{в}=1000\text{ кг/м}^3$; плотность продажной жидкости $\rho_{пр}=1200\text{ кг/м}^3$.

1. Определим объем цементного раствора, который необходимо закачать в скважину из уравнения:

$$V_{ц,р} = V_1 + V_2 = \frac{\pi}{4} [(k_1 \cdot D_c^2 - D^2) h_{ц} + d^2 h_c], \text{ м}, \quad (31)$$

где V_1 - объем цементного раствора за трубами высотой $h_{цв}$ м³;
 V_2 - объем цементного раствора в трубах высотой $h_{св}$ м³;
 k_1 - 1,2÷1,4 – коэффициент, учитывающий заполнение каверн, трещин;
 D_c - диаметр скважины в м;
 D - наружный диаметр обсадных труб в м;
 d - внутренний диаметр обсадных труб в м;
 $V_{ц,р} = \frac{\pi}{4} [(1,3 \cdot 0,295^2 - 0,245^2)180 + 0,2285^2 \cdot 10] = 7,91 \text{ м}^3$

2. Потребное количество сухого цемента $q_{ц}$.

Для приготовления 1 м³ цементного раствора с водоцементным отношением m определим из уравнения:

$$q_{ц} = \frac{\rho_{ц} \cdot \rho_{в}}{(\rho_{в} + m \rho_{ц})}, \text{ кг/м}^3, \quad (32)$$

$$q_{ц} = \frac{3100 \cdot 1000}{(1000 + 0,5 \cdot 3100)} = 1216 \text{ кг/м}^3$$

3. Определим количество сухого цемента для приготовления цементного раствора объемом, равным $V_{ц,р}$ из формулы:

$$Q_{ц} = k_{ц} q_{ц} V_{ц,р}, \text{ кг}, \quad (33)$$

где $k_{ц}=1,05 \div 1,15$ – коэффициент, учитывающий потери цемента;

$$Q_{ц} = 1,1 \cdot 1216 \cdot 7,91 = 10580 \text{ кг}$$

4. Необходимый объем воды $V_{в}$ для приготовления цементного раствора составит:

$$V_{в} = m Q_{ц}, \text{ (кг)} \quad (34)$$

$$V_{в} = 0,5 \cdot 10580 = 5290 \text{ л или } 5,29 \text{ м}^3$$

5. Определим объем продавочной жидкости.

$$V_{пр} = \frac{\pi}{4} k_2 d (L - h_c) \text{ м},$$

где: $k_2=1,04$ – коэффициент, учитывающий сжимаемость продавочной жидкости;

L - длина обсадной колонны в м.

$$V_{пр} = 0,785 \cdot 1,04 \cdot 0,2285^2 (270 - 10) = 11,03 \text{ м}^3$$

6. Определим максимальное давление в конце цементировании.

$$P = P_r + g(h_{ц} - h_c)(\rho_{ц,р} - \rho_{пр})10^{-6}, \text{ МПа},$$

где P_r - потери давления на гидравлические сопротивления;

$\rho_{пр}$ - плотность продавочной жидкости в кг/м³,

L – длина обсадной колонны в м;

$$P_r = 1 \cdot 10^{-3} L + 0,8, \text{ МПа},$$

$$P_r = 1 \cdot 10^{-3} 270 + 0,8 = 1,07 \text{ МПа},$$

$$\rho_{ц.р} = \frac{\rho_{ц} \cdot \rho_{в} (1+m)}{\rho_{в} + m \rho_{ц}} = \frac{3100 \cdot 1000 (1+0,5)}{1000 + 0,5 \cdot 3100} = 1823 \text{ кг/м}^3$$

$$P = 1,07 + 9,81(180 - 10)(1823 - 1200)10^{-6} = 2,11 \text{ МПа}$$

7. Выбираем по максимальному давлению цементируемый агрегат ЦА-300, который при давлении 7 МПа развивает подачу (прокачивает цемент) 10,3 л/с = 10,3·3600/1000 м³/ч = 37,08 м³/ч.

8. Определим продолжительность цементирования из:

$$t_{ц} = 60 \left(\frac{V_{цр} + V_{пр}}{Q_{ца}} \right), \text{ мин,}$$

где $Q_{ца}$ – производительность цементирующего агрегата, м³/ч

$$t_{ц} = 60 \left(\frac{7,91 + 11,03}{37,08} \right) = 30 \text{ мин} + (15 \text{ мин}) * = 45 \text{ мин}$$

(15 мин.)* – время, необходимое на установку верхней пробки.

9. Время начала загустевания цементного раствора должно быть больше продолжительности цементирования

$$t_{з} = t_{ц} + \Delta t, \text{ мин.},$$

где $\Delta t = 10 \div 20$ мин. – резерв времени.

Тогда минимально необходимый срок начала загустевания цементного раствора составит:

$$t_{з} = 45 + 15 = 60 \text{ мин}$$

Применяемый при бурении цемент имеет начало схватывания, т.е. начинает терять подвижность, не ранее 2ч после затворения раствора. За период от затворения и до начала схватывания цементного раствора необходимо произвести его закачивание в скважину.

13.ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

В разделе "организация работ" для производственных организаций приводится перечень документов, необходимых для получения лицензии на право пользования недрами с целью добычи подземных вод.

1. Заявление о выдаче лицензии по установленной форме.
2. Сведения о предприятии.
3. Документы на право владения (пользования) земельным участком.
4. Характеристика водозабора (из заключения ФУГП "Геоцентр - Москва")
5. Результаты химических анализов воды по скважинам.
6. Отчет о выполнении "Условий пользования недрами", установленными в предыдущей лицензии.
7. Отчетность по форме 2-ТП "Водхоз" за последние 5 лет.
8. Справка из налоговой о наличии задолженности.
9. Санитарно - эпидемиологическое заключение Роспотребнадзора.

Следует дать последовательность выполнения отдельных видов работ, их срок выполнения, а также требования к безопасному ведению труда, охране труда, к мероприятиям по охране окружающей среды во время сооружения и

эксплуатации скважины. В курсовом проекте в этом разделе необходимо привести план – график работ и геолого-технический наряд (табл. 16 и 17).

Таблица 16.-План-график сооружения водозаборной скважины глубиной 400
м

[illegible]

Таблица 17

Организация	
-------------	--

Буровая установка

Проектная глубина скважины, м	10,0
-------------------------------	------

Буровой насос

Скважина начата _____

Бурильные трубы_____

Скважина окончена

УБТ

Скважина сдана в эксплуатацию с дебитом, м³/ч

Геолого-технический наряд

на сооружение водозаборной скважины

Геологическая часть					Техническая часть				
№	Геологическ	Порода (краткая	Мощность слоя, м	Категория пород по буримости	Статический уровень от	Понижение при откачке, Конструкции	Тип, диаметр породоразру шающего	Режимы бурения	Очистной агент

			от	до	всего							Осевая нагрузка, кН	Частота вращения, об/мин	Расход очистного агента, л/мин	Вид очистного агента	Обработка реагентами	тампонирование	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Д.Н.Башкатов, С.С. Сулакшин и др. Справочник по бурению скважин на воду. Под ред. проф. Д.Н.Башкатова. Москва, "Недра" 1979г.
2. Д.Н.Башкатов, С.Л. Драхлис и др. Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду. Справочник. Москва, "Недра" 1988г.
3. А.Д.Башкатов. Прогрессивные технологии сооружения скважин. Москва, Недра, 2003г.
4. Д.Н.Башкатов, С.В. Пенкевич, Н.В.Соловьев. Методическое руководство по составлению курсового проекта по бурению скважин на воду. Москва, МГРИ, 1983г.
5. Д.Н.Башкатов, А.В.Панков, А.М.Коломиец. Прогрессивная технология бурения гидрогеологических скважин. Москва, "Недра" 1992г.
6. Новые технологии и технические средства для сооружения, освоения и ликвидации гидрогеологических скважин (методические рекомендации и инструкции). Министерство природных ресурсов РФ. Под редакцией Д.Н.Башкатова. ООО "Геоинформцентр". Москва, 2002 г.
7. Р.А. Ганджумян. Практические расчеты в разведочном бурении. Москва, Недра, 1978г.

8. Р.А. Ганджумян, А.Г.Калинин, Н.И.Сердюк. Расчеты в бурении. Справочное пособие. Москва, РГГРУ, 2007г.
9. Н.И.Сердюк, А.Е.Кравченко, В.В.Куликов и др. Технология проектирования разведочно-эксплуатационных скважин на воду. Учебное пособие по курсовому проектированию. МГГРУ, Москва, 2003г.
10. Н.В.Соловьев, Н.В.Демин, Р.А. Ганджумян, И.Д.Бронников. Охрана окружающей среды при бурении скважин. Учебное пособие. МГГРУ, 2005г.
11. А.В. Малоян, Э.А. Малоян. Практические расчеты по бурению скважин на воду. Москва, "Недра" 1968г.
12. А.Г.Калинин, А.И. Радин, Н.В.Соловьев, И.Д.Бронников, А.А.Тунгусов. Бурение разведочных скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые. Учебное пособие (Первая часть). Москва, РГГРУ, 2007г.
13. Н.Г.Середа, В.А.Сахаров, А.Н.Тимашев. Спутник нефтяника и газовика. Справочник. Москва, Недра, 1986г.
14. К.В. Иогансен. Спутник буровика. Справочник. Москва, "Недра" 1990г.
15. СН и П 2.04 02-84. Водоснабжение и наружные сети и сооружения. Строительные нормы и правила.
16. Свод правил. СП 11-108-98 Изыскания источников водоснабжения на базе подземных вод.
17. С.В. Пенкевич. Методические указания по проектированию и сооружению скважин на воду. 46с. МГРИ. Москва, 1989г.
18. С.В. Пенкевич. Методические указания по расчету струйных насосов при откачке воды из гидрогеологических скважин. 19с. МГРИ. Москва, 2003г.
19. Н.В.Соловьев, В.В.Кривошеев, Д.Н.Башкатов и др. Бурение разведочных скважин. Москва. Высшая школа 2007.904с. Учебник для вузов.
20. Г.С.Бродов. Бурение и оборудование скважин на воду. Практическое руководство, проектирование и расчет. СПб., 2006. 154с.
21. С.В. Пенкевич. Методические указания к расчету эрлифта при откачке из гидрогеологических скважин. М. МГГРУ, 2003
22. Рекомендации по строительству и эксплуатации водозаборов подземных вод. Министерство мелиорации и водного хозяйства ССР. 356с. Москва 1978г.
23. Е.А.Толстов, Д.Н.Башкатов, А.Д.Башкатов, Р.А. Ганджумян, М.Е.Першин, С.А. Филлипов, Э.Д.Р. Риос. Техника и технология сооружения геотехнологических скважин в Навоийском ГМК. НИА ПРИРОДА 2004.
24. А.Я.Третьяк, В.Ф. Чихоткин, П.А. Павлунишин. Техника и технология сооружения гидрогеологических скважин. Ростов-на-Дону 2006 г. Учебник для ВУЗов, 410с.
25. А.И. Булатов, Ю.М. Проселков, В.И. Рябченко. Технология промывки скважин. М.: Недра, 1981 г.
26. И.Д. Бронников, В.В. Куликов. Проектирование скважин на воду. М.: РГГРУ, 2013 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Старооскольский филиал
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Российский государственный геологоразведочный университет имени
Серго Орджоникидзе»
(СОФ МГРИ)**

Кафедра «Прикладной геологии, технологии поисков и разведки МПИ»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Бурение гидрогеологических и водозаборных скважин»
На тему: **Бурение бесфильтровой скважины на крупно-зернистый песок,
проектной глубиной 170 м**

Студента ... курса
Заочной/очной формы обучения
Специальности:
«Технология геологической
разведки» 21.05.03
Группа: ТР-...

Ф.И.О. студента _____

Преподаватель (руководитель):
Мелентьев Сергей Григорьевич

Дата регистрации курсового проекта:
--

Оценка:

Подпись преподавателя:

Старый Оскол, 202... г.

Задание на курсовое проектирование

по дисциплине «Бурение гидрогеологических и водозаборных скважин»

студенту гр. ТР-.... Ф.И.О.

Тема: «Бурение бесфильтровой скважины на крупнозернистый песок, проектной глубиной 170 м»

Водоносный горизонт сложен крупнозернистым песком. Имеет мощность 30 метров. Категория по буримости – II-ая. Глубина залегания кровли водоносного пласта 168 метров. Проектный дебит – 50 м³/ч. Статический и динамический уровни соответственно равны 30 и 60 метров. Литологический разрез представлен в таблице №1.

Таблица 1-Литологический разрез

Глубина подошвы слоя	Краткое описание	Мощность слоя	Категория по буримости	Зоны возм. осложнений
15	Суглинок	15	II	
43	Песчаная глина	28	IV	
78	Песок с галькой	35	III	поглощение
98	Крупнозернистый песок с прослоями глин	20	II	
168	Плотные глины	70	III	
170	Крупнозернистый водоносный песок	30	II	

Требуется подобрать конструкцию фильтра, водоподъемное оборудование и на основании его размеров рассчитать конструкцию скважины. Выбрать и рассчитать технологию бурения, вскрытие и опробование водоносного горизонта. Рассчитать цементирование эксплуатационной колонны. Составить ГТН и описать организацию работ.

Задание выдал: ст. преподаватель

Мелентьев С.Г

Учебное издание

Сергей Григорьевич Мелентьев

Методические рекомендации

Компьютерная верстка Мелентьев С.Г.

Подписано в печать __.__.2022

Формат 60×90 1/16

изд.л.2,0

Рег. №

Бумага офсетная

Печать офсетная

Тираж 100 экз.

Уч.-

Заказ

Отпечатано с авторского оригинала в редакционно-издательском отделе

СОФ МГРИ

Старый Оскол, ул. Ленина 14/13