

Методические указания по проектированию и сооружению скважин на воду/ Сост. С.В.Пенкевич, А.А.Тунгусов. М.: Изд. А и Б, 1998. 48 с.

Рассмотрена методика выбора способа бурения, проектных конструкций скважин, бурового оборудования, инструмента, технология бурения, вскрытия и освоения водоносных пластов.

Приведены примеры решения типовых задач по расчету фильтра и полости бесфильтровых скважин. Описаны некоторые вопросы отбора проб и опробования водоносных горизонтов.

Предназначены для студентов специальностей: *«Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых»*, *«Гидрогеология и инженерная геология»*.

ВВЕДЕНИЕ

Бурение скважин является основным средством получения необходимой геологической информации при разведке месторождений подземных вод и при инженерно-геологических изысканиях.

Буровые скважины — наиболее экономичное и эффективное средство эксплуатации подземных вод.

В процессе изучения курса «Бурение скважин» студенты знакомятся с техникой и технологией бурения разведочных и эксплуатационных скважин на воду и скважин для инженерно-геологических изысканий.

При написании курсового проекта студенты приобретают практические навыки самостоятельного решения задач по выбору способа бурения, бурового оборудования и инструмента, составления конструкции скважины, выбора способа вскрытия, освоения и испытания водоносных горизонтов, а так же выбора средств для получения высококачественного керна.

Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию, в котором приводится конкретный разрез по скважине, характеристика водоносных горизонтов и требования к проектной скважине (дебит или способ опробования).

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Проект по бурению скважин составляется по следующему плану.

1. Геологический разрез по скважине (или усредненный разрез по скважинам), характеристика водоносных пластов и постановка задачи.
2. Выбор и расчет фильтра или полости бесфильтровой скважины.
3. Выбор способа бурения.
4. Обоснование конструкции скважины.
5. Оборудование и инструмент.
6. Технология бурения.
7. Мероприятия по увеличению выхода керна и улучшению качества получаемых образцов.
8. Вскрытие водоносного пласта.
9. Освоение пласта.
10. Тампонаж скважин.
11. Организация буровых работ.

Если при бурении гидрогеологических скважин (эксплуатационных или наблюдательных) не требуется получение керна, пункт 7 в план не включается.

Если при бурении инженерно-геологических скважин не планируются гидрогеологические исследования, в план не включаются 8 и 9 пункты.

При бурении разведочных скважин вместо пунктов 8 и 9 следует в план включать раздел «Опробование водоносных пластов в процессе бурения».

Для студентов специальности «Техника разведки» помимо указанных пунктов необходимо включить разделы:

12. Мероприятия по предупреждению и ликвидации аварий.
13. Мероприятия по технике безопасности.

1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОНОСНЫХ ПЛАСТОВ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В разделе приводится наименование горных пород, составляющих разрез, их свойства, мощность и глубина залегания. Приводятся данные по водоносным пластам с указанием статических уровней и проницаемости (коэффициенты фильтрации).

Постановка задачи должна быть конкретной, с указанием цели, способов ее достижения и сроков службы буровых скважин.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СКВАЖИНЫ

Пример 1. На стадии детальной разведки необходимо пробурить две центральные и 6 наблюдательных скважин (на те же водоносные пласты или разные). Проектный дебит центральных скважин — $60 \text{ м}^3/\text{ч}$. В наблюдательных скважинах откачка не проектируется. (Для них необходимо запланировать только прокачку, которая проводится на стадии освоения скважин).

Центральные скважины будут передаваться в эксплуатацию с таким же дебитом (или ликвидироваться). Наблюдательные скважины после окончания полевых работ будут передаваться в режимную сеть (или ликвидироваться). Геологический разрез изучен, и отбор керн при бурении производиться не будет (или будет).

Пример 2. Необходимо пробурить ... (указать сколько) разведочных скважин для уточнения геологического разреза и опробования водоносных пластов методом опережающего опробования (фильтры-опробователи) или комплектами типа КИИ; или все водоносные пласты по мере вскрытия опробуются откачкой (указать дебит откачки).

После завершения работ скважины ликвидируются.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СКВАЖИНЫ. НАЗНАЧЕНИЕ СКВАЖИН

Указать керн какого диаметра необходимо отбирать. Если планируются полевые испытания, следует дать размеры инструментов, опускаемых в скважину (штампов, прессиометров и др.).

2. ВЫБОР И РАСЧЕТ ФИЛЬТРА ИЛИ ПОЛОСТИ БЕСФИЛЬТРОВЫХ СКВАЖИН

При бурении скважин различного назначения с заданной производительностью необходимо выбрать и рассчитать фильтр, обеспечивающий эту производительность.

В соответствии с Указаниями по проектированию сооружений для забора подземных вод при выборе фильтра следует пользоваться следующими рекомендациями.

Фильтр должен иметь достаточную механическую прочность и предельно допустимые размеры проходных отверстий (с учетом необходимости предотвращения пескования скважины при эксплуатации). Увеличение скважности и размера проходных отверстий фильтра снижает интенсивность зарастания фильтров и удлиняет срок их эксплуатации, позволяет эксплуатировать пласт с меньшими понижениями уровня.

Типы и конструкции фильтров выбираются в зависимости от характера породы водоносного пласта и глубины скважины ([1], стр. 442, табл. X.I).*

При агрессивных водах с большим содержанием углекислоты, сероводорода и кислорода каркасы фильтров изготавливаются из нержавеющей стали. Если каркасы фильтров изготавливаются из простых сталей, следует производить их антикоррозионную защиту с учетом требований органов санитарно-эпидемиологической службы. Кроме того, широко используются каркасы из неметаллических труб.

В качестве трубчатых каркасов фильтров могут использоваться стальные обсадные трубы нефтяного сортамента ([1], стр. 349, табл. VIII.I), геологоразведочного сортамента ([1], стр. 355, табл. VIII.6), стальные насосно-компрессорные трубы ([1], стр. 357, табл. VIII.9), трубы из нержавеющей стали (ГОСТ 9940–62), а также винипластовые, полиэтиленовые, стеклопластиковые, асбестоцементные и другие трубы ([1], стр. 360, № 3).

* В таблице X.I в отношении рекомендаций типов фильтров для песков среднезернистых допущена опечатка. СНиП рекомендуют для среднезернистых песков трубчатые и стержневые фильтры с водоприемной поверхностью из сеток гладкого (галунного) плетения и трубчатые и стержневые фильтры с однослойной гравийной обсыпкой (гравийные фильтры).

Для эксплуатационных скважин на воду, рассчитанных на многолетнюю работу, фильтры должны удовлетворять условиям длительной эксплуатации и ремонта.

Размеры проходных отверстий фильтров без устройства гравийной обсыпки рекомендуется определять по табл. 3 ([1], стр. 450).

Размеры проходных отверстий фильтров при устройстве гравийной обсыпки должны приниматься равными среднему диаметру частиц слоя обсыпки, прилегающего к стенкам фильтра.

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

В фильтрах с водоприемной поверхностью из проволоочной обмотки и штампованного стального листа скважность каркасов принимается, исходя из условий их прочности, до 30–60% в зависимости от толщины проволоки и шага ее навивки, толщины стального листа и стержней, а также расстояний между стержнями.

В гравийных фильтрах в качестве обсыпки могут применяться песок, гравий, песчано-гравийные смеси.

Подбор материалов для гравийных обсыпок производится по соотношению

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} = 8 \div 12 ,$$

где

D_{50} — размер частиц, меньше размера которых в обсыпке содержится 50 %;

d_{50} — размер частиц, меньше размера которых в породе водоносного пласта содержится 50 %.

В гравийных фильтрах толщина слоев обсыпки принимается с учетом конструкции фильтра. Для фильтров, собираемых на поверхности земли и опускаемых в скважину в готовом виде, толщина каждого слоя обсыпки должна быть не менее 30 мм. Для фильтров, создаваемых на забое скважин засыпкой гравия по межтрубному пространству, толщина каждого слоя обсыпки должна быть не менее 50 мм.

Наиболее надежны в эксплуатации скважины 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 большие.

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 обеспечивать 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.

При сооружении эксплуатационных скважин на воду и каптаже пластов мощностью до 10 м, фильтр рекомендуется устанавливать на всю мощность пласта.

В водоносных горизонтах мощностью более 10 м длина рабочей части фильтров определяется с учетом водопроницаемости пород, производительности скважины и конструкции фильтра. Рабочую часть фильтра следует устанавливать против участков, обладающих наибольшей водопроницаемостью.

При бурении гидрогеологических (разведочных) скважин размеры фильтра подбираются исходя из соображений качественного опробования, т. е. исходя из получения заданного понижения, в свою очередь обусловленного той или иной производительностью откачки.

Рабочая часть фильтра должна устанавливаться на расстоянии не менее 0,5–1 м от кровли и подошвы водоносного пласта.

При наличии нескольких водоносных горизонтов рабочие части фильтров устанавливаются в каждом водоносном горизонте и соединяются между собой глухими трубами.

Верхняя глухая часть фильтра должна находиться выше башмака обсадной колонны не менее чем на 3 м. Между обсадной колонной и надфильтровой трубой должен быть установлен сальник или кольцевой тампон.

Длина отстойника принимается 1–2 м. При прочной устойчивой кровле в мелкозернистых и тонкозернистых песках целесообразно проектировать бесфильтровые скважины.

Ориентировочный расчет размеров фильтров производится по формуле:

$$D = \frac{\alpha Q}{L}, \quad (1)$$

где:

D — диаметр фильтра, мм;

α — коэффициент, характеризующий фильтрационные свойства водоносного пласта;

Q — проектный дебит, м³/ч;

L — длина фильтра, м.

Для слабопроницаемых пород (мелкие пески, слаботрещиноватые породы) $\alpha \approx 80$; для пород средней проницаемости (пески среднезернистые, трещиноватые песчаники и др.) $\alpha \approx 50$; для сильнопроницаемых пород (песчано-гравийные отложения, сильно трещиноватые известняки и др.) $\alpha \approx 30$.

Пример 3. Требуется определить размер фильтра, если производится каптаж воды из среднезернистых песков, мощность пласта 14 м, проектный дебит 36 м³/ч.

Длину фильтра принимаем равной мощности пласта, т. е. $L = 14$ м, так как это обеспечивает совершенство скважины по степени вскрытия. Теперь определим диаметр фильтра по формуле (1), имея в виду, что $\alpha = 60$:

$$D = \frac{\alpha Q}{L} = \frac{36 \cdot 60}{14} = 154 \text{ мм}$$

Если выбран сетчатый фильтр, то его конструкция состоит из каркаса (трубы стандартного размера) проволоочной обмотки и сетки, поэтому расчетный диаметр можем получить, приняв трубы каркаса 146 мм ([1], стр. 355, табл. VIII.6), проволоку для обмотки — 5 мм (толщиной сетки пренебрегаем).

$$D = 146 + 2 \cdot 5 = 156 \text{ мм}$$

Если выбран гравийный фильтр, формируемый на забое, то его конструкция и диаметр определяются из следующих соображений. Пусть средний размер частиц водоносного песка 0,2 мм. Тогда средний размер частиц гравия:

$$D_{\Gamma} = (8 \div 12) d_{\Pi} \approx 10 \cdot 0,2 = 2 \text{ мм}$$

Конструкция каркаса гравийного фильтра должна включать трубы и проволоочную обмотку.

Минимальное проходное отверстие труб каркаса 80–100 мм.

Выбираем трубы Ж 114 мм ([1], стр. 349, табл. VIII.1) и проволоку Ж 3 мм. Минимальная толщина гравийной обсыпки 50 мм.

$$D = 114 + 6 + 100 = 220 \text{ мм}$$

Полученный размер должен быть увязан со стандартным размером долот ([1], стр. 122, табл. IV.2 или стр. 130, табл. IV.6).

Выбираем ближайший больший размер долот 243 мм

$$D_{\Phi} = D_{\partial} = 243 \text{ мм}$$

Полученный размер и будет диаметром гравийного фильтра, учитывающим как его пропускную способность, так и другие приведенные соображения. Следует иметь в виду, что приведенные расчеты справедливы только для

потайной конструкции фильтра. Если планируется выведение верхней глухой части фильтра на поверхность, то диаметр каркаса фильтра необходимо увязывать с размером эксплуатационного насоса, установленного в этих трубах.

БЕСФИЛЬТРОВЫЕ СКВАЖИНЫ ([1], СТР. 472, № 4).

В процессе эксплуатации скважин фильтры интенсивно кольматируются, зарастают и оказывают большое сопротивление входу воды (до 75% от понижения), что приводит к существенному снижению дебита скважины. При наличии устойчивой кровли целесообразно сооружать бесфильтровые скважины. Полость бесфильтровой скважины обычно имеет вид воронки.

Бесфильтровые скважины (рис. 1) позволяют получать высокие и устойчивые во времени дебиты из пластов небольшой мощности и с низкой проницаемостью (пылеватые, глинистые и тонкозернистые пески). Бесфильтровые скважины не требуют установки фильтров и являются совершенными по способу вскрытия; такие скважины сооружаются буровыми установками роторного типа в разрезах, где имеется достаточно устойчивая кровля.

Расчет бесфильтровой скважины проводится для определения размеров полости, обеспечивающей необходимую пропускную способность и выяснения устойчивости кровли сформированной полости:

$$Q = F V_{\Phi}, \quad (2)$$

где:

Q — дебит скважины, м³/ч;

F — боковая поверхность полости, м²,

$$F = \pi R \sqrt{R^2 + h^2} = \pi R^2 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{\pi R^2}{\cos \alpha};$$

где:

R — радиус полости, м;

h — высота полости, м;

α — угол естественного откоса ($\alpha = 20-25^\circ$);

V_{Φ} — скорость фильтрации, м/ч;

По формуле Н. А. Карамбирова входная скорость равна:

$$V_{\Phi} = \eta_1 \eta_2 K(1-p)(\gamma_{\text{п}} - 1), \text{ м/сутки}, \quad (3)$$

где:

η_1 — коэффициент запаса ($\eta_1 = 0,7-0,8$);

η_2 — коэффициент уменьшения скорости фильтрации в песках в зави-

симости от угла естественного откоса, равный для мелкозернистого песка — 0,9; среднезернистого песка — 0,8; крупнозернистого песка — 0,74;

γ_{Π} — относительная плотность пород водоносного пласта ($\gamma_{\Pi} = 2-2,5$);

p — пористость для песков (0,3–0,4);

K — коэффициент фильтрации, м/сутки.

Учитывая (2) и (3), определим радиус полости:

$$R = \sqrt{\frac{24 Q \cos \alpha}{\pi V_{\Phi}}}, \text{ м.} \quad (4)$$

Устойчивость пород кровли определяется следующим образом:

$$h_1 = \frac{R}{f}, \text{ м;} \quad (5)$$

где:

h_1 — высота свода естественного равновесия пород кровли, м;

f — коэффициент крепости пород $\left(f = \frac{\sigma_{сж}}{100}\right)$

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

$$h_1 \gamma_K < (H - S) \gamma_B, \quad (6)$$

где:

H — превышение статического уровня воды над кровлей водоносного горизонта, м;

S — понижение уровня при откачке, м;

γ_K — относительная плотность пород кровли

$$(\gamma_K = 2, 5-3)$$

Учитывая (5) и (6) условие устойчивости можно представить в виде:

$$R < \frac{(H - S)f}{\gamma_K} \quad (7)$$

Дополнительным условием устойчивости пород кровли является условие:

$$h_1 \leq 0,75m, \quad (8)$$

где: m — мощность устойчивых пород кровли, м;

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

Значения коэффициента пористости (p) и коэффициента крепости (f) для различных пород следующие:

Породы	Коэффициент пористости	Коэффициент крепости
Глины верхней части коры выветривания	0,35	1,5-0,8
Глины платформенных областей	0,40	1,5-0,8
Глины складчатых областей	0,20	1,5-0,8
Песчаники кайнозоя и мезозоя	0,20	6-4
Песчаники палеозоя	0,10-0,12	10-5
Известняк пористый	0,05	5-3
Доломит пористый	0,05	5-3
Гипс	0,03	2-1
Мел	0,30	2-1,5
Сланцы глинистые	0,04	5-2
Мрамор	0,01	8-5
Ангидрит	0,01	2-1
Угли	0,04	1,5-0,8
Песок	0,3-0,4	0,8-0,3

Ориентировочные значения коэффициента фильтрации (K , м/сутки) пород таковы:

Песок пылеватый	2-3
Песок мелкозернистый	2-7
Песок среднезернистый	5-15
Песок крупнозернистый	15-30
Песчано-гравийные отложения	30-70
Гравий	70-500

После цементации эксплуатационной колонны начинают разработку полости. Для этого продолжают бурение в пределах водоносного слоя на глубину 1,5-2 м от кровли.

Формирование водоприемной полости производится эрлифтной откачкой с помощью компрессоров типа ДК-9М и др. На первом этапе откачки во избежание образования песчаных пробок в скважину опускается колонна труб, по которой подается вода от бурового насоса типа 11ГрБ, НБ-4Р, 9МГР, входящего в комплект буровой установки. После разработки каверны в зоне пласта подача воды прекращается.

Время формирования водоприемной полости можно снизить на 30%, если применять высокопроизводительные компрессоры типа УПК 25/20.

При сдаче скважины в эксплуатацию производительность водоотбора 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 4.

Дано:

- 1) порода кровли сложена глинистыми сланцами, $f = 2,0$, $\gamma_k = 2,9$;
- 2) мощность кровли $m = 15$ м;
- 3) пьезометрический напор пласта $H = 50$ м;
- 4) максимальное понижение $S = 15$ м;
- 5) водоносный пласт сложен мелкозернистыми песками, $\alpha = 20^\circ$,
 $K = 6$ м/сутки;
- 6) $\gamma_{\text{п}} = 2,3$ — относительная плотность песка;
- 7) $Q = 100$ м³/ч.

Решение:

1. Скорость фильтрации

$$V_{\text{ф}} = 0,7 \cdot 0,9 \cdot 6 \cdot (1 - 0,4) \cdot (2,3 - 1) = 2,95 \text{ м/сутки}$$

2. Радиус полости бесфильтровой скважины

$$R = \sqrt{\frac{24 \cdot 100 \cdot 0,9}{\pi \cdot 2,95}} = 15,3 \text{ м}$$

3. Условия устойчивости

$$\begin{aligned} R &< \frac{(H - S)f}{\gamma_k}; & h_1 &= \frac{R}{f} = \frac{15,3}{2} = 7,6 \text{ м}; \\ 15,3 &< \frac{(50 - 15) \cdot 2}{2,9}; & 0,75m &= 0,75 \cdot 15 = 11,2 \text{ м}; \\ 15,3 &< 24; & 7,6 &< 11,2. \end{aligned}$$

Условия устойчивости кровли выполняются, поэтому проектировать бесфильтровую скважину можно.

Рекомендации по применению различных способов бурения приведены в ([1], стр. 38, табл. II.2 и стр. 40, табл. II.3).

3. ВЫБОР СПОСОБА БУРЕНИЯ

Наиболее широкое распространение получил вращательный способ бурения с прямой и обратной промывкой.

Ударно-канатное бурение можно планировать при наличии в разрезе неустойчивых пород с высокой проницаемостью и малым пластовым давлением (валуны, галечники, щебень). В некоторых случаях ударно-канатное бурение целесообразно использовать и при вскрытии относительно устойчивых пород с высокой проницаемостью и низким пластовым давлением (трещиноватые известняки, доломиты и др.).

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СКВАЖИНЫ

Рекомендации по применению различных способов приведены в ([4], стр. 75–77).

Наиболее широко используются способы: ударно-канатный, колонковый без промывки или с обратной призабойной циркуляцией, вибрационный. Колонковый способ с промывкой используется при бурении в скальных породах.

4. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ

Конструкция скважины определяется целевым назначением скважины, способом бурения, геолого-гидрогеологическими условиями, санитарными требованиями.

1. Конструкция скважины должна обеспечить возможность получения расчетного расхода воды.

2. Диаметр эксплуатационной колонны должен допускать возможность оборудования ее насосом выбранного типа.

3. Эксплуатационный или исследуемый водоносный пласт должен быть оборудован фильтром необходимого типа и конструкции и надежно изолирован от вышележащих водоносных пластов.

4. В приемную часть скважины при эксплуатации не должны проникать глинистые и песчаные частицы из окружающих пород.

5. Конструкция разведочно-эксплуатационных, эксплуатационных, водопонизительных скважин должна отвечать требованиям длительного срока эксплуатации и минимальных сопротивлений прифильтровых зон.

6. Для скважин длительной эксплуатации необходимым требованием к конструкции является условие последующего ремонта и восстановления скважины.

Основными элементами конструкции скважины являются:

- полная глубина скважины;
- диаметр эксплуатационной колонны;
- конечный диаметр скважины;
- количество, диаметры, глубина спуска промежуточных колонн и диаметры породоразрушающих инструментов;
- интервалы тампонирувания скважины.

ГЛУБИНА СКВАЖИН

Глубина эксплуатационных скважин в напорных водах определяется расстоянием до кровли водоносного пласта или до верхней отметки наиболее водообильной части этого пласта и расчетной длиной фильтра с отстойником (длина отстойника 1–2 м).

Глубина эксплуатационных скважин в безнапорных водах определяется расстоянием до динамического уровня, интервалом в 4–5 метра для размещения погружного насоса и расчетной длиной фильтра с отстойником.

Глубина разведочных скважин определяется расстоянием до кровли водоносного пласта, мощностью этого пласта и интервалом бурения в 3–5 м в подстилающих породах.

Пример 5. Глубина залегания кровли водоносного пласта 70 м. Мощность водоносного пласта 30 м. Динамический уровень при откачке устанавливается на глубине: а) 30 м (воды напорные); б) 75 м (воды безнапорные). Рабочая длина фильтра — 10 метров.

Полная глубина эксплуатационной скважины в напорных водах (вариант «а»)
 $70+10+2=82\text{ м}$

Полная глубина эксплуатационной скважины в безнапорных водах (вариант «б»)
 $75+5+10+2=92\text{ м}$

Проектная глубина разведочной скважины
 $70+30+5=105\text{ м}$

ДИАМЕТР ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

Диаметр эксплуатационной колонны определяется соответствующими размерами средств откачки (центробежными погружными насосами ЭЦВ в эксплуатационных скважинах или эрлифтами в разведочных скважинах (табл. 1)).

Примечание. Для прокачки эксплуатационных скважин или для опытных откачек в разведочных скважинах в последнее время в некоторых случаях вместо эрлифта стали использовать струйные насосы.

Таблица 1.

**Размеры насосов ЭЦВ, эксплуатационных и водоподъемных труб
в зависимости от проектного дебита и напора.**

Диаметр насосов ЭЦВ (в дюймах)	4	5	6	8	10	12	14
Наружный диаметр насоса, мм	95	114	142	186	234	281	328
Наружный диаметр эксл. колонны, мм	114	140	168	219	273	324	377, 426
Дебит, м ³ /ч	1,6–4	2,5–6	6–16	20–63	63–210	120–400	120–500
Напор, м	30–130	до 130	до 250	до 300	до 300	до 400	до 600
Наружный диаметр водоподъемных труб, мм	48	48	60, 73	73–114	114, 121	121–219	219

Размеры водоподъемных труб подбираются так, чтобы потери напора при движении жидкости, выраженные в м, не превышали 8–10% от длины напорного трубопровода (м).

Пример 6. Проектируется эксплуатационная скважина с проектным дебитом 15 м³/ч. Расстояние от поверхности до динамического уровня — 50 м. Насос необходимо размещать на глубине 10 м под динамическим уровнем. Насос должен подавать воду в водонапорную башню высотой 15 м.

Насос должен развивать напор:

$$50 + 15 + (50 + 10 + 15) \cdot 0.1 = 72,5 \text{ м}$$

Выбираем насос ЭЦВ6-16-90 (6-условный диаметр в дюймах, 16 — дебит (м³/ч), 90 — напор в м).

Для размещения в скважине такого насоса необходима эксплуатационная колонна Ж 168 мм (см. табл. 1).

Примечание. Диаметр эксплуатационной колонны может оказаться больше указанного размера, если через эту колонну должен опускаться фильтр, наружный диаметр которого больше диаметра эксплуатационного насоса.

В разведочных скважинах опытные откачки проводятся, в основном, не погружными насосами, а эрлифтами. Поэтому размер эксплуатационной колонны можно определить после расчета эрлифта.

Расчет эрлифта (рис. 2) производится в такой последовательности.

Определяется глубина H погружения смесителя, м:

$$H = K h, \quad (1)$$

где:

K — коэффициент загрузки (1,5–4,0).

h — расстояние от поверхности до динамического уровня, м.

Коэффициент погружения смесителя подбирается наибольшим в пределах возможности выбранного для откачки компрессора:

$$K = \frac{10p - 5 + h}{h}, \quad (2)$$

где:

p — рабочее давление выбранного компрессора, атм.

Удельный расход воздуха (м³ на 1 м³ воды):

$$V = \frac{h}{c \lg \frac{h(K-1) + 10}{10}}, \quad (3)$$

где:

c — опытный коэффициент, зависящий от K .

<i>K</i>	4	3,35	2,85	2,5	2,2	2	1,8	1,7	1,55
<i>c</i>	14,3	13,9	13,6	13,1	12,4	11,5	10	9 8	

Полный расход воздуха (м³/мин):

$$W = \frac{QV}{60}, \quad (4)$$

где:

Q — проектный дебит скважины (м³/ч) при откачке эрлифтом.

Давление сжатого воздуха (кгс/см²), необходимое для пуска эрлифта:

$$P_o = 0,1(hK - h_o + 2), \quad (5)$$

для работы эрлифта:

$$P = 0,1[h(K-1) + 5], \quad (6)$$

где:

P_o — пусковое давление, атм;

h_o — статический уровень, м;

P — рабочее давление, атм.

По расходу и давлению подбирается компрессор и приводится его характеристика.

Для расчета сечений водоподъемных труб определяют расход смеси (м³/с) у смесителя:

$$q_1 = \frac{Q}{3600} + \frac{W}{(P+1)60}$$

и на изливе:

$$q_2 = \frac{Q}{3600} + \frac{W}{60}. \quad (7)$$

Площадь сечения водоподъемных труб у смесителя:

$$F_1 = \frac{q_1}{v_1} \quad (8)$$

и на изливе:

$$F_2 = \frac{q_2}{v_2},$$

где:

v_1 и v_2 — скорость движения смеси (м/с) у смесителя и на изливе.

<i>h</i> , м	20	40	60
v_1	1, 8	2, 7	3, 6
v_2	6	7–8	9–10

Рекомендуется применять концентричное расположение воздухопроводных и водоподъемных труб. Поэтому диаметр водоподъемной колонны:

$$d = \sqrt{\frac{4 F_2 + \pi d_1^2}{\pi}} \text{ (м)}, \quad (9)$$

где:

d_1 — диаметр воздухопроводных труб (33, 42, 50 или 63,5 мм).

По расчетной величине d подбираются ближайшие по внутреннему диаметру стандартные трубы (желательно обсадные трубы геологоразведочного сортамента).

Пример 7. Необходимо пробурить разведочную скважину с дебитом $20 \text{ м}^3/\text{ч}$. Расстояние от поверхности до кровли водоносного пласта — 100 м. Расстояние от поверхности до статического уровня — 30 м. Возможное понижение уровня S при откачке — 10 м. Определить размер эксплуатационной колонны такой скважины.

Смеситель эрлифта (рис. 2, поз. 6) будем опускать до кровли водоносного пласта на глубину 100 м. Коэффициент погружения смесителя K по формуле (1):

$$K = \frac{H}{h},$$

где:

$$h = h_0 + S = 30 + 10 = 40 \text{ м},$$

$$K = \frac{100}{40} = 2,5$$

Принимая компрессор с рабочим давлением 7 атм. по формуле (2) имеем:

$$K = \frac{70 - 5}{40} + 1 = 2,62$$

Так как решили не опускать смеситель ниже рабочей части фильтра, принимаем $K = 2,5$.

$$V = \frac{h}{c \lg \frac{h(K-1)+10}{10}} = \frac{40}{13,1 \lg \frac{40 \cdot 1,5 + 10}{10}} = 3,61 \text{ м}^3/\text{лм}^3 \text{ воды}.$$

$$W = \frac{QV}{60} = \frac{20 \cdot 3,61}{60} = 1,2 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

$$P_0 = 0,1(hK - h_0 + 2) = 0,1(100 - 20 + 2) = 8,2 \text{ атм}.$$

$$P = 0,1[h(K-1) + 5] = 0,1[40 \cdot 1,5 + 5] = 6,5 \text{ атм}.$$

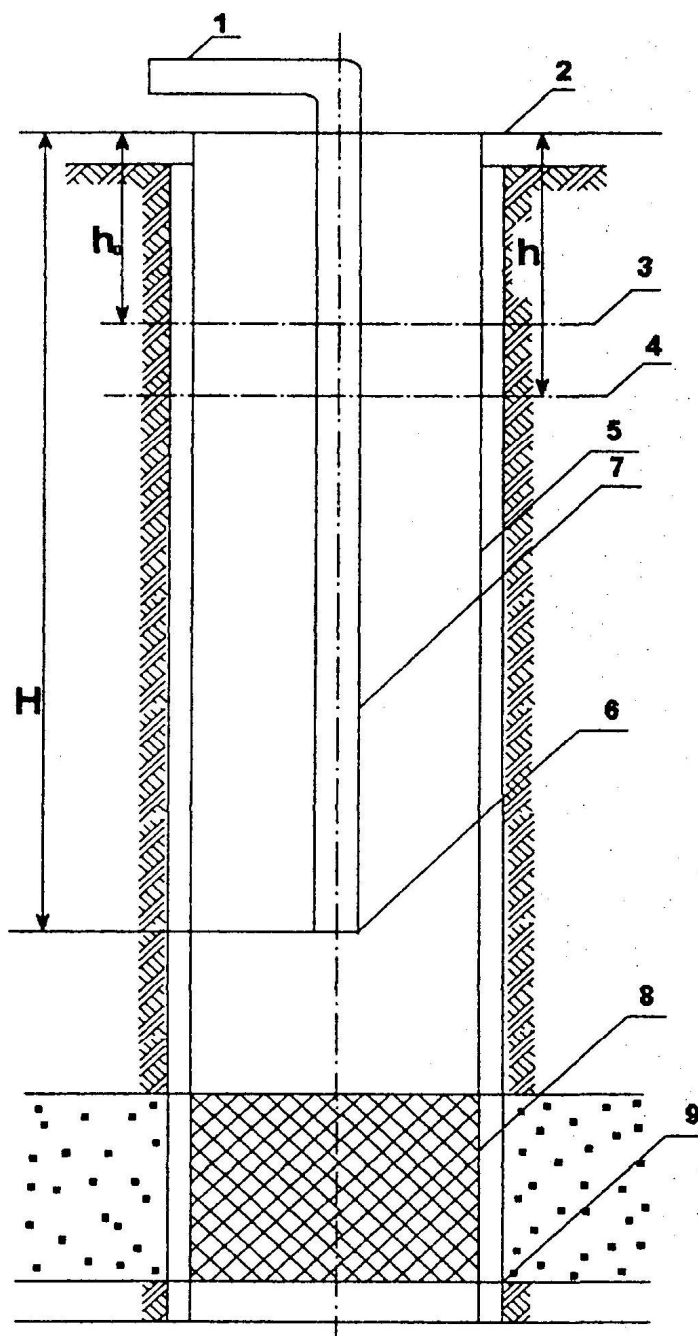


Рис. 2. Эрфлит

- 1 — шланг от компрессора;
- 2 — уровень излива;
- 3 — статический уровень;
- 4 — динамический уровень;
- 5 — эксплуатационная колонна;
- 6 — смеситель;
- 7 — воздухопроводная колонна;
- 8 — рабочая часть фильтра;
- 9 — отстойник

Расчетные данные позволяют выбрать компрессор К-75 с производительностью 1,25 м³/мин и рабочим давлением 0,7 мПа (7атм). Мощность двигателя — 10 кВт ([4], стр. 138).

$$q_1 = \frac{Q}{3600} + \frac{W}{60(P+1)} = \frac{20}{3600} + \frac{1,2}{60(6,5+1)} = 8,22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$q_2 = \frac{Q}{3600} + \frac{W}{60} = \frac{20}{3600} + \frac{1,2}{60} = 0,0256 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$F_1 = \frac{q_1}{v_1} = \frac{8,22 \cdot 10^{-3}}{2,7} = 3,05 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

$$F_2 = \frac{q_2}{v_2} = \frac{0,0256}{7,5} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

В качестве воздухопроводных труб будем использовать бурильные трубы диаметром 42 мм, тогда:

$$d = \sqrt{\frac{4 F_2}{\pi} + d_1^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,4 \cdot 10^{-3}}{\pi} + 0,042^2} = 0,078 \text{ м} = 78 \text{ мм}.$$

По таблице VIII.6 ([1], стр. 355) выбираем трубы с ниппельными соединениями диаметром 89 мм (внутренний диаметр 81 мм).

Эти водоподъемные трубы при откачке эрлифтом и будем применять в качестве эксплуатационной колонны.

В эксплуатационных скважинах перед спуском погружного насоса осуществляется прокачка эрлифтом с целью освоения водоносного пласта и удаления из жидкости твердых фракций. Поэтому при проектировании эксплуатационных скважин расчет эрлифта следует помещать в разделе «Вскрытие и освоение».

КОНЕЧНЫЙ ДИАМЕТР СКВАЖИНЫ

Конечный диаметр скважины определяется в зависимости от: проектного дебита, типа и конструкции фильтра, типа вскрываемых вод (воды напорные или безнапорные), способа вскрытия водоносного пласта.

Примечание. Если не проектируются откачки с заданным дебитом, например, наблюдательные скважины, передаваемые в режимную сеть, то конечный диаметр в этом случае — минимальный, определяемый условиями чистки отстойника фильтра от шлама (по требованию СНиП проходное отверстие фильтра 80–100 мм). Если скважины в режимную сеть не передаются и срок службы их определяется только временем бурения и проведением наблюдательных исследований, то конечный диаметр будет определяться только необходимыми размерами керна или испытательных инструментов, опускаемых в скважину (скважины наблюдательные, разведочные или инженерно-геологические).

В разделе 2 рассмотрены типы и конструкции фильтров в зависимости от характера водовмещающих пород и приведен расчет фильтров:

$$D = \frac{\alpha Q}{L}.$$

В приведенном уравнении два неизвестных: D — диаметр фильтра, мм; L — рабочая длина фильтра, м; Q — проектный дебит, м³/ч.

Для того, чтобы провести расчет фильтра, необходимо принять и обосновать одну из неизвестных величин: диаметр или длину. Если мощность водоносного пласта не превышает 10 м, то СНиП рекомендуют длину рабочей части фильтра принимать равной этой величине. Если же мощность водоносного пласта более 10 м, то при проектировании фильтров для эксплуатационных скважин в качестве известной величины можно принимать диаметр, а определять по расчету необходимую длину этого фильтра. Но при этом необходимо учитывать, какие вскрываются воды — напорные или безнапорные. В том случае, когда вскрываются напорные воды, можно проектировать потайную конструкцию фильтра, который должен свободно пройти через внутренний диаметр эксплуатационной колонны (см. предыдущий раздел).

Когда вскрываются безнапорные воды — в верхней глухой части фильтра размещается насос (насос устанавливается ниже динамического уровня). Поэтому фильтровая колонна становится эксплуатационной колонной соответствующего размера.

Начало рабочей части фильтра необходимо размещать ниже места установки насоса.

Пример 8. На глубине 100 м залегают пески среднезернистые, обводненные мощностью 30 м. Статический уровень — 30 м от поверхности. Понижение при откачке 10 м. Необходимо пробурить эксплуатационную скважину с дебитом $Q = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$. Определить конечный диаметр скважины для вращательного способа бурения.

Воды напорные. Возможно проектирование потайной конструкции фильтра. Для среднезернистых песков следует применять сетчатые или гравийные фильтры (см. сноску в разделе 2).

Определим конечный диаметр для сетчатых фильтров. Диаметр эксплуатационной колонны — 219 мм (табл. 2) (внутренний диаметр 205 мм).

Если эксплуатационная колонна спущена до кровли песков на глубину 100 м, то по пескам возможно бурение долотами Ж 190 мм (см. табл. 2).

Фильтр должен свободно проходить в скважине Ж 190 мм. Это требование будет выполнено, если принять конструкцию фильтра:

трубы каркаса — 114 мм;

проволочная обмотка из проволоки 3 мм;

галунная сетка N 6/70 с размером ячейки 0,34 мм и толщиной:

$$0,7 + (0,4 \cdot 2) = 1,5 \text{ мм ([1], стр. 457, табл. XI0)}.$$

Тогда диаметр фильтра

$$114 + 3 \cdot 2 + 1,5 \cdot 2 = 123 \text{ мм.}$$

Определим необходимую длину рабочей части фильтра для получения проектного дебита:

$$L = \frac{\alpha Q}{D} = \frac{60 \cdot 20}{123} \approx 10 \text{ м.}$$

Расчет показывает, что для получения проектного дебита фильтр диаметром 123 мм может иметь длину рабочей части 10 м. Так как мощность песков (30 м) больше расчетной величины, то конечный диаметр 190 мм обеспечит решение поставленной задачи для фильтра сетчатого типа.

Если принять не сетчатый, а гравийный фильтр, то конечный диаметр скважины должен быть не 190, а 243 мм (см. пример 3).

Необходимая длина рабочей части фильтра:

$$L = \frac{20 \cdot 60}{243} \approx 5 \text{ м.}$$

В таком случае эксплуатационная колонна должна быть не 219 мм, а 273 мм (внутренний диаметр такой колонны — 259 мм).

Таблица 2

Размеры обсадных труб (в мм) по ГОСТ 632–64 и наружных диаметров долот для вращения бурения

Наружный диаметр долот, мм	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр, мм	Диаметр муфты, мм	Диаметр обточенной муфты, мм
93	114	6	102	133	127
97	127	6	115	146	140
112	140	6	128	159	152
118	168	6,5	155	188	180
132	194	7	180	216	210
140	219	7	205	245	235
145	245	7	230	270	260
151	273	7	259	299	287
161	299	8	282	324	314
190	324	9	306	351	340
214	340	9	322	365	356
243	351	9	333	376	367
269	377	9	359	402	390
295	406	9	388	432	420
320	426	10	406	451	440
346	457				
394	480				
445	508	11	486	533	521
490					

Пример 9. Условия те же, что и в примере 8, но статический уровень располагается на глубине 95 м.

Глубина до динамического уровня — $95 + 10 = 105$ м. Насос ЭЦВ8-20-120. Эксплуатационная колонна диаметром 219 мм. Насос будет установлен на глубине 105–110 м.

Начало рабочей части фильтра следует проектировать с глубины 110–112 м. Если фильтр сетчатый, то его диаметр:

$$D_{\text{ф}} = 219 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 1,5 = 228 \text{ мм.}$$

Так как диаметр муфт труб 219 мм–245 мм, то для свободного спуска фильтра потребуются долота диаметром 269 мм (табл. 2). 269 мм — конечный диаметр скважины.

Если фильтр гравийный, то его диаметр:

$$D_{\text{ф}} = 219 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 50 = 325 \text{ мм.}$$

Так как при вращательном бурении $D_{\text{Г.Ф.}} = D_{\text{д}}$, по таблице 2 подбираем ближайший больший размер долот:

$$D_{\text{Г.Ф.}} = 346 \text{ мм.}$$

346 мм — конечный диаметр скважины.

Влияние способа вскрытия на конечный диаметр скважины можно уяснить на примере 8, если проектировать не бурение под сетчатый фильтр долотами диаметром 190 мм, а посадку фильтра методом размыва. Тогда конечный диаметр скважины не 190 мм, а 123 мм.

Если в примере 9 проектировать не вращательный, а ударно-канатный способ бурения, то конечный диаметр будет определяться следующими соображениями.

Для того, чтобы свободно спустить сетчатый фильтр Ж 228 мм, скважина должна быть вначале перекрыта трубами, которые приподнимаются или извлекаются полностью после посадки фильтра. Чтобы избежать расклипывания (спаривания) труб, перекрывающая колонна должна быть примерно на 100 мм по диаметру больше фильтровой колонны.

Этому требованию отвечают трубы Ж 324 мм (см. табл. 2).

324 мм — конечный диаметр при проектировании сетчатого фильтра Ж 228 мм.

Если проектируется гравийный фильтр, то внутренний диаметр перекрывающей колонны должен быть не менее 325 мм.

Этому требованию отвечают трубы Ж 351 мм.

351 мм — конечный диаметр при проектировании гравийного фильтра.

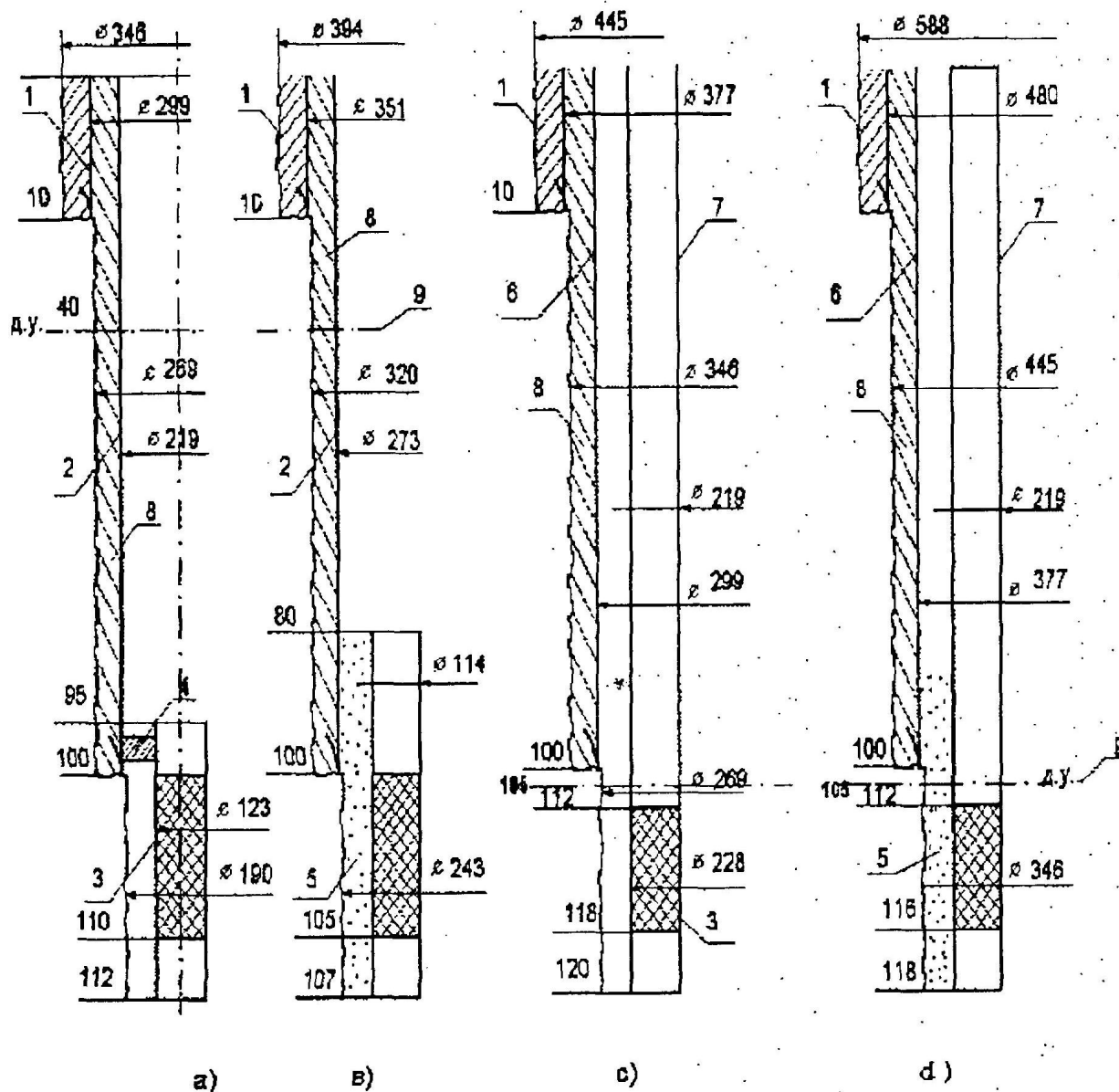


Рис. 3

Конструкции скважин к примеру 8 (а и в) и 9 (с и d).

1 — направляющая труба;

2 — эксплуатационная колонна;

3 — сетчатый фильтр;

4 — сальник;

5 — гравийный фильтр;

6 — техническая колонна;

7 — эксплуатационная и фильтровая колонна;

8 — цементация затрубного пространства;

9 — — д.у. 40 — положение динамического уровня от поверхности земли.

КОНСТРУКЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ БУРЕНИИ С ПРЯМОЙ ПРОМЫВКОЙ (РОТОРНОЕ БУРЕНИЕ)

Количество, диаметры и глубина спуска промежуточных колонн определяются условиями бурения и необходимостью надежной изоляции продуктивного пласта. При вращательном бурении с промывкой даже в рыхлых породах стенки скважины поддерживаются в устойчивом состоянии за счёт давления столба промывочной жидкости. Поэтому, как правило, после посадки направляющей трубы на глубину 2–10 м до кровли водоносного пласта, подлежащего эксплуатации, в процессе бурения скважина может иметь открытый, незакреплённый обсадными трубами ствол.

Перед вскрытием пласта опускают обсадные трубы и тампонируют затрубное пространство цементом. Для обеспечения надёжной цементации затрубного пространства необходимо использовать долота диаметром на 20–30 мм больше диаметра муфтовых соединений обсадных труб.

В напорных водах цементация эксплуатационной колонны обеспечивает надёжную изоляцию продуктивного пласта. В безнапорных водах для надёжной изоляции продуктивного пласта потребуется ещё одна (техническая) колонна.

Конструкции скважин для примеров 8 и 9 изображены на рисунке 3.

Промежуточные (технические) колонны по условиям бурения ставят только в тех случаях, когда встречаются зоны разлома, зоны интенсивного поглощения промывочной жидкости, которые не удастся изолировать с помощью промывочной жидкости, и дальнейшее бурение без закрепления пройденного интервала обсадными трубами оказывается неэффективным.

КОНСТРУКЦИЯ СКВАЖИН ПРИ УДАРНО-КАНАТНОМ БУРЕНИИ

Количество промежуточных колонн при ударно-канатном бурении зависит от глубины скважины, так как максимальной выход очередной колонны из-под башмака предыдущей в неустойчивых породах составляет 20–30 м. При бурении по устойчивым породам (известняки, песчаники, мел и др.) этот выход можно принимать в пределах 50–70 м. Если проектируются к эксплуатации водоносные пески, то последняя колонна, которая перед посадкой фильтра перекрывает эти пески, а затем приподнимается, должна иметь минимальный выход из-под башмака предыдущей колонны (не более 20 м).

Основные размеры (в мм) обсадных труб, применяемых при креплении, следующие: 426, 377, 325, 273, 219, 168. Но использовать последовательно эти размеры можно в том случае, если обточить стандартные муфты или использовать специальные тонкостенные муфты.

Например, трубы 324 имеют максимальный внутренний диаметр 306 мм, значит через них трубы 273 мм пройдут, так как стандартный диаметр муфты 299 мм. Но максимальный диаметр долота, которое пройдет сквозь трубы 324–298 мм. Поэтому после посадки колонны 324 мм свободный спуск колонны 273 мм ниже башмака колонны 324 мм будет возможен, если муфты труб колонны 273 мм будут проточены и иметь диаметр 289 мм. Если же используют трубы с необточенными муфтами, то конструкция скважины предусматривает спуск обсадных труб через 100 мм (в среднем) по наружному диаметру. Например, последовательно применяются обсадные трубы наружным диаметром 219, 324, 426 мм или 168, 273, 377 мм и т.д.

Такая же последовательность использования колонн рекомендуется при бурении через толщи песков, так как большие межтрубные зазоры уменьшают возможность спаривания колонн. При необходимости крепления скважин трубами больших размеров используются трубы электросварные ([1], стр. 358, табл. VIII.12).

В последнее время с успехом применяются вибромолоты типа БВС-1 для принудительной посадки и извлечения обсадных труб. Это позволяет повысить выход колонн в среднем на 20–50%.

Технология спуска обсадных колонн под защитой тиксотропной рубашки предусматривает применение специальных башмаков-расширителей. Выход колонн при этом в неустойчивых породах увеличивается до 80–100 м, т. е. скважина глубиной 100 м крепится одной колонной труб ([2], стр. 452).

**Размеры башмака-расширителя (в мм)
при диаметрах обсадной колонны.**

168	240, 290
219	290, 342
273	342, 394
324	394, 442
377	442, 492
426	492
530	590

Отличительной особенностью такого способа ударно-канатного бурения является принудительная посадка обсадной колонны с одновременным подливом глинистого раствора в зазор между стенками скважины и обсадными трубами.

При ударно-канатном бурении обычно используется тампонаж глиной, реже межтрубная цементация. При планировании межтрубной цементации

колонны рекомендуется подбирать так, чтобы ширина межтрубного пространства была не менее 50 мм.

Пример 10. Составить конструкцию разведочно-эксплуатационной скважины для бурения ударно-канатным способом по следующему разрезу:

0–30 м	глины плотные с включением гальки;
30–50 м	пески мелкозернистые обводненные;
50–80 м	глины;
80–100 м	песчаники плотные;
100–120 м	глины;
120–200 м	известняки трещиноватые обводные.

Эксплуатационный горизонт — трещиноватые известняки. Предполагаемый статический уровень устанавливается на глубине 40 м от устья скважины. Производительность скважины должна быть 30 м³/час. Динамический уровень при такой производительности 60 м. Расчетами установлено, что для получения такой производительности известняки необходимо вскрыть на глубину 10 м долотом диаметром 190 мм и посадить фильтровую колонну диаметром 140 мм.

1. Глубина скважины
 $120 + 10 + 2 = 132$ м.

2. Насос ЭЦВ-40-80.

Диаметр эксплуатационной колонны — 219 мм.

3. Фильтр — трубчатый, с круглой перфорацией (диаметр отверстий — 10 мм; скважность — 0,2) устанавливается «в потай».

Для ударно-канатного бурения конструкция скважины (рис. 4б) будет определяться тем, что в мягких породах колонна труб сажается только на 20–30 м. Поэтому планируем интервал глин плотных 0–30 метров перекрыть одной колонной, интервал песков мелкозернистых 30–50 м — другой колонной, интервал 50–80 м — третьей.

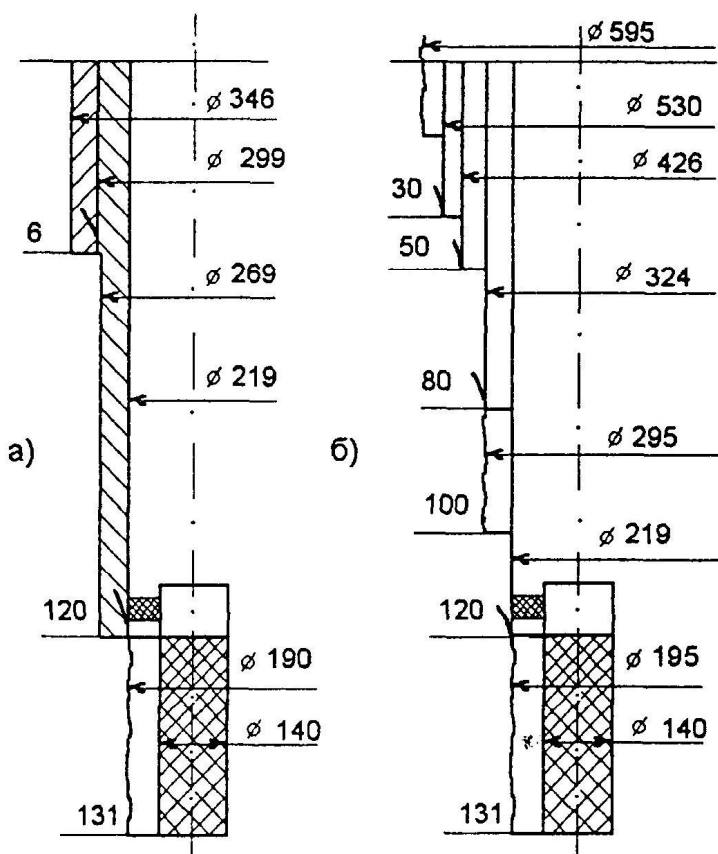


Рис. 4

Конструкция скважины

а) для вращательного бурения;

б) для ударно-канатного бурения

Далее в интервале 80–100 м залегают твёрдые песчаники, которые разбуриваются открытым стволом для свободного прохождения четвёртой колонны, которая перекроет интервал глин 100–120 м. Вот эта четвёртая колонна и будет эксплуатационной. Все предыдущие колонны приняты на 100 мм больше последующих (см. рисунок). Размеры долот для ударно-канатного бурения не совпадают с размерами долот вращательного бурения ([3], стр.114).

Для сравнения на рис. 4а дана конструкция скважины при вращательном способе бурения для тех же условий.

КОНСТРУКЦИЯ СКВАЖИН ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ БУРЕНИИ С ОБРАТНОЙ ПРОМЫВКОЙ

Конструкция скважины характеризуется тем, что скважина практически бурится одного диаметра, без посадки промежуточных колонн. Оборудование водоприёмной части осуществляется гравийно-обсыпными фильтрами (рис 5).

Пример 11. Составить конструкцию эксплуатационной скважины для вращательного способа бурения. Производительность откачки — 150 м³/час.

Разрез по скважине:

0–30 м глины плотные;

30–50 м пески мелкозернистые обводненные;

50–80 м глины плотные;

Статический уровень — 10 м ниже устья.

Понижение при откачке — 10 м.

1. Тип фильтра — гравийный.

2. Диаметр фильтра:

$$D = \frac{\alpha Q}{L} = \frac{80 \cdot 150}{20} = 600 \text{ мм.}$$

3. По табл.1 подбираем электропогружной насос ЭЦВ 10–160–35.

Этот насос размещается в трубах Ж 273 мм.

4. Диаметр гравийного фильтра при вращательном бурении определяется диаметром долота.

$$D_{\text{ф}} = D_{\text{д}} = 640 \text{ мм ([3], стр. 182).}$$

5. Направляющая труба должна пропускать долота 640 мм, принимаем трубы Ж 720 мм.

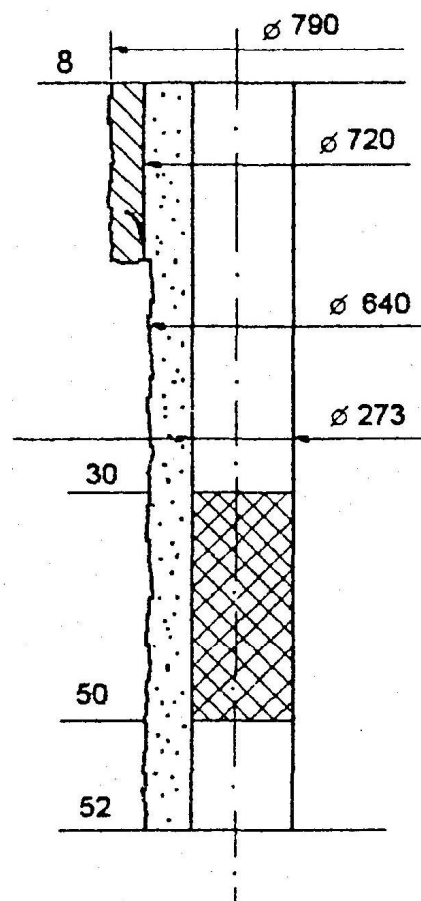


Рис. 5
Конструкция скважины для вращательного бурения с обратной стороны

6. Диаметр долота для забуривания скважины.

$$D_d = D_m + 30 = 740 + 30 = 770 \text{ мм};$$

$$D_d = 790 \text{ мм}.$$

КОНСТРУКЦИЯ РАЗВЕДОЧНОЙ СКВАЖИНЫ

При проектировании разведочных скважин для уточнения геологического разреза и опробования водоносных горизонтов комплектами испытательных инструментов следует ориентироваться на обсадные трубы и инструмент геологоразведочного сортамента ([1] стр. 355 табл. VII. 6; [2], стр. 220, табл. 32).

Конечные диаметры скважин следует принимать предельно допустимыми, определяемыми выходом керна и условиями опробования.

Пример 12. Предположительный геологический разрез по скважине тот же, что и в примере 10. Следует его уточнить, и если будут встречены водоносные пласты, провести их опробование: мелкозернистые пески — фильтрами — опробователями, трещиноватые известняки — комплектами КИИ-65.

Для уточнения геологического разреза проектируем колонковое бурение. Минимальный диаметр для получения полноценного керна в мягких породах — 93 мм. Этот диаметр и принимаем после направляющей трубы до известняков трещиноватых. Известняки разбуриваем все и прекращаем бурение после вскрытия подстилающих глин. Предположительная глубина скважины — 230 м.

Конечный диаметр в известняках трещиноватых — 59 мм. Но в скважину Ж 59 мм комплекты КИИ-65 не пройдут, поэтому проектируем конечный диаметр 76 мм. При вскрытии трещиноватых известняков возможно полное поглощение промывочной жидкости и обрушение стенок по ранее пройденному интервалу. Поэтому планируем посадку обсадной колонны Ж 89 мм перед вскрытием известняков. Башмак направляющей трубы и колонны Ж 89 мм тампонируется глиной. Конструкция скважины изображена на рис. 6.

Как показано в примере 7, в такой скважине при откачке с помощью эрлифта можно получить дебит порядка 20 м³/ч, если возду-

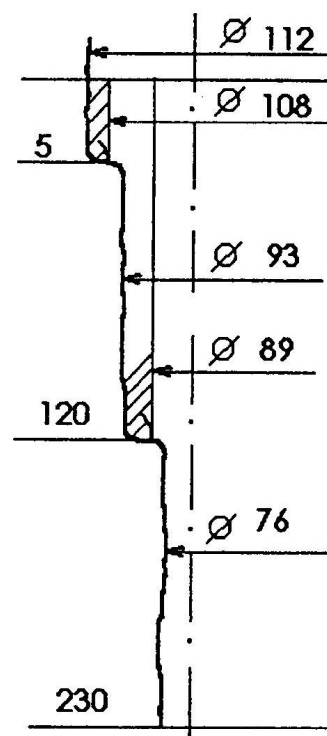


Рис. 6
Конструкция
разведочной скважины

хопроводные трубы опустить на глубину 100 м, а уровень воды при откачке не будет понижаться ниже 40 м.

Если в целевом задании на бурение разведочной скважины указывается необходимость опробования откачкой с определенной производительностью нескольких водоносных пластов, то следует:

А) Произвести расчет эрлифта или струйного насоса для каждого водоносного пласта;

Б) Выбрать и рассчитать фильтры;

В) Наметить план опробования водоносных пластов;

Г) Наметить такую конструкцию скважины, которая удовлетворяла бы всем приведенным расчетам.

5. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТА

Оборудование для бурения скважин выбирается исходя из ранее установленной конструкции скважины и принятого способа бурения.

Для вращательного (роторного) способа бурения с прямой промывкой применяются буровые установки передвижного типа:

УРБ-3А-2, 1БА-15В, 1БА-15Н, УВБ-600, и др. ([1], стр. 49, табл. III.2.)

Для вращательного бурения с обратной промывкой применяются буровые установки типа:

1БА-15К, FA-12, и FA-20 ([1], стр. 64, табл. III.3.).

Для бурения разведочных скважин относительно небольшого размера следует применять установки колонкового бурения ([2], стр. 128, табл. 20).

Для ударно-канатного бурения используются установки типа:

УКС-22м, УКС-30м, УГБ-49К и БУГ-100м ([3], стр. 59 и [5] стр. 4–15).

Буровые установки вращательного способа бурения с прямой промывкой должны подбираться по следующим основным показателям технической характеристики.

1. Грузоподъемность.

Должна быть больше веса наиболее тяжелого бурового снаряда.

2. Проходное отверстие ствола ротора.

Должно обеспечивать прохождение обсадной колонны наибольшего диаметра.

3. Производительность буровых насосов.

Должна обеспечить транспортировку шлама из скважины.

4. Возможность оперативного регулирования производительности буровых насосов (для колонкового бурения).

5. Транспортабельность.

БУРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ

Буровой инструмент технологический и вспомогательный для роторного бурения эксплуатационных и разведочно-эксплуатационных скважин достаточно полно приведен в работе ([1], глава IV).

При выборе бурильных труб при бурении глубоких скважин на стационарных установках следует пользоваться соотношением:

$$D_{\text{бт}} = 0,6 D_{\text{д}}$$

где:

$D_{\text{бт}}$ — диаметр бурильных труб;

$D_{\text{д}}$ — диаметр долота.

При бурении скважин на передвижных и самоходных установках проектировать бурильные трубы следует в соответствии с рекомендациями технических характеристик буровых установок независимо от размеров запроектированных долот: установка УРБ-3 АМ — бурильные трубы максимального диаметра — 73 мм; установка 1БА-15 В или 1БА-15Н — бурильные трубы 73 или 89 мм, установка УВБ-600 — бурильные трубы 114 мм.

Утяжеленные трубы (УБТ) подбираются из соотношения:

$$D_{\text{убт}} = (0,7-0,8) D_{\text{д}}$$

для всех типов буровых установок.

В работе [1] предельный диаметр УБТ дается 203 мм, между тем в настоящее время разработаны и применяются УБТ и больших диаметров: 229, 254, 273, 299 мм, имеющих соответственно массу 1 метра — 273, 336, 397, 489 кг. Длина этих труб — 6–6,5 метров.

При выборе породоразрушающего инструмента в породах I–III категории применяются лопастные долота, в более высоких категориях — шарошечные долота различных типов (М, МЗ, МС, МСЗ, С, СЗ, Т, СТ, ТЗ, ТК, ТКЗ, К, ОК). При бурении с передвижных установок создать необходимую осевую нагрузку часто бывает затруднительно. В таких случаях лучше ориентироваться не на трехшарошечные долота, а на двухшарошечные.

При бурении разведочных гидрогеологических скважин диаметром до 150 мм следует ориентироваться на инструмент для колонкового бурения ([2], стр. 93, глава 2 и стр. 22, табл. 32).

Следует иметь в виду, что независимо от диаметра разведочных скважин используются, как правило, стальные бурильные трубы с муфтово-замковыми соединениями диаметром 50 или 63,5 мм. Если для бурения используются установки колонкового бурения, имеющие гидравлическую подачу, утяжеленные бурильные трубы можно не применять.

Буровой инструмент для вращательного бурения с обратной промывкой скважин большого диаметра изложен в работе ([5], стр. 76–86). При выборе бурового инструмента вначале следует определить способ создания обратной промывки: центробежным насосом, эрлифтом или струйным насосом. От при-

нятого способа промывки будет определяться инструмент для забурки скважины, конструкция вертлюга-сальника, ведущей трубы и бурильных труб.

Буровой инструмент для ударно-канатного бурения наиболее полно представлен в работе ([3], стр. 105). При выборе инструмента следует обратить внимание на то, что при бурении в мягких породах с одновременной обсадкой размеры долот подбираются так, чтобы долото свободно проходило через эту колонну, а в твердых породах долото должно иметь диаметр, обеспечивающий спуск последующей колонны.

Диаметры желонки во избежание прихватов следует подбирать примерно на 100 мм меньше диаметра колонны, в которой работает эта желонка.

Пример 13. Подобрать буровой инструмент для бурения скважины вращательным способом для случая, рассмотренного в примере 10 (см. рис. 4,а), если для бурения используется установка УРБ-3АМ.

Технологический инструмент.

1. Бурильные трубы Ж 73 мм с муфтово-замковыми соединениями 95 мм ([1], стр. 156).

2. Утяжеленные буровые трубы при бурении долотом Ж269 мм:

$$D_{убт} = 0,84269 = 215 \text{ мм.}$$

До глубины 120 м используем УБТ-203 с массой 1 метра — 192 кг ([1], стр. 179).

При бурении долотом Ж 190 мм:

$$D_{убт} = 0,84190 = 152 \text{ мм.}$$

На интервале бурения по трещиноватым известнякам в снаряд будут включаться УБТ Ж 146 мм с массой 1 метра — 97 кг. 3. Долота. Для забуривания скважины под направляющую трубу необходимо трехлопастное долото Ж ЗЛ-346.

На интервале бурения от 6 до 80 м и от 100 до 120 м залегают мягкие породы, поэтому бурение под эксплуатационную колонну Ж 219 мм будем осуществлять трехлопастным долотом ЗЛ-269.

На интервале 80-100 м залегания плотных песчаников необходимо применение шарошечных долот типа СЗ-269.

На интервале 120–131 м по трещиноватым известнякам потребуется шарошечное долото С-190. 4. Для сборки технологического инструмента в процессе бурения потребуются следующие переводники:

- А) с ведущей трубы на долото ЗЛ-346;
- Б) с ведущей трубы на УБТ Ж 203 мм;
- В) с ведущей трубы на бурильные трубы Ж 73 мм;
- Г) с бурильных труб Ж 73 мм на УБТ Ж 203 мм;
- Д) с бурильных труб Ж 73 мм на УБТ Ж 146 мм;

- Е) с УБТ Ж 203 мм на долота Ж 269 мм;
 Ж) с УБТ Ж 146 мм на долота Ж 190 мм;
 3) с УБТ Ж 203 мм на УБТ Ж 146.

Вспомогательный инструмент

- | | |
|---|----------------|
| 1. Элеваторы для бурильных труб ЭБ-73 | 2 шт. |
| 2. Элеваторы для обсадных труб Ж 219 мм | 2 шт. (ЭО-219) |
| 3. Элеваторы для обсадных труб Ж 299 мм | 2 шт. |
| 4. Переводник на УБТ Ж 203 мм для постановки элеватора ЭБ-73. | |
| 5. Роторные клинья для захвата УБТ Ж 203 мм и Ж 146 мм. | |
| 6. Переводник на УБТ Ж 146 мм для постановки элеватора ЭБ-73. | |
| 7. Штропы для элеватора ШЭ-25 | 2 шт. |
| 8. Шарнирные ключи типа РИК для бурильных труб Ж 73 мм. | |
| 9. Цепные ключи для свинчивания обсадных труб. | |

Для механизации спуско-подъемных операций целесообразно оснастить буровую комплектом приспособлений для развинчивания колонны с помощью ротора.

Пример 14. Подобрать буровой инструмент для ударно-канатного бурения в соответствии с конструкцией скважины, приведенной на рис. 4б.

1. В плотных глинах, на какой-то части интервала 0–30, стенки скважины могут быть устойчивыми, поэтому начинать скважину для посадки колонны Ж 530 мм следует долотами Ж 595 мм (для этого устанавливают направляющую трубу Ж 620 мм, которая на рис. 4 не указана).

Снаряд на этом интервале:

- долото двутавровое Ж 595 мм,
- ударная штанга Ж 220 мм,
- раздвижная штанга Ж 220 мм (ножницы),
- замок канатный Ж 220 мм,
- буровые желонки и стаканы Ж 530 мм.

После свободного спуска колонны Ж 530 мм до встречи песков на глубине 30 м эта колонна будет сажаться принудительно.

Инструмент для разрушения и чистки на этом интервале.

Долото плоское Ж 495 мм, ударная штанга, раздвижная штанга и канатный замок (те же), желонка с плоским клапаном Ж 435 мм.

Для посадки колонны боем потребуется головка забивная многоступенчатая, забивная штанга (баба забивная).

Для интервала 30–50 мелкозернистых песков при посадке колонны Ж 426 мм, потребуется: желонка с плоским клапаном Ж 335 мм, башмак забивной труб Ж 426 мм, головка забивная многоступенчатая и забивная баба.

Для интервала 50–80, перекрываемого колонной Ж 324 мм:

- долото плоское Ж 298 мм,
- штанга ударная Ж 168 мм,
- штанга раздвижная Ж 165 мм,
- замок канатный Ж 165 мм,
- желонка с плоским клапаном Ж 225 мм,
- забивной стакан Ж 225 мм,
- головка забивная резьбовая и башмак забивной для труб Ж 324 мм и забивная баба.

Для интервала 80–100 м (песчаники) потребуется инструмент:

- долото округляющее Ж 295 мм,
- штанга ударная Ж 165 мм, (видимо большей длины, чем в предыдущем случае, но это уточняется в разделе «технология бурения»).

штанга раздвижная Ж 165 мм,

замок канатный Ж 165 мм,

желонка с плоским клапаном Ж 225 мм,

Для интервала 100–120 м посадки колонны в глинах потребуется инструмент:

- долото плоское Ж 198 мм,
- штанга ударная Ж 140 мм,
- штанга раздвижная Ж 140 мм,
- канатный замок Ж 140 мм,
- желонка с плоским клапаном Ж 120 мм,
- забивная баба,
- забивной башмак,
- забивная головка для колонны Ж 219 мм.

Для интервала 120–131 м трещиноватых известняков потребуется инструмент:

- долото округляющее Ж 195 мм,
- ударные и раздвижные штанги,
- канатный замок и желонка те же, что и для предыдущего интервала.

В качестве вспомогательного инструменты потребуются: ключи инструментальные (2 ключа на каждый комплект инструмента), трещетка затяжная, хомуты для обсадных труб (по 2 хомута на каждый размер труб) и штропы. Для резьбовых труб вместо хомутов можно использовать элеваторы (см. предыдущий пример).

6. ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ

РОТОРНОЕ БУРЕНИЕ ([1], СТР. 229, ГЛАВА V).

При разработке технологии бурения отдельно для каждого слоя устанавливаются следующие параметры.

1. Рациональная скорость вращения инструмента, обеспечивающая высокую производительность работ и увязанная с техническими возможностями выбранной буровой установки и инструмента. После установления диапазона рациональных чисел оборотов необходимо указать, на какой передаче (скорости) применительно к выбранной установке будет осуществляться бурения данного слоя. При выборе числа оборотов для различных пород принимают во внимание следующие соображения:

а) в мягких породах, особенно, если они залегают в верхних частях разреза, после посадки направляющей трубы целесообразно использовать повышение скорости вращения. В этом случае обеспечивается высокая производительность работ и при правильно выбранном инструменте исключается возможность поломки бурильных труб;

б) в породах средней твердости с малыми абразивными свойствами (мергели, аргиллиты, известняки, доломиты) скорость вращения породоразрушающего инструмента выдерживается также в высоких пределах;

в) в твердых абразивных породах бурение целесообразно осуществлять при минимальном числе оборотов с тем, чтобы избежать преждевременного износа долот;

г) при бурении трещиноватых пород скорость вращения следует снижать;

д) при бурении алмазными коронками во всех случаях, за исключением трещиноватых пород, следует бурить на повышенных оборотах;

е) при глубине бурения, близкой к номинальной для данного типа буровой установки, скорость вращения инструмента должна быть уменьшена до средних значений, так как мощность буровой установки не позволяет вести процесс бурения при высоких скоростях вращения на таких глубинах;

ж) при забурке скважины во избежание искривления ствола число оборотов снижают до минимального.

При определении рациональной скорости вращения долот следует исходить из следующих значений окружной скорости вращения (V , м/с):

для мягких, рыхлых пород	— 1,5–2,5
для пород средней твердости	— 1,3–2,0
для твердых и крепких пород	— 1,2–1,8
для абразивных пород	— 0,5–0,7

Необходимое число оборотов (об/мин) рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{20 \cdot v}{D_d}, \quad (1)$$

где: D_d — диаметр долота, м.

Пример 15. Бурение ведется в известняках, породах средней твердости мало абразивных. Требуется определить число оборотов долота диаметром 214 мм.

1. Приняв $V=1,5$ м/сек, определяем необходимое число оборотов долота в минуту по формуле (1):

$$n = \frac{20 \cdot 1,5}{0,214} = 140 \text{ об./мин.}$$

2. Осевую нагрузку принято определять из расчета нагрузки на 1 см долота (табл. 3).

Осевая нагрузка (H) на долото подсчитывается по формуле:

$$P_{oc} = p \cdot D_d \quad (2)$$

где: p — нагрузка на 1 см диаметра долота, Н; D_d — диаметр долота, см.

Пример 16. Бурение ведется долотом 190 мм, тип долота С, породы – доломиты V категории.

Определить осевую нагрузку на долото.

По формуле (2) определяем осевую нагрузку на долото, приняв, что $P=2500$ Н/см:

$$P_{oc}=2500 \cdot 19=47,5 \text{ кН.}$$

Тяжелый низ подбирается с таким расчетом, чтобы вес УБТ превышал максимально требуемое осевое усилие на долото.

Длина УБТ подбирается по формуле:

$$L_y = \frac{P_{oc} \cdot K}{q_y \left(\frac{1 - \gamma_p}{\gamma_m} \right)}$$

где: L_y — длина УБТ, м; K — коэффициент, учитывающий превышение веса утяжеленных труб над нагрузкой на долото ($K=1,25 \div 1,3$);

q_y — вес 1 м труб УБТ;

γ_p — относительная плотность раствора;

γ_m — относительная плотность металла — 7,85.

Пример 17. Требуется подобрать диаметр и длину УБТ для условий: $D_o = 190$ мм, требуемое осевое усилие на долото — 47,5 кН:

$$D_{y\delta m} = 0,8 \sqrt{D_o} = 0,8 \sqrt{190} = 152 \text{ мм.}$$

Принимаем УБТ диаметром 146 мм с массой 1 м — 97 кг;

$$q_y = 970 \text{ Н; } \gamma = 1,1;$$

$$L_y = \frac{47500 \cdot 1,25}{970 \left(1 - \frac{1,1}{7,85}\right)} = 71 \text{ м.}$$

Учитывая, что длина трубы УБТ равна 6 м, принимаем, что для бурения необходимо иметь 12 утяжеленных бурильных труб.

Общий вес бурового снаряда с учетом прихвата равен:

$$Q = K \left[L_y \cdot q_y + q_{\delta m} \left(1 - \frac{\gamma_p}{\gamma_m} \right) \right] \quad (3)$$

где:

K — коэффициент прихвата, $K \approx 1,3$;

L_y — длина УБТ, м;

$L_{\delta m}$ — длина бурильных труб, м;

q_y — масса 1 м УБТ, кгс;

$q_{\delta m}$ — масса 1 м бурильных труб, кгс.

Грузоподъемность буровой установки должна обеспечивать подъем самой тяжелой колонны с учетом ее прихвата.

Таблица 3

**Рекомендуемые удельные нагрузки /Р/ в Н на 1 см диаметра
породоразрушающего инструмента.**

Тип породоразрушающего инструмента	Категория пород по ЕНВ				
	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					
М		1000–2000			
С			2000–3000		
Т				3000–6000	
К					6000–7000
Алмазные долота				600–700*	700–900*

*Н на 1 см² торца долота

В практике бурения скважин на воду указанные осевые нагрузки достигаются не всегда. Это объясняется, с одной стороны, невозможностью создания таких нагрузок на долото в скважинах небольшой глубины из-за сравнительно малой массы бурового инструмента (труб, переходников и долота), а с другой стороны, вводимыми ограничениями, связанными с прочностью бурильного вала, который работает в тяжелых условиях знакопеременных нагрузок изгиба, растяжения и сжатия.

КОЛИЧЕСТВО И КАЧЕСТВО ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ

Количество и качество промывочной жидкости определяется по скорости восходящего потока. Минимальная скорость промывочной жидкости 0,2–0,25 м/с. Такая скорость может быть принята для тех пород, где не достигаются предельно рекомендуемые осевые нагрузки. Там, где рекомендации по осевой нагрузке выполняются (в мягких породах можно создать необходимую осевую нагрузку даже на передвижных установках), производительность насоса целесообразно рассчитывать по более высоким скоростям восходящего потока. ($V=0.4-0.8$ м/с);

$$Q = \frac{\pi}{4} (D_d^2 - d_{\text{от}}^2) v, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4)$$

где: D_d — диаметр долота, м;

$d_{\text{от}}$ — диаметр бурильных труб, м;

V — скорость потока промывочной жидкости в затрубном пространстве, м/с.

Если производительность насоса буровой установки меньше расчетной величины, то надо предусмотреть применение либо другого более мощного насоса, либо двух насосов.

Качество промывочной жидкости подбирается в соответствии с проходимыми породами.

В несцементированных в рыхлых породах необходимо применять глинистые растворы с низкой водоотдачей с минимальным удельным весом (но если стенки скважины при выбранном значении удельного веса обрушаются, удельное давление необходимо увеличить до значений $P_f > P_{\text{н}}$) и с высокими тиксотропными свойствами. В устойчивых проницаемых породах целесообразно использовать безглинистые растворы с минимальным количеством твердой фазы или глинистые растворы с низкой водоотдачей.

В глинистых породах целесообразно использовать кальциевые растворы, исключающие явление диспергирования и набухания глин.

При вскрытии водоносных горизонтов в песчаных или гравийных отложениях целесообразно применять карбонатные (меловые растворы с последующей обработкой их соляной кислотой).

В монолитных скальных породах бурение целесообразно вести с использованием в качестве очистного агента воздуха или технической воды, если они не будут являться причиной обрушения стенок скважины в вышележащих породах.

При выборе раствора необходимо указать, с помощью каких средств достигаются необходимые параметры этого раствора.

КОЛОНКОВОЕ БУРЕНИЕ ([2], ГЛАВА VII)

При определении технологических параметров для колонкового бурения эффективность работ следует оценивать не только с позиций получения максимальной производительности, но и с точки зрения получения достаточно высокого процента выхода кернового материала.

На тех участках разреза, где выход керна при бурении обычными снарядами оказывается недостаточным, следует планировать использование двойных колонковых снарядов и, в некоторых случаях, сокращение величин проходки за рейс.

Следует иметь в виду, что при бурении колонковым способом скважин большого диаметра определенные трудности представляет процесс срыва керна. Если формируется керн диаметром более 140–150 мм, усилия на срыв керна могут оказаться больше нагрузок, которые могут выдержать бурильные трубы, что нужно проверить специальным расчетом.

Технология ударно-канатного бурения изложена в работе ([2], стр. 446; [3], стр. 127 и [5], стр. 50).

Технология бурения вращательным способом с обратной промывкой скважин большого диаметра в работе ([5], стр. 86).

7. ВСКРЫТИЕ ВОДОНОСНОГО ПЛАСТА

Применение глинистого раствора при вскрытии пласта приводит к его кольматации и требует в дальнейшем сложных и длительных работ по освоению пласта.

Следует стремиться к тому, чтобы пласт вскрывался с промывкой водой. Однако необходимо оценить интенсивность поглощения воды и наметить мероприятия по соответствующей компенсации ее.

В неустойчивых породах (водоносные пески и др.), чтобы предотвратить обрушение стенок скважины, следует поддерживать противодавление на пласт не менее 3,0 м вод. ст., для этого при бурении и спуско-подъемных операциях производится долив воды до устья скважины. Если водоносный пласт сложен крупнозернистыми песками с включениями гальки (коэффициент фильтрации $K \gg 20$ м/сут), то будет иметь место значительное поглощение воды, что в определенных условиях (безводные районы и др.) может послужить причиной отказа от данного способа вскрытия пласта. В этих условиях целесообразно применять малоглинистые и водогипановые растворы, а также аэрированные растворы. Глинистый раствор применяется для вскрытия высоконапорных пластов.

Плотность раствора должна подбираться из условия, что противодавление на пласт не должно превышать 0,3–0,5 кгс/см².

При бурении с обратной промывкой и при ударном бурении вскрытие пласта производится с применением технической воды.

Фильтр, опускаемый в скважины, должен иметь направляющие фонари и открытый нижний конец, либо специальные окна, через которые осуществляется циркуляция при разглинении пласта.

Рабочая часть фильтра должна быть не ближе 0,5–1,0 м от границы с кровлей и подошвой водоносного пласта.

Технология вскрытия водоносных пластов достаточно полно приведена в работе([1], стр. 488, № 2).

8. ОСВОЕНИЕ ПЛАСТА

Процесс освоения должен начинаться сразу же после оборудования при-фильтровой зоны.

Если для вскрытия пласта применяется техническая вода, то процесс освоения сводится к прокачке эрлифтом или струйным аппаратом.

Весьма эффективным способом освоения является гидродинамический способ (с помощью струйных аппаратов).

Если применяемые средства не обеспечили должного эффекта, то используется взрыв торпеды детонирующего шнура (ТДШ) в зоне пласта.

Освоение бесфильтровых скважин начинается с размыва воронки в зоне пласта (см. рис. 1).

Размыв воронки ведут с помощью буровых насосов 1 ГРБ, 9 МГР, НБ-40 и др. и эрлифта с компрессором типа ДК-9М, работающих совместно, с подачей воды из скважин до 50–120 м³/ч.

Продолжительность разработки воронки 70–100% времени, затрачиваемого на бурение. За сутки или двое до прекращения размыва насосы отключают и дальнейшую откачку ведут только эрлифтом. При применении мощных компрессоров типа 2ПК-80 время, затрачиваемое на разработку полости в скважинах глубиной 300–500 м снижается до 30% от времени сооружения скважины. Для того, чтобы скважина не песковала в процессе эксплуатации, необходимо, чтобы в период формирования полости производительность была выше эксплуатационной.

При вскрытии рыхлых водовмещающих пород с использованием глинистого раствора (например, при залегании уровня подземных вод менее чем на 3 м от поверхности) может быть использован метод освоения (разглинизации) с помощью обратной промывки через окна.

Сущность способа заключается в следующем.

Фильтр имеет в верхней части отстойника два боковых отверстия площадью 40–50 см². Над отверстиями на заклепках закреплено кольцо. Над фильтром, опущенным вплотай, установлен эластичный тампон, изолирующий водоносный горизонт от вышележащих пород. После установки фильтра производят откачку эрлифтом с подливом воды через устье, до тех пор, пока эрлифт не

начнет работать без перебоев. При откачке стенки скважины обрушиваются, песок с глинистым раствором через окна засасывается внутрь фильтра и откачивается на поверхность. Частично песок оседает и в первый период требуется промывка скважины. После удаления из зоны фильтра заглинизированного песка ударом воздушных труб срезают заклепки, удерживающие кольцо, и оно перекрывает окна.

Об окончании процесса разглинизации свидетельствует отсутствие глинистого материала в песке, выносимого с забоя.

Продолжительность разглинизации для сетчатых фильтров длиной до 5 м диаметром 108–127 мм не превышает 3–4 час. Даже при таком способе верхние части пласта оказываются разглинизированными не полностью. Вместе с этим внутренняя поверхность фильтра остается закольматированной глинистым материалом. Для повышения эффективности разглинизации целесообразно фильтр изнутри промывать чистой водой через специальные гидронасадки (подробнее об освоении водоносных пластов см. [1], стр. 502).

ОПРОБОВАНИЕ ВОДОНОСНЫХ ПЛАСТОВ В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ

В процессе бурения скважины производятся наблюдения за изменением механической скорости бурения, минерализацией, температурой промывочной жидкости, производится замер количества песка в жидкости и т.д. Все эти наблюдения позволяют получить первоначальные сведения о фильтрационных свойствах водоносных пластов.

После окончания бурения производится комплекс геофизических исследований в скважине.

В рыхлых породах широкое применение получил опережающий способ опробования, позволяющий из водонасыщенных песков получить пробу пластовой воды и в первом приближении определить фильтрационные свойства пласта.

Диаметр фильтра опробователя — 65 мм;

Длина фильтра опробователя — 1,5 м;

Глубина опробования пластов — до 300 м.

Время опробования одного пласта:

в скважинах глубиной до 100 м — около 5 ч;

в скважинах глубиной более 100 м — 8 ч.

В устойчивых разрезах применяются испытатели пластов с пакерами. Наиболее широкое применение получили СИП-3 и ИСВ.

При бурении глубоких скважин на промышленные, термальные и минеральные воды могут применяться испытатели пластов КИИ-65, 95 и 146.

Испытатели пластов на трубах — это комплекс инструментов и приборов, которые позволяют в процессе бурения исследовать каждый горизонт в отдельности.

После вскрытия водоносного горизонта или после проходки интервала, который необходимо исследовать, буровой инструмент поднимают на поверхность. На бурильных трубах опускается испытатель пласта, который изолирует исследуемый пласт с помощью пакера и регулирует приток жидкости и газа в пустые бурильные трубы по заданной программе.

Пакер разобщает нижнюю часть от верхней при создании определенной осевой нагрузки на забой. После этого через определенное время открывается доступ жидкости из нижней зоны скважины в пустые бурильные трубы. Так как пластовое давление значительно больше атмосферного, в момент открытия клапана происходит резкий гидравлический удар. Это способствует раскольмации горизонта и «оживляет» его.

Глубинный самопишущий манометр, установленный в фильтре, фиксирует резкое падение давления (после открытия клапана), а затем нарастание давления в процессе притока жидкости в бурильные трубы.

После определенного времени стояния на притоке (от 15–20 мин до нескольких часов) бурильные трубы поднимают на поверхность. При подъеме из бурильных труб отбирают пробы жидкости на анализы и извлекают бланки глубинных манометров. Обработка полученных данных дает возможность определить основные гидродинамические параметры пласта. Достоверность результатов удовлетворительна для всех предварительных стадий разведочных работ.

Существующие типы испытателей пластов обеспечивают: быстроту получения информации; значительное сокращение средств и времени; возможность оценки свойств пластов по мере их вскрытия. Все это позволяет удешевить и ускорить поисково-съемочные и разведочные работы, облегчить и упростить конструкцию скважин. Отечественная промышленность выпускает три типоразмера комплектов испытателей пластов: КИИ-146 — для скважин диаметром от 190 до 255 мм, КИИ-95 — для скважин диаметром от 118 до 161 мм и КИИ-65 — для скважин диаметром от 75 до 112 мм. Разработаны также испытатели пластов, опускаемые в скважину на кабеле и обеспечивающие герметизацию участка скважины, отбор проб пластовой жидкости и газа, а также подъем пробы на поверхность с сохранением ее герметичности.

Остальные разделы проекта не рассматриваются, так как достаточно полно изложены в рекомендованных учебниках.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Справочник по бурению скважин на воду.* Под редакцией Д.Н. Башкатова, Москва, Недра, 1979.
2. *Б.И. Воздвиженский, О.Н. Голубищев, А.А. Новожилков.* Разведочное бурение, Москва, Недра, 1979.
3. *Справочник по бурению скважин на воду (под редакцией Дубровского),* Москва, Недра, 1972.
4. *Справочник по бурению инженерно-геологических скважин.* Б.М. Ребрик, Москва, Недра, 1983.
5. *Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду: Справочник.* Д.Н. Башкатов и др., Москва, Недра, 1988.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ	2
1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОНОСНЫХ ПЛАСТОВ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	3
2. ВЫБОР И РАСЧЕТ ФИЛЬТРА ИЛИ ПОЛОСТИ БЕСФИЛЬТРОВЫХ СКВАЖИН	4
3. ВЫБОР СПОСОБА БУРЕНИЯ	13
4. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ	14
5. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТА	31
6. ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ	36
7. ВСКРЫТИЕ ВОДОНОСНОГО ПЛАСТА	41
8. ОСВОЕНИЕ ПЛАСТА	42
ЛИТЕРАТУРА	45