

Ф. А. ШАМШЕВ

**РАЗВЕДОЧНОЕ
БУРЕНИЕ
ДЛЯ
ГЕОФИЗИКОВ**

Конспект лекций

**Ленинград
1979**

Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР
Ленинградский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горный институт
им. Г.В.Плеханова

Ф. А. Шамшев

РАЗВЕДОЧНОЕ БУРЕНИЕ ДЛЯ ГЕОФИЗИКОВ

Конспект лекций

Ленинград
1979

УДК 550.822 (073.80)

В конспекте лекций в сжатой форме излагаются техника и технология тех видов бурения, которые применяются при геофизических и геохимических работах, т.е. с охватом мелких и глубоких скважин, проходимых различными способами. Рассматривается, какие виды бурения используются при различных геофизических работах.

Научный редактор доц. С.Н.Тараханов

Томская 1979 г.
ноз. 703

© Ленинградский горный
институт им. Г.В.Плеханова,
1978 г.

ВВЕДЕНИЕ

Все отрасли народного хозяйства используют минеральное сырье, залегающее в недрах земли в виде месторождений полезных ископаемых. В поисках и разведке месторождений полезных ископаемых принимают участие специалисты различного профиля. Объясняется это тем, что при поисках и разведке проводится комплекс различных операций:

- 1) камеральная подготовка, имеющая цель установить степень изученности и разведанности месторождений; заканчивается эта операция составлением проекта геологоразведочных работ;
- 2) топографические работы для составления топографических карт нужного масштаба;
- 3) геологическая съемка с целью создания геологической карты требуемого масштаба;
- 4) геофизические работы, широко применяемые при поисках месторождений и их приближенном оконтуривании;
- 5) поверхностные горные работы — проходка расчисток и канав для вскрытия коренных отложений;
- 6) бурение структурных, картировочных, поисковых и разведочных скважин;
- 7) горно-разведочные работы — проходка шурфов, разведочных шахт, штолен и т.д.;
- 8) опробование разведываемого месторождения для определения количества и качества полезного ископаемого;
- 9) геологическая и технико-экономическая документация всех выполняемых работ;
- 10) камеральная обработка полевого материала с целью оценки месторождения.

Таким образом, бурение является одной из основных операций геологического цикла. Геологические и геофизические работы вносят большой вклад в поиски и разведку, однако для определения качества и количества полезного ископаемого и его спутников необходимо получить из недр представительные пробы, что обеспечивается колонковым бурением и горно-разведочными работами. Последние более дороги и медленны в проходке, поэтому их стремятся заменить буровыми работами.

Бурение представляет собой комплекс операций, главнейшей из которых является **разрушение горных пород**. В результате получается особая горная выработка – буровая скважина, которая имеет круглое сечение и проходится под любым углом к горизонту, как с поверхности, так и из подземных выработок. Для скважины характерно относительно малое сечение – диаметр (25–900 мм) и значительная протяженность – глубина (до 9,5 км). Сооружается скважина, как правило, без доступа в нее человека.

Элементами буровой скважины являются устье – начало скважины, забой – дно скважины и стенки.

По назначению скважины делятся на **разведочные** – картировочные, структурные, поисковые и собственно разведочные; **эксплуатационные**, служащие для добычи жидких и газообразных полезных ископаемых; **вспомогательные** – технические и специальные, сооружаемые для осушения шахтных полей, замораживания при строительстве шахт в сложных гидрогеологических условиях, тушения пожаров; **операционные** – для дегазации, для устранения горных пожаров и т.п. Кроме того, бурение широко применяется при гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях и т.д.

Краткие сведения о физико-механических свойствах горных пород

Горные породы – объект воздействия буровых процессов. Ст физико-механических свойств проходимых скважиной пород зависит

выбор способа бурения, вида породоразрушающего инструмента и его режимных параметров, способов крепления стенок скважины. Все это, в конечном счете, оказывает влияние на технико-экономические и качественные показатели буровых разведочных работ.

К физико-механическим свойствам относятся механическая прочность и, в частности, твердость, упругость и пластичность, анизотропия механических свойств, абразивность, устойчивость пород в стенках скважины.

При конструировании скважины приходится учитывать устойчивость горных пород в стенках скважины, а при определении способа бурения, типа породоразрушающих инструментов и режимных параметров забойного процесса необходимо знать твердость породы, абразивность, трещиноватость и структуру горных пород.

Под твердостью понимают сопротивление породы вдавливанию в нее резца породоразрушающего инструмента. А б р а з и в н о с т ь — способность породы интенсивно изнашивать породоразрушающий инструмент. Все горные породы по величине скорости бурения (по проходке скважины за 1 ч чистого бурения) делятся на 12 категорий буримости.

Устойчивость и твердость горных пород в значительной мере зависят от механической прочности горных пород, определяемой силами связи между составляющими их частицами.

Применительно к бурению по степени связности частиц породы делятся на три группы: скальные, связные и сыпучие.

С к а л ь н ы е породы весьма разнообразны по прочности, многие из них обладают значительными силами сцепления. Стенки скважины в таких породах устойчивы и не требуют крепления трубами, за исключением разрушенных зон. Породы могут быть очень абразивными. Скорость бурения в скальных породах различна и зависит от твердости пород. Твердость скальных пород, определенная вдавливанием в них плоского штампа, изменяется от 500 до 10000 МПа и более.

Скальные породы относятся к породам У-ХІІ категорий буримости. В породах ХІІ категории скорость бурения относительно низкая — 0,05-0,1 м/ч; в породах же У категории — 4,0-5,0 м/ч.

Указанные породы бурят алмазными и твердосплавными коронками и шарошечными долотами.

К с в я з н ы м относятся глинистые породы. Силы сцепления в них значительно меньше, чем в скальных, они легко бурятся. При бурении этих пород с промывкой глинистыми растворами стенки скважины устойчивы, а после проходки, в случае необходимости, стенки могут закрепляться обсадными трубами. Скорость бурения в породах высокая. Породы пластичны и малоабразивны. Бурят породы в основном инструментом режущего типа: твердосплавными коронками и лопастными долотами.

К с ы п у ч и м относятся пески, гравий, галька и другие породы, у которых силы сцепления между частицами практически отсутствуют. В таких породах стенки скважины неустойчивы, поэтому они требуют искусственного крепления. Величина скорости бурения в этих породах различна. Песчаные породы успешно разбуривают лопастными долотами, а гравийно-галечные отложения — дробяще-скалывающим породоразрушающим инструментом — шарошечными долотами.

Классификация способов разрушения горных пород при бурении

Существуют механические и физические способы разрушения горных пород при бурении.

М е х а н и ч е с к и е способы — самые древние и распространенные. При бурении этими способами в горной породе создаются значительные местные напряжения, приводящие ее к разрушению, главным образом, за счет сжатия и скалывания.

Различают ударный, вращательный и ударно-вращательный способы бурения.

При у д а р н о м бурении порога разрушается под действием ударов, наносимых клинообразным инструментом — долотом. После каждого удара долото поворачивают на некоторый угол, чем обеспечивается последующий удар долота по новому месту выбоя, поэтому такой способ бурения называют еще удар-

но-поворотным. Число ударов долота в минуту при ударно-канатном бурении находится в пределах 40-60, а при бурении погружными гидро- и пневмоударниками достигает 2000.

При вращательном бурении порода разрушается режущими инструментами: долотами, твердосплавными и алмазными коронками. Режущие инструменты за один оборот снимают на забое некоторый слой породы. По форме забоя различают собственно вращательное, или бескерновое, и колонковое бурение. При колонковом бурении порода разрушается кольцевым породоразрушающим инструментом - коронкой, благодаря чему выбуривается ненарушенный столбик породы - керн, колонка. Отсюда и название колонковое бурение. Керн породы в настоящее время является основой геологической документации при разведке месторождений. Различают твердосплавное и алмазное колонковые бурения.

Вращательное глубокое бурение - это, главным образом, эксплуатационное бурение на нефть и газ. Оно делится на два вида: 1) собственно вращательное, или роторное, с приводным двигателем, устанавливаемым на поверхности; 2) бурение с забойными механизмами: турбобуром и электробуром.

При ударно-вращательном бурении на вращающийся инструмент: долото, коронку - накладывается динамическая ударная нагрузка за счет применения погружных гидро- и пневмоударников. Такое бурение более производительное.

Все перечисленные способы бурения имеют тот существенный недостаток, что при разрушении породы инструменты сами изнашиваются, поэтому ведутся поиски бездолотных, физических способов бурения. К ним относятся термическое, взрывное, гидравлическое, гидродинамическое, кавитационное и электроимпульсное бурение. Однако в настоящее время ни один из указанных способов еще до конца не разработан и не внедрен в геолого-разведочную практику.

При поисках и разведке месторождений полезных ископаемых скважины используют для разных целей и в различных условиях,

что обусловило применение разнообразных видов бурения, основными из которых являются: 1) неглубокое бурение, 2) колонковое бурение, 3) глубокое вращательное бурение; 4) ударно-механическое бурение. Со всеми этими видами бурения инженерам-геофизикам приходится в той или иной степени встречаться в своей практической деятельности.

Глава I. НЕГЛУБОКОЕ БУРЕНИЕ

Неглубокие скважины широко применяют при геологической и геохимической съемках, при геофизических работах (гамма-гамма-

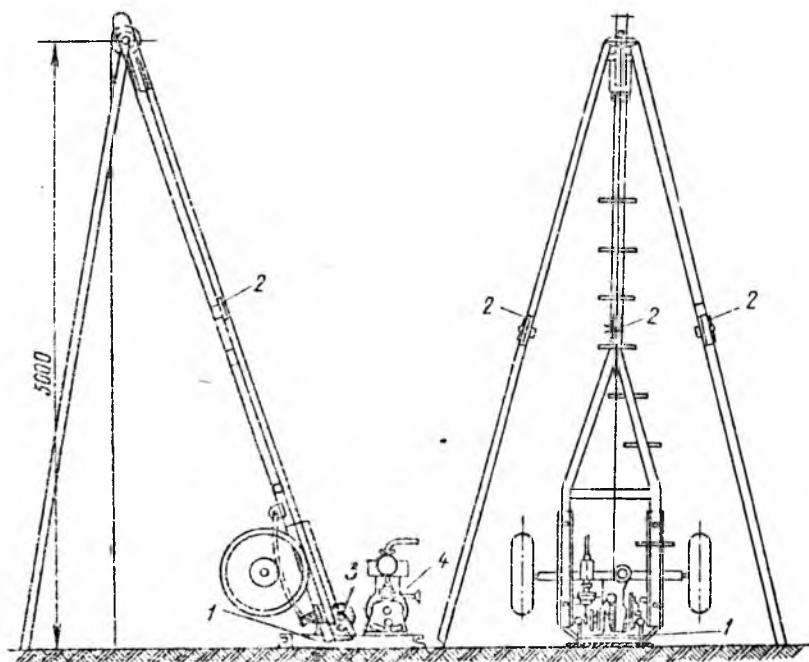


Рис.1. Общий вид установки БУКС

1 — рамная станка; 2 — трубчатая тренога; 3 — фрикционная лебедка;
4 — двигатель

каротаже, сейсморазведке и т.д.) и при инженерно-геологических изысканиях. Глубина таких скважин не превышает 20,0-40,0 м, их проходят обычно в малопрочных породах без промывки. Для сооружения неглубоких скважин применяют ударное, вращательное и комбинированное бурение, а также бурение с уплотнением проходных пород: вибробурение, задавливание и винтобурение.

Ударно-механическое бурение осуществляется установками, состоящими из фрикционной лебедки, позволяющей включать и выключать барабан, не останавливая вала лебедки, а также приводного двигателя и махты. Наиболее распространенной является установка БУКС-МГТ, рассчитанная на глубину бурения 30 м при диаметре 168 мм. Все узлы этой установки смонтированы на одноосном прицепе, дило которого вместе с прицепом образует треногую вышку (рис. 1).

Для разрушения горных пород при ударном бурении применяют различные долота (рис.2). Для увеличения силы удара в буровой снаряд входит ударная штанга (рис.3), которая соединяется с

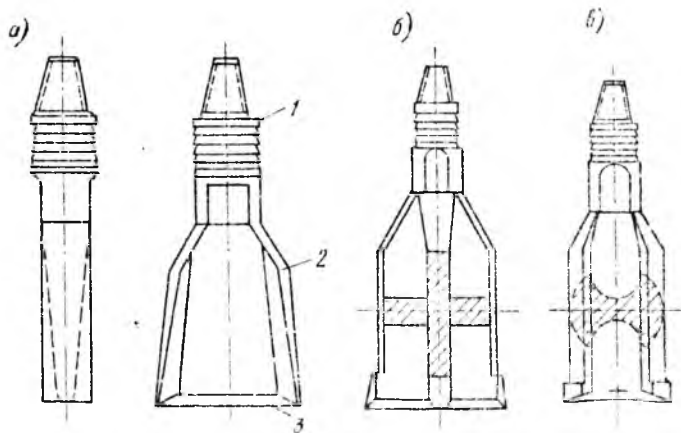


Рис.2. Долота для ударного бурения: а - двуставровое;
 б - крестовое; в - скрушающее
 1 - головка с ребром; 2 - корпус; 3 - штанга



Рис.3. Ударная штанга

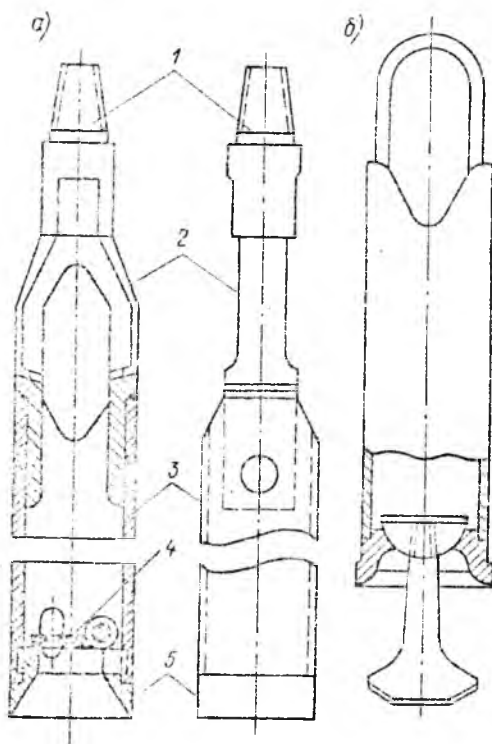


Рис.4. Желонки с клапаном: а - плоским; б - полусферическим
1 - резьба; 2 - вилка; 3 - корпус; 4 - клапан; 5 - башмак

канатом канатным замком. При очистке забоя от шлама горных пород применяют желонки (рис.4).

Процесс бурения заключается в том, что бурильщик, включая барабан, поднимает снаряд на 1,0-1,5 м и затем сбрасывает его на забой путем отключения барабана от приводного вала. Разрушенная порода извлекается из скважины желонкой.

Вращательное шнековое бурение

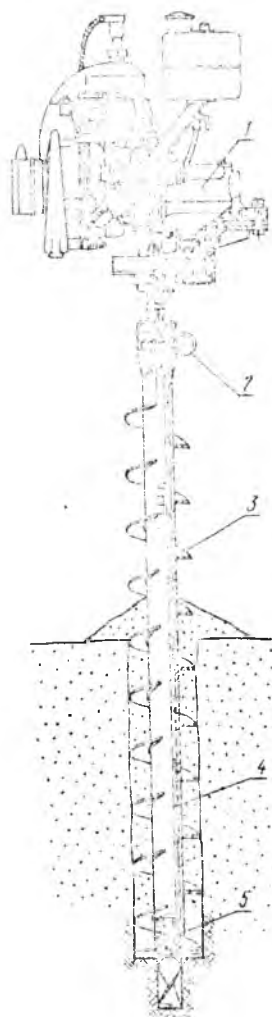


Рис.5. Мотобур Д-1

- 1 — редуктор; 2 — замок;
3 — стальная труба; 4 — лезвие;
5 — долото

Этот вид бурения широко применяется при геофизических работах: гамма-гамма-каротаже, газосъемке, сейсморазведке и т.д., особенно в безводных районах. Буровой снаряд состоит из ступенчатого долота и шнеков. Шнек — это один из видов транспортеров, при бурении он транспортирует выбуренную долотом породу на поверхность. Шнек представляет собой массивный стержень, вокруг которого навита стальная лента. По этой ленте, как по резьбе (если считать выбуренную породу за гайку, а шнек за винт), движется с забоя на поверхность выбуренная порода. Шнеки имеют длину 1,5-1,8 м и соединяются между собой штыревыми и резьбовыми замками. Диаметры шнеков изменяются от 62 до 400-500 мм. Глубина бурения не превышает 80 м.

Буровые установки для шнекового бурения различны: от легких переносных мотобуров до тяжелых установок, смонтированных на шасси автомашин или трактора. Отличительной особенностью установок является подвижный вращатель, величина осевого перемещения которого равна длине одного или двух шнеков. Кроме вращателя в состав буровой установки входят лебелка и

мачта. Приводом установки обычно является двигатель автомашин. Наибольшим распространением пользуется установка УШБ-16.

Мотобур М-1 рассчитан для проходки скважин глубиной до 10 м при диаметре 63 мм (рис.5). Мощность двигателя этой установки 3 кВт. К концу вала двигателя через редуктор присоединяется шнековая колонна.

Технология шнекового бурения сводится к подбору оптимального сочетания осевой нагрузки на забой и частоты вращения шнека. Обычно осевая нагрузка равна 4000-5000 Н, а частота вращения 100-200 об./мин. Шнековое бурение — одно из наиболее производительных.

Вибробурение, статическое вдавливание грунтоносов и винтобурение

В и б р о б у р е н и е основано на использовании инфразвуковых колебаний, создаваемых специальными механизмами — вибраторами.

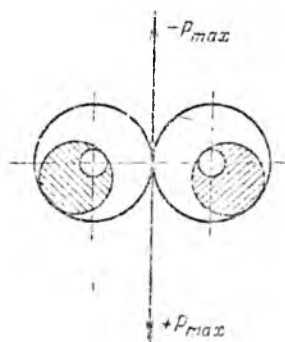


Рис.6. Схема действия двублочного вибратора

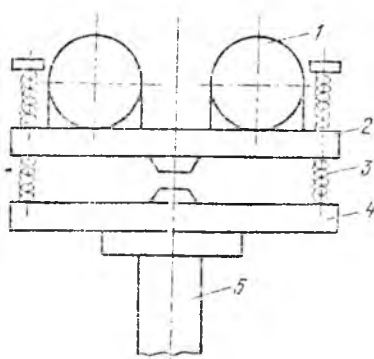


Рис.7. Схема действия вибромоты

1 — электродвигатель с дебалансом; 2 — ударная плоть (вибромолот); 3 — пружина; 4 — направляющая; 5 — буровые трубы

Одинаковой массы эксцентрики - дебалансы (рис.6) - вращаются с одинаковой частотой в противоположные стороны. Из схемы (см. рис.6) видно, что вертикальные силы направлены только вверх или вниз, результирующая сила равна их сумме. Она и создает вертикальное колебание корпуса вибромеханизма, с которым связана колонна бурильных труб и вибронд.

Различают два вида виброустановок: собственно вибраторы и вибромолоты. В первом случае вибронд через бурильные трубы жестко соединяется с корпусом вибратора и вместе с ним перемещается вверх и вниз, погружаясь при этом в породу. Погружение идет за счет силы веса установки, поскольку порода под действием вибрации (частота вращения 1800-2000 об./мин) в тонком слое, граничащим с виброндом, приобретает текучесть.

Вибромолот действует по принципу молот - наковальня (рис.7). В этом случае вибронд забивается в породу. Основными узлами виброустановок являются вибратор, лебедка, мачта, двигатель, генератор для освещения. Глубина вибробурения не превышает 20-30 м при диаметре зондов 62-150 мм. Вибронд представляет собой трубу с заостренным башмаком, соединяющуюся с бурильными трубами через переходник. В слабо связных породах применяют виброжелонку. При бурении виброустановками амплитуда колебаний бурового снаряда поддерживается в пределах 0,20-0,45 см.

Вибробурение применяется при разведке шельфов, при инженерно-геологических исследованиях.

Буровая установка, работающая по принципу статического вдавливания грунтоносов в породу, предназначена для поисков редких элементов с одновременным применением гамма-гамма-каротажа. Она обычно смонтирована на гусеничном ходу. Среди известных отметим установку СУП-19. Она рассчитана на бурение на глубину 24 м при диаметре 62 мм. Грунтоносы или стаканы вдавливают гидравлическими домкратами, приводимыми в действие насосами МШ-608. Установка весьма производительна - до 800 м за восьмичасовую смену при глубине бурения 8 м.

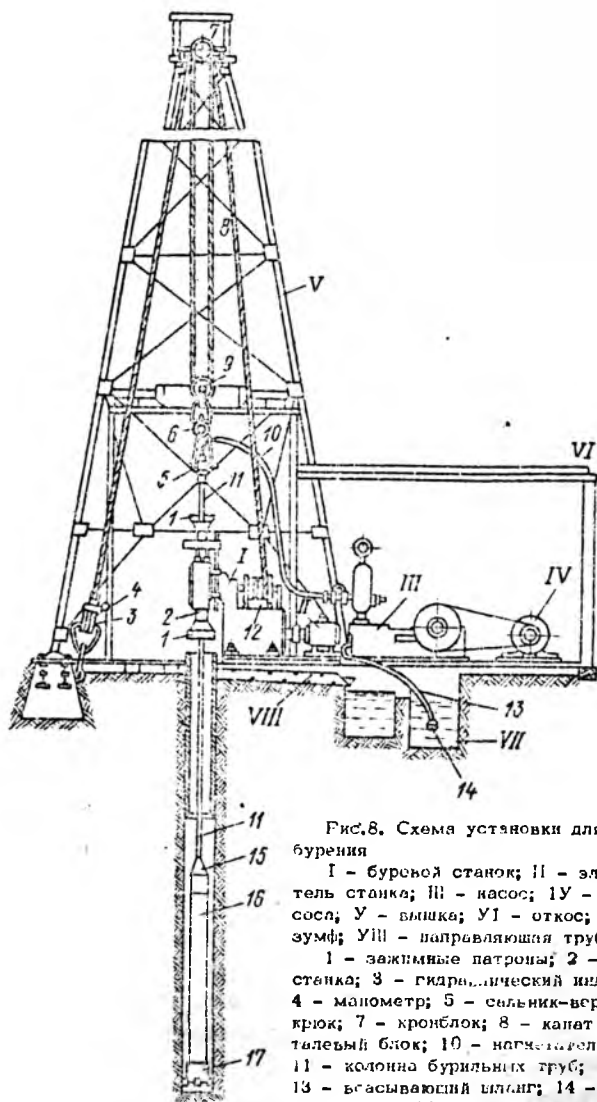


Рис.8. Схема установки для колонкового бурения

I - буровой станок; II - электродвигатель станка; III - насос; IV - двигатель насоса; V - вышка; VI - откос; VII - приемный зумф; VIII - направляющая труба

1 - зажимные патроны; 2 - вращатель станка; 3 - гидравлический индикатор веса; 4 - манометр; 5 - сильник-вертушка; 6 - крюк; 7 - кронблок; 8 - канат талевый; 9 - талевый блок; 10 - нагнетательный шланг; 11 - колонна буровых труб; 12 - лебедка; 13 - всасывающий шланг; 14 - хвосток; 15 - переходник; 16 - колонковая труба; 17 - породоразрушающий инструмент

В ВИРГе разработана установка в и н т о б у р е н и я, основой которой является винтовой бур. При вращении винт заворачивается в породу. Образование ствола скважины происходит за счет уплотнения ее стенок. Поднимается буровой снаряд из скважины вращением в обратную сторону. Одновременно с бурением проводится гамма-гамма-каротаж. Монтируется установка на машине ГАЗ-69.

Глава II. КОЛОНКОВОЕ БУРЕНИЕ

Колонковое бурение – самое распространенное при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. Им выполняется 90% ежегодного разведочного бурения. В качестве породоразрушающих инструментов используют алмазные и твердосплавные цилиндрические коронки. Выше было отмечено, что получаемый при этом керн является основой геологической документации. Достоинство колонкового бурения особенно ярко проявляется при разведке твердых полезных ископаемых, когда проходят скважины небольшого диаметра. В настоящее время самый распространенный диаметр скважины при алмазном бурении 59 мм, намечается его снижение до 36-46 мм и даже до 26 мм. Колонковое бурение – это бурение универсальное, им проходят все встречающиеся в земной коре породы на большую (свыше 3000 м) глубину.

Для колонкового бурения применяют стационарные, передвижные и самоходные установки, рассчитанные на различную глубину бурения. Буровая установка состоит из бурового станка, насоса, двигателя, вышки или мачты и забойного оборудования и инструмента (рис.8).

Инструменты для колонкового бурения

Буровой снаряд состоит из колонкового набора и колонны бурильных труб (рис.9). В качестве породоразрушающих инструментов при бурении с отбором керна применяют алмазные и твердосплавные коронки, при бескерновом бурении – различные долота.

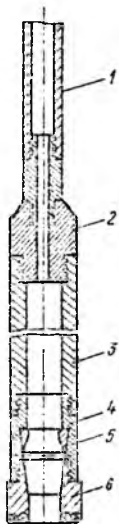


Рис.9. Колонко-
вый буровой сна-
ряд

1 - бурильные
трубы; 2 - пере-
ходник; 3 - колон-
ковая труба; 4 -
корпус вращатель-
ного устройства;
5 - пружина враще-
теля (вращательное
кольцо); 6 - ко-
ронка алмазная
или твердосплав-
ная

А л м а з н ы е к о р о н к и армируют техническими алмазами типа борт. Алмаз - самый твердый минерал на Земле. По абсолютной шкале Зеебаха твердость алмаза выше твердости корунда в 140 раз, топаза - в 823 раза. Единицей измерения алмаза является метрический карат - 200 мг. В настоящее время для армирования коронок применяют мелкие алмазы - от 10 до 1200 шт. и более на карат. Лучшие алмазы имеют октаэдрическую форму.

Алмазная коронка состоит из стального корпуса (короночного кольца), имеющего в верхней части наружную резьбу для соединения с алмазным расширителем или колонковой трубой, а внутри конусную выточку, в которую входит вращательное кольцо для отрыва керна; внизу - алмазодержащую часть - матрицу. Матрица изготовляется методом порошковой металлургии из твердых сплавов, меди и различных добавок. Твердость матрицы по Роквеллу, шкала C, колеблется от 10,0 до 60,0.

Различают однослойные, многослойные (два-три слоя) и импрегнированные коронки. В однослойных коронках алмазы в торце матрицы располагают в один слой по определенным трафаретам, а в импрегнированных - более мелкие зерна алмазов равномерно перемешивают с шихтой и спекают.

Различают алмазы объемные, которые располагаются на торце коронки, и подрезные, закрепляемые на боковых поверхностях матрицы коронки. Коронки имеют промывочные окна.

Для бескернового бурения применяют долота режущего типа (рис.10,а), шарошечные (рис.10,б) и алмазные (рис.10,в).

Для армирования т в е р д о с п л а в н ы х к о р о н о к применяют режцы из твердых сплавов, состоящих из карбида вольфрама и кобальта. Последний цементирует зерна пер-

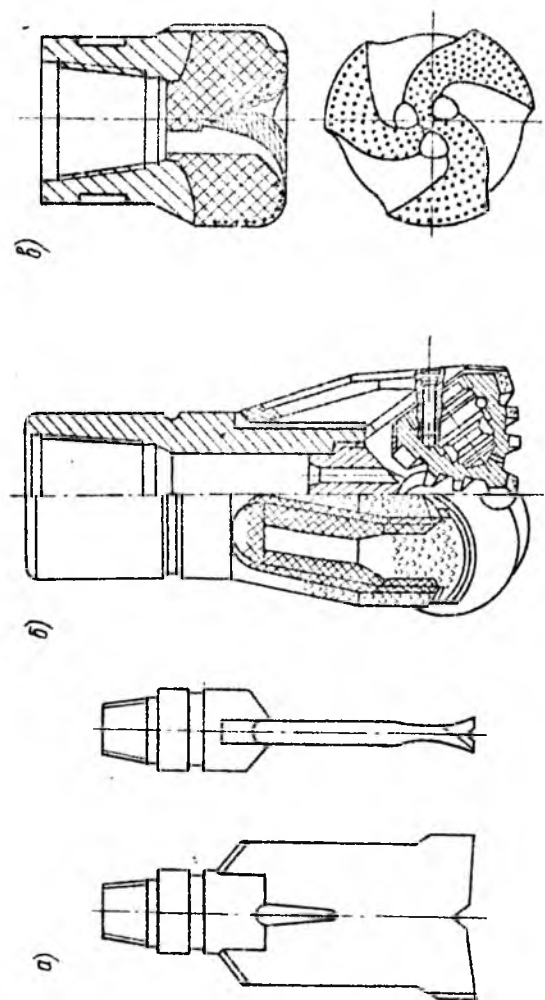


Рис.10. Долота для вращательного бурения: а - двухлопастные РХ (с верхней и нижней промывкой); б - шарошечное; в - алмазное

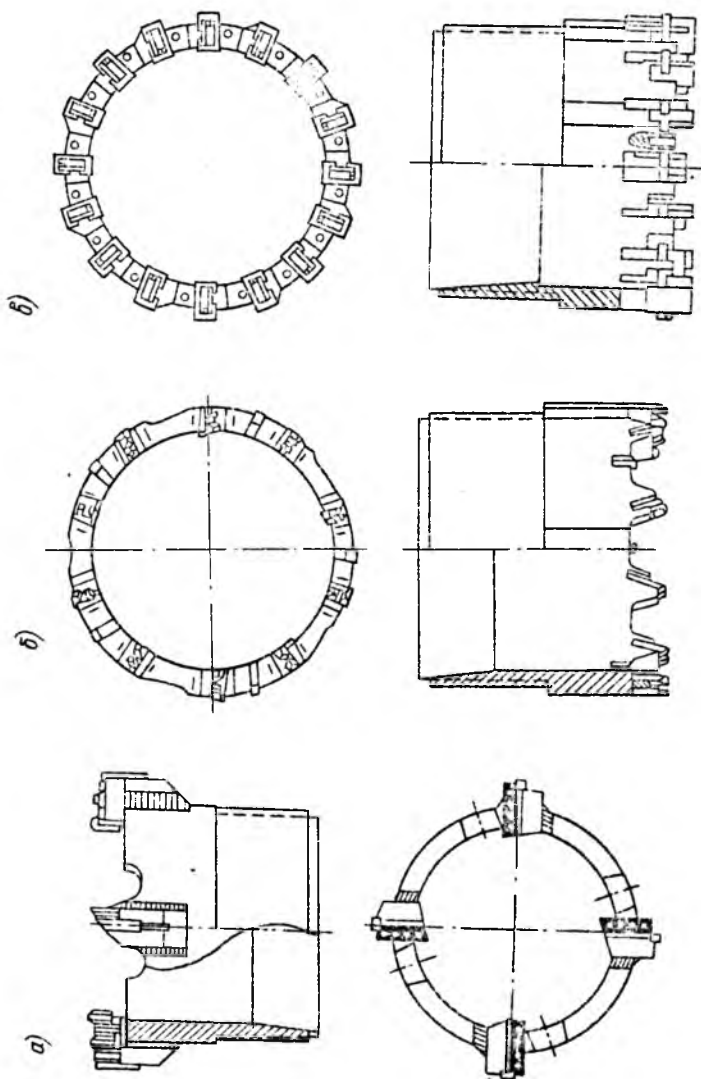


Рис.12. Твердосплавные коронки: а - ребристая; б - резцовая; в - самозатачивающаяся

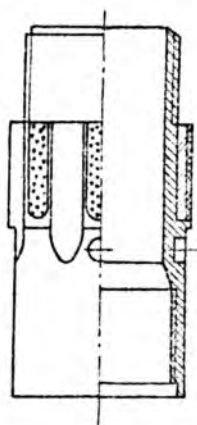


Рис. 13. Алмазный расширитель

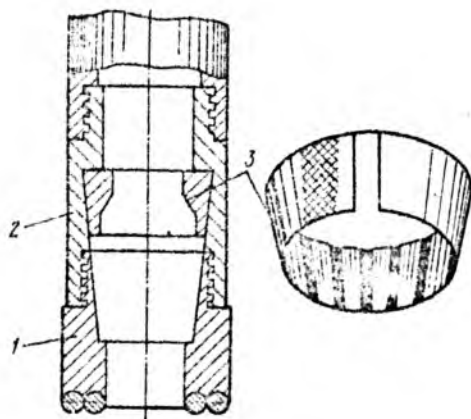


Рис. 14. Рвательное устройство
1 - коронка; 2 - рвательный корпус; 3 - рвательная пружина

предназначены для бурения пород средней твердости, абразивных и трещиноватых.

К о л о н к о в ы й н а б о р для алмазного бурения состоит из коронки с рвательным кольцом, алмазного расширителя (он же рвательный корпус), колонковой трубы и переходника от колонковой трубы на бурильные трубы (см. рис. 9). Алмазный расширитель (рис. 13) служит для сохранения диаметра скважины при потере диаметра алмазной коронки. Отрыв керна для подъема его на поверхность производят с помощью рвательного устройства (рис. 14).

Колонковая труба служит для приема выбуренного керна и придания жесткости низу бурового аппарата. Длина колонковых труб 0,5; 1,5; 2,0; 4,5 м; толщина стенок 3,75-4,5 мм. Различают одинарные колонковые трубы и двойные, которые применяются для повышения выхода керна. В таких трубах керн вхо-

Размеры алмазных и твердосплавных коронок (в резцах)
и колонковых труб, мм

Коронка		Колонковая труба	
Наружный диаметр	Толщина стенок	Наружный диаметр	Толщина стенок
151	12	146	4,5
132	12	127	4,5
112	10	108	4,25
93	10	89	4,0
76	8	73	3,75
59	7,5	57	3,75
46	7,5	44	3,8
36	7,5	34	3,5
26	6	24	3,5

дит во внутреннюю трубу, а промывочная жидкость движется в кольцевом зазоре между наружной и внутренней трубами, не касаясь и не размывая керн в слабоустойчивых породах.

Колонковые трубы по диаметру, как правило, больше бурильных труб (см. таблицу), поэтому для их соединения применяют переходники.

Б у р и л ь н ы е т р у б ы являются самым ответственным звеном бурового снаряда. Они передают вращение долоту (коронке), осевую нагрузку на коронку и подводят промывочную жидкость на забой. При работе бурильные трубы испытывают ряд напряжений: кручения, растяжения, сжатия и др., Их изготавливают из цельнотянутых трубных заготовок высококачественных сталей марки 36Г2С, 40Х и легких сплавов марки Д-16Т и В-95.

Длина бурильных труб 3,0 и 4,5 м, частично - 0,5-1,5 м. Наружный диаметр труб 33; 42; 50; 54; 68 и 73 мм; толщина стенок 4-4,5 и 5 мм.

Различают бурильные трубы напильного и муфтового соединения. В первом случае высаженные концы имеют внутреннюю ленточ-

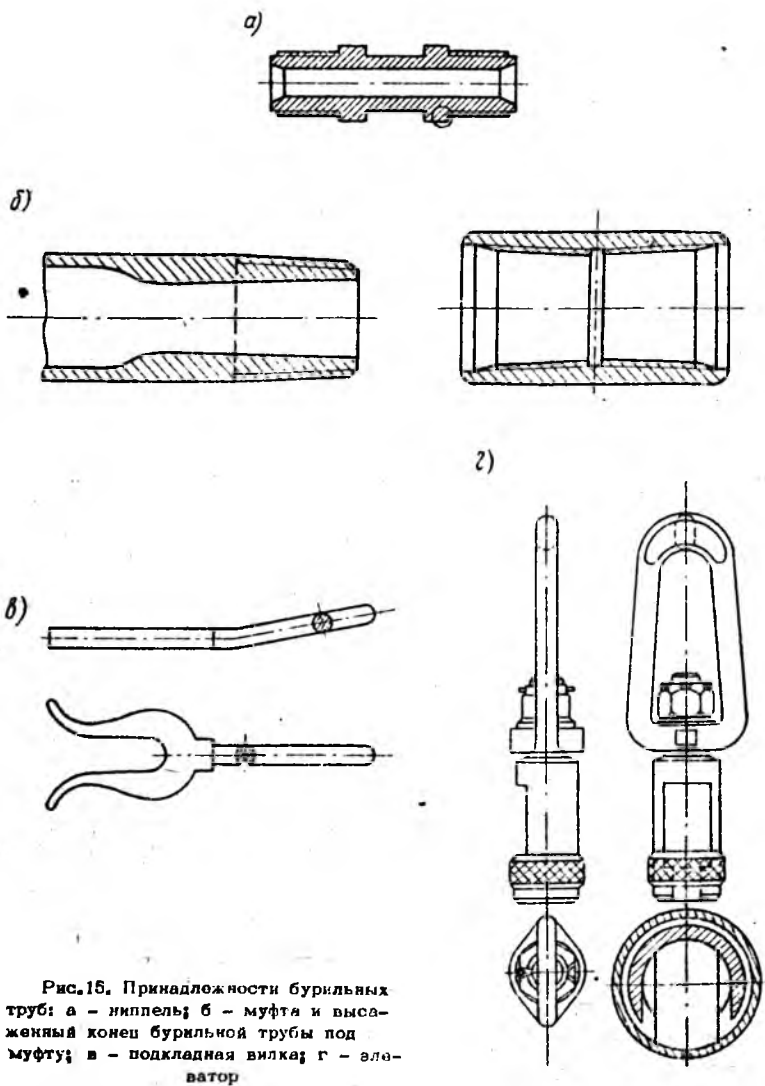


Рис. 16. Принадлежности буровых труб: а - nipple; б - муфта и высаженный конец буровой трубы под муфту; в - подкладная вилка; г - электродвигатель

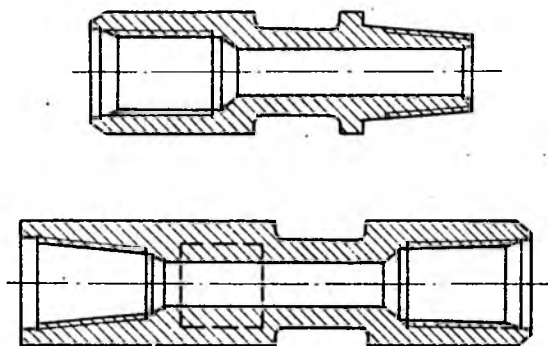


Рис.16. Замок для бурильных труб

няются трубы между собой муфтами (рис.15,б). При спусках и подъемах бурового снаряда трубы свинчиваются и навинчиваются партиями, состоящими из двух-четырех труб. Партии называются свечами и соединяются между собой замками (рис.16).

Замок состоит из двух частей, которые соединяются между собой конусной резьбой, что сокращает время на свинчивание свечей. Верхняя часть замка имеет один горизонтальный вырез под ключ типа подкладной вилки, а нижняя часть замка - два выреза: нижний под подкладную вилку (см.рис.15,в), а верхний - под элеватор (рис.15,г). Для свинчивания гладкоотвольных труб используют шарнирные ключи (рис.17).

Ниппельные трубы имеют одинаковый наружный диаметр по всей длине и применяются при алмазном бурении, когда для борьбы с вибрацией необходимо диаметр бурильных труб приблизить к диаметру скважины. Муфтовые трубы используются в тех случаях, когда высокая частота вращения бурового снаряда не требуется. Для механизации свинчивания и развинчивания свечей применяют механические развороты (рис.18).

Обсадные трубы используются для искусственного крепления скважин в неустойчивых породах или для изоля-

ную нарезку и соединяются между собой ниппелями - короткими патрубками, имеющими на обоих концах наружную нарезку (рис.15,а). Во втором - на обоих высаженных концах трубы имеется наружная остроугольная резьба, соеди-

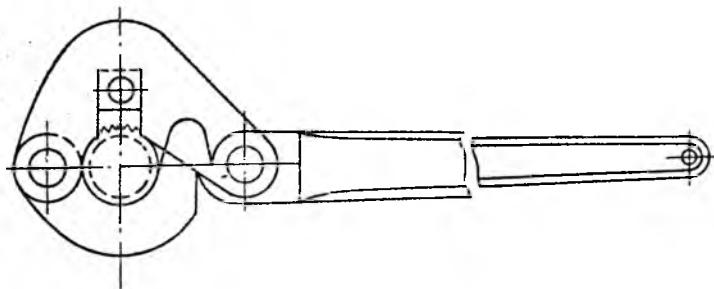


Рис.17. Шарнирный ключ

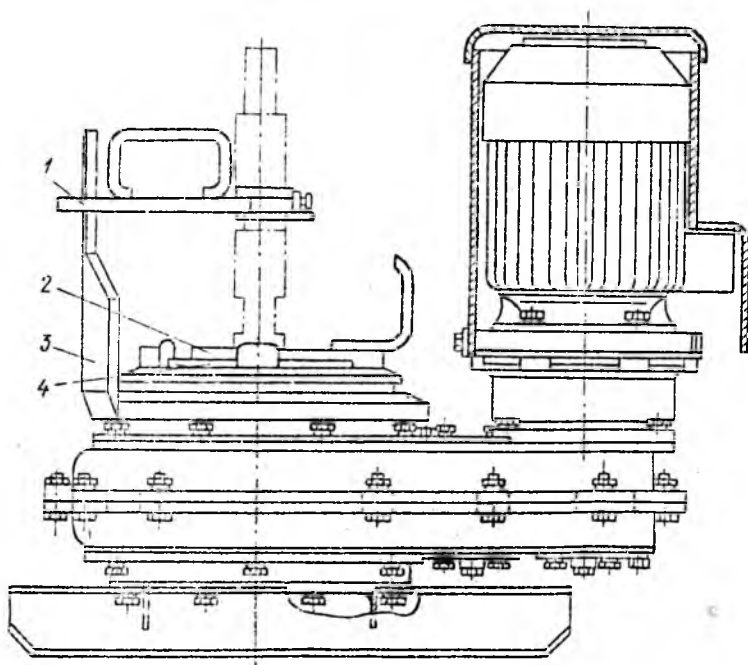


Рис.18. Трубоизгибатель РТ-1200

1 - воздушная вилка; 2 - подкладная вилка; 3 - волыло; 4 - шестерня

ции одного горизонта от другого. Размеры обсадных и колонковых труб одинаковы.

В целях сокращения времени на спуско-подъемные операции широко применяется с и с т е м а с ъ е м н о г о к е р н о п р и е м н и к а (ССК). Сущность работы ССК заключается в том, что бурение производится двойной колонковой трубой, а керн доставляется из скважины в съёмной внутренней керноприёмной трубе через колонну бурильных труб без подъёма последних. Подъём внутренней трубы осуществляется тросом и специальной лебедкой. Эта операция занимает значительно меньше времени, чем подъём бурового снаряда. Последний поднимают только для смены сработанной алмазной коронки, т.е. после проходки 40-60 м и более вместо 3-4 м при обычном бурении.

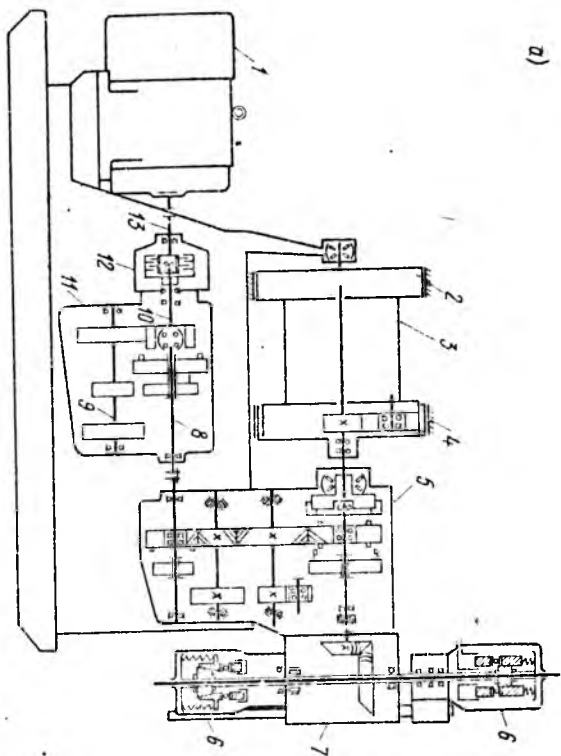
Колонна бурильных труб близка по диаметру к колонковой трубе, имеет гладкие наружные и внутренние поверхности, что обеспечивается способом соединения "труба в трубу", т.е. на одном конце каждая труба имеет наружную резьбу, а на другом - внутреннюю. Такое соединение обеспечивает свободный спуск и подъём керноприёмной трубы. После освобождения от керна керноприёмная труба опускается в колонну бурильных труб и потоком промывочной жидкости ставится на место.

Поверхностное оборудование

Поверхностное оборудование при колонковом бурении - это буровая установка, состоящая из бурового станка, насоса, двигателя, вышки или мачты и бурового здания для утепления и защиты от неблагоприятных воздействий атмосферы. Установки выпускаются разных типов (стационарные, передвижные и самоходные) и рассчитаны на бурение скважин различной глубины.

Б у р о в о й с т а н о к - основа буровой установки. При колонковом бурении с помощью станка вращается коронка (долото), регулируется осевая нагрузка на забой и выполняются спуско-подъемные операции, поэтому каждый буровой станок имеет вращатель, лебедку и механизм подачи и регулировки осевой на-

a)



б)

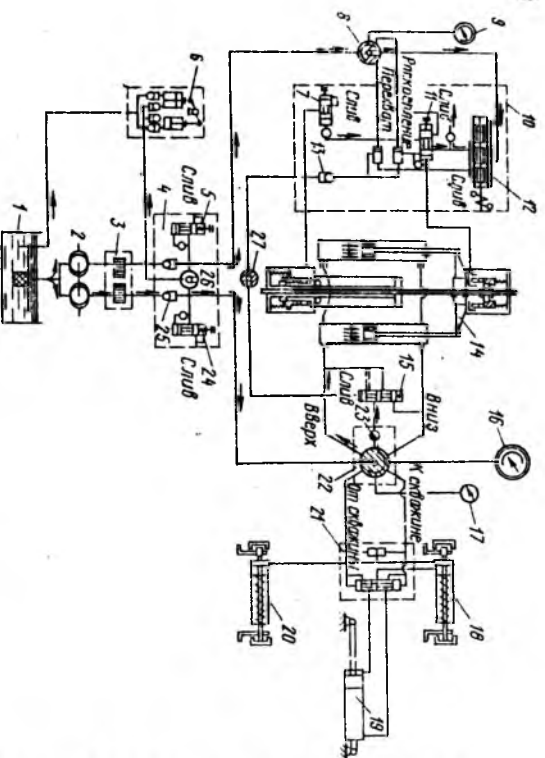


Рис. 18. Буровой станок
СБА-500:

а - кинематическая схема
1 - электродвигатель; 2,
4 - тормозные шкивы; 3 - ба-
рабан лебедки; 5 - передача
вращателю и лебедке; 6 - гид-
равлические зажимные патро-
ны; 7 - вращатель; 8-10 - ко-
робки передач; 11 - корпус
коробки скоростей; 12 - глав-
ный фрикцион; 13 - телескопи-
ческий карданный вал;

б - схема гидравлической
поддачи

1 - масляный бак; 2 -
масляный паровый насос;
3 - блок фильтра; 4 - плита
с приборами; 5, 7, 11, 12, 24 -
золотники; 6 - ручной насос;
8 - распределитель; 9 - ма-
нометр; 10 - распределитель-
ная плита с приборами; 13,
25 - обратные клапаны; 14 -
вращатель; 15 - золотники
быстрого подъема; 16 - ука-
затель давления на забой;

17 - манометр; 18 - правый цилиндр захвата; 19 - левый цилиндр
захвата; 21 - распределитель; 22 - прибор управления; 23 - дроссель; 26 - распределитель ручного
насоса; 27 - переключатель

грузки на забой. Для изменения частоты вращения лебедки и вращателя станки снабжены коробкой скоростей. Каждая установка рассчитана на бурение алмазными и твердосплавными коронками.

Буровые станки классифицируются по системе подачи. Различают гидравлическую и дифференциальную системы подачи. В роторных станках специального узла подачи нет, и осевая нагрузка регулируется с лебедки.

В нашей стране наиболее распространены станки с гидравлической подачей: это станки СБА-500, ЗИФ-650М, ЗИФ-1200МР, УБ 500/800, УБ 800/1200, УБ 2000/3000, БСК-100.

В станке СБА-500 (рис.19) жидкость подается маслонасосом через маслопровод в верхнюю и нижнюю части гидравлических цилиндров. Подача регулируется дросселем и прибором гидроуправления. В случае выхода из строя маслонасоса для подъема коронки с забоя имеется ручной насос. Основными элементами вращателя являются две конические шестерни: вертикальная - ведущая и горизонтальная - ведомая. Последняя насажена на вертикальный пустотелый вал, который она приводит во вращение. Через пустотелый вал - шпиндель (поэтому колонковые станки часто называют "шпиндельными") проходит ведущая бурильная труба. На концах шпинделя закреплены зажимные патроны, с помощью которых бурильные трубы жестко соединяются со шпинделем. Вместе они могут вращаться и перемещаться вверх и вниз. В новейших моделях буровых станков ручные механические зажимные патроны заменены гидropатронами.

Станки БСК-100 не имеют вышки, спуско-подъемные операции при работе на них осуществляются гидросистемой. Станок СБА-500 выпускается в нескольких моделях: стационарным, самоходным, передвижным.

Лебедки всех буровых станков планетарного типа. Буровые станки снабжаются контрольно-измерительными приборами, показывающими или регистрирующими осевую нагрузку на забой, крутящий момент и т.д., расходомерами промывочной жидкости.

Самостоятельные бесшпиндельные (роторные) установки УТЕ-50М, АБ-100 и др. рассчитаны на бурение на глубину 100-150 м.

Техническая характеристика наиболее распространенных буровых станков и установок:

	СБА-500	ЗИФ-650М	ЗИФ-1200МР	УКБ4	УКБ5	УКБ7
Глубина бурения, м	500	800	2000	500	800	2000
Начальный диаметр, мм	151	200	200	200	200	230
Угол наклона, град	90-45	90-60	90-80	0-360	90-60	90-75
Частота вращения, об/мин	120-1015	87-800	75-600	160-1500	120-1500	80-1500
Грузоподъемность лебедки, т	2	3,5	5,5	3,2	5	12,5
Мощность привода, кВт	22	30	55	22	30	55
Производительность насоса, л/мин	30-267	250	350	250	250	350

Примечания. 1. УКБ являются установками нового параметрического ряда, имеющего восемь классов, которые охватывают глубину скважины от 25 до 3000 м. Цифровые индексы показывают класс станка.

2. Установка УКБ7 имеет бесступенчатое плавное регулирование частоты вращения шпинделя.

Колонковое бурение чаще ведется с промывкой водой или глинистым раствором, реже с продувкой воздухом, для чего применяют насосы и компрессоры.

Вода или раствор выносят с забоя продукты разрушения породы — шлам, охлаждают коронку (долото) и выполняют ряд других функций. Для своевременного выноса шлама восходящий поток должен обладать достаточной скоростью, а это зависит от производительности насоса. Для преодоления гидравлических сопротивлений в циркуляционной системе скважины насос должен развивать определенное рабочее давление. Необходимые при бурении производительность и давление обеспечивают поршневые насосы (рис. 20).

Для привода буровых установок используют двигатели: электромоторы и двигатели внутреннего сгорания (ДВС), чаще дизе-

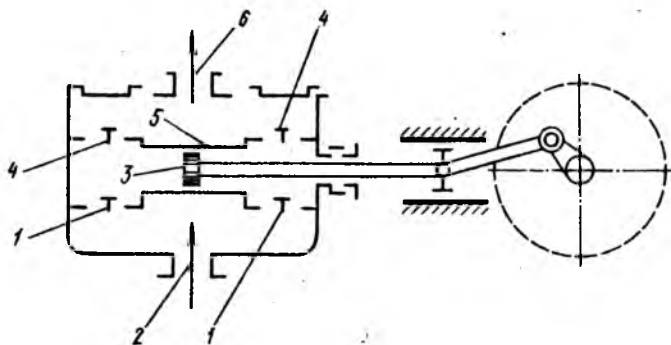


Рис.20. Кинематическая схема поршневого насоса

- 1 - всасывающие клапаны; 2 - всасывающее отверстие; 3 - поршень;
4 - нагнетательные клапаны; 5 - цилиндр; 6 - нагнетательное отверстие

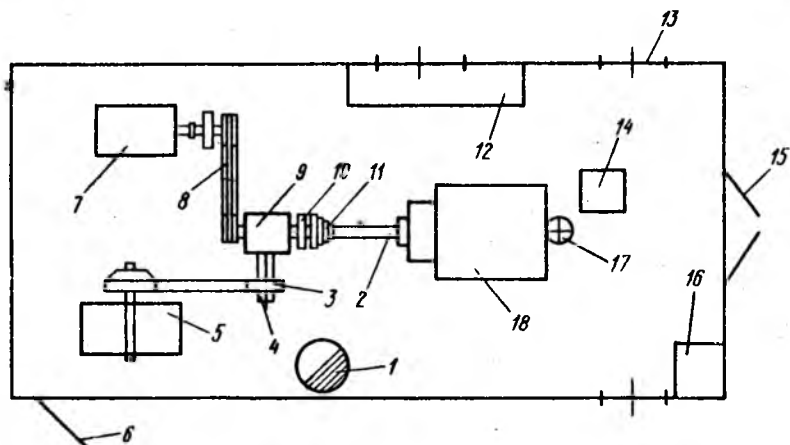


Рис.21. Схема расположения бурового агрегата с дизельным приводом в вышке

- 1 - печь; 2 - карданный вал; 3 - шкив для насоса; 4 - шкив для глиномешалки; 5 - насос; 6, 15 - двери; 7 - дизель; 8 - клиновые ремни; 9 - редуктор; 10 - шкив; 11 - шарнир; 12 - верстак; 13 - окна; 14 - подсвечник;
16 - стол; 17 - скважина; 18 - буровой станок

ли. Наиболее целесообразно применять электродвигатели. К охлаждению, электромотор - вторичный тип двигателя, и для его питания требуется электроэнергия, поэтому электромоторы применяют при наличии линии электропередачи (ЛЭП), в противном случае приходится на месте работ устанавливать передвижную дизельную электрическую станцию.

ДВС используют в тех случаях, когда это целесообразно по технико-экономическим расчетам, например, при большой разбросности буровых, при отсутствии ЛЭП.

Буровые вышки предназначены для обеспечения спуско-подъемных операций и защиты обслуживающего персонала и оборудования от неблагоприятных погодных условий.

Буровая вышка состоит из двух частей: собственно вышки - копра ("башенная вышка") или мачты и бурового здания, в котором размещаются станок, насос и двигатель (рис.21).

Наиболее распространены копры, представляющие собой усеченную пирамиду. Изготавливаются они из металла, реже - из дерева. Высота копров зависит от глубины скважины и обычно составляет 15; 18; 22; 24 и 26 м.

В последние годы "башенные вышки" вытесняются мачтами. Мачтами укомплектованы самоходные и передвижные установки. Широкое применение нашли передвижные установки, монтируемые на металлических саях вместе с мачтой и транспортируемые с точки на точку тракторами (рис.22). Начинают применять установки нового параметрического ряда УКБ.

Технология колонкового бурения

Бурение разведочных скважин складывается из ряда процессов - основных и вспомогательных, последовательных и параллельных. До начала бурения скважины составляется проект ее проходки. В первую очередь разрабатывается конструкция скважины. На основании конструкции выбирает вид бурения, типы породоразрушающих инструментов, буровую установку, буровой станок, насос, вышку или мачту, намечают технологию бурения,

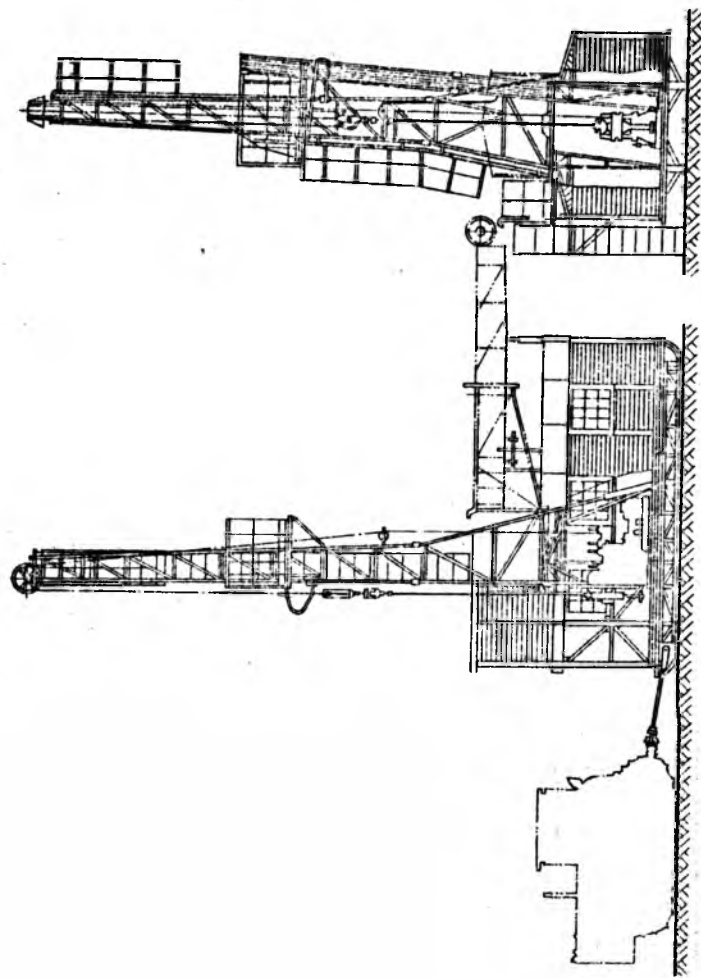


Рис. 22. Передвижная мачта



Рис.23. Кон-
струкция сква-
жины
 d_1 и l_1 - диа-
метр и длина
обсадной трубы;
 d_2 - диаметр
скважины без
крепления; l_2 -
полная глубина
скважины

составляют заявку на оборудование и материалы, которые заблаговременно доставляют на место работы. На месте заложения скважины подготавливают площадку и подъездные пути в соответствии с существующими положениями по охране природы.

Разработка конструкции начинается с определения минимально допустимого, но обеспечивающего нужное качество геологической документации конечного диаметра скважины. В настоящее время таковым является диаметр 59 мм, иногда 46 и 76 мм. Чем меньше диаметр скважины, тем меньше осложнений, материальных затрат и выше производительность труда.

В мировой практике принята одноколонная конструкция скважины. Верхние слабо устойчивые породы закрепляют трубами, а потом бурят скважину до проектной глубины коронками одного диаметра (рис.23). Затем составляют геолого-технический проект, в котором указывают литологические колонки, конструкцию скважины, тип породоразрушающего инструмента, режимные параметры, качество промывочного агента и др.

Технология алмазного бурения

Для алмазного бурения характерна высокая (более 1000 об./мин) частота вращения коронки. Установлено, что зависимость механической скорости от частоты вращения носит линейный характер, т.е. с увеличением частоты вращения пропорционально увеличивается и механическая скорость бурения. Под механической скоростью понимается проходка за 1 ч чистого бурения, т.е. проходка определяется без учета времени, затрачиваемого на вспомогательные работы. В настоящее время проектируется довести частоту вращения станков до 3000 об./мин.

Алмазы – хрупкий материал, поэтому принимают все меры предосторожности против их разрушения. Например, перед спуском алмазной коронки забуривают скважину твердосплавной коронкой. При этом забой скважины должен быть очищен от керна крестовым долотом.

Режимные параметры – частота вращения коронки, осевая нагрузка на забой, количество и качество промывки – общие для всех видов вращательного бурения.

Для алмазного бурения главным параметром является частота вращения; при работе стремятся использовать максимальную частоту вращения бурового станка. Снижают частоту вращения только при бурении трещиноватых и неоднородных пород. Для борьбы с вибрацией колонны бурильных труб при высокой частоте вращения диаметр колонны бурильных труб принимают близким к диаметру коронки. С этой же целью используют эмульсионные промывочные жидкости, антивибрационные смазки, легкосплавные бурильные трубы.

Осевую нагрузку определяют и устанавливают с учетом твердости разбуриваемой породы, чтобы обеспечить эффективное, объемное разрушение породы на забое. При низких удельных нагрузках возникает поверхностное разрушение, при котором механическая скорость бурения мала и возможно зашлифование алмазов, нарушающее нормальное проведение забойного процесса. Для однослойных алмазных коронок рекомендуется удельная нагрузка в пределах $(0,5-0,7)10^4 \text{ кН/м}^2$; для импрегнированных коронок при бурении в весьма крепких породах – до $1,5 \cdot 10^4 \text{ кН/м}^2$.

В качестве промывочного агента применяется вода в количестве 0,7 л/мин на 1 мм диаметра коронки.

Технология твердосплавного бурения

При твердосплавном бурении режимные параметры те же, только главным из них является осевая нагрузка. Осевая нагрузка на забой определяется из заданной удельной нагрузки на резец, которая для мелкорезцовых коронок составляет 0,4-0,5 кН, а для самозатачивающихся и ребристых – около 1,0-1,5 кН.

Частота вращения зависит от абразивности пород и составляет для абразивных пород 90–150 об./мин, а для неабразивных – 90–300 об./мин. В качестве промывки чаще применяют глинистые и иные растворы из расчета 0,8–1,2 л/мин на 1 мм диаметра коронки.

Проходка полезного ископаемого

Проходка – основная цель колонкового бурения. В крепких породах получение представительного керна не вызывает затруднений, в слабоустойчивых породах эта задача часто связана с большими трудностями. Для точного определения мощности рудного тела необходимо получить полный выход керна и своевременно определить момент вхождения коронки в толщу полезного ископаемого. Наличие электрокаротажа в процессе бурения весьма облегчило бы эту задачу. Чтобы своевременно отбить контакт тщательно следят за характером изменения цвета промывки, отбирают от нее образцы для анализа, тщательно контролируют скорость углубки. Изучив заранее свойства полезного ископаемого, выбирают для его проходки соответствующий тип породоразрушающего инструмента, двойной колонковой трубы, режимные параметры.

Обычно проходка полезного ископаемого осуществляется особой комиссией, состоящей из работников геологического и бурового цехов геологоразведочных партий и экспедиций. Комиссия составляет акт о проходке полезного ископаемого, где обязательно указывается глубина залегания полезного ископаемого, его мощность, линейный выход керна, его качества и др.

Ударно-вращательное бурение

Ударно-вращательное бурение осуществляется с помощью забойных гидро- и пневмоударников. Гидроударник приводится в действие промывочной жидкостью, закачиваемой в скважину насосом, пневмоударник – сжатым воздухом от компрессора. Гидро- и пневмоударники помещаются над колонковым набором, через который энергия удара передается коронке (долоту).

Различают низкочастотные и высокочастотные гидроударники. Первые применяются при твердосплавном бурении и достигают 1500 ударов в минуту, энергия единичного удара 70-80 Дж. Высокочастотные гидроударники типа ГВ-5, ГВ-9 используются при алмазном бурении, где они повышают механическую скорость и устраняют зашлифование алмазов; частота их ударов 3000 в минуту, энергия единичного удара 5-15 Дж.

Пневмоударники дают хорошие результаты при бурении в многолетнемерзлых породах. Объясняется это тем, что охлажденный воздух не растекает породы в стенках скважины.

Промывка скважины

При сооружении скважин, особенно при ее одноколонной конструкции, промывке уделяется исключительно большое внимание.

В начальной стадии внедрения вращательного бурения роль промывки сводилась к транспортировке с забоя на поверхность разрушенной породы и охлаждения породоразрушающего инструмента. В настоящее время назначение промывки значительно расширилось. Кроме отмеченного, она должна выполнять следующие функции: закреплять стенки скважины в слабоустойчивых породах в процессе бурения; параллельно с углубкой скважины изолировать один пласт пород от другого; предупреждать потери циркуляции; смазывать забойный инструмент; облегчать разрушение горных пород за счет добавки поверхностно-активных веществ; исключать выбросы нефти и газа - фонтанирование; устранять растекание стенок скважины или примерзание бурового снаряда при проходке скважин в устойчивых мерзлых породах, что достигается добавкой поваренной соли или хлористого кальция; устранять растворение (выщелачивание) керна и стенок скважин в соляных отложениях; гасить вибрации и др.

Для выполнения разнообразных функций используют большое количество специальных жидкостей различного назначения. Наряду с водой, применяют глинистые и безглинистые растворы, обрабатываемые различными химическими реагентами, соляные, поли-

мерные и эмульсионные растворы, пены, растворы на нефтяной основе, аэрированные жидкости и др. Успешно внедряется в практику бурения в качестве очистного агента сжатый воздух.

Из всех промывочных жидкостей широко распространен и с максимальным эффектом применяется глинистый раствор. Взаимодействуя с неустойчивыми породами стенок скважины, глинистый раствор придает им устойчивость за счет образования тонкой (1-1,5 мм) и плотной корки, препятствующей фильтрации раствора в породу. Корка поддерживается избыточным гидростатическим давлением раствора. Глинистый раствор обладает тиксотропией - свойством образовывать при прекращении циркуляции прочную пространственную структуру, т.е. переходить в гель. Тиксотропия (структурообразование) является важнейшим технологическим достоинством глинистого раствора, основанным на его коаглоидных свойствах. Тиксотропия раствора резко повышает его несущую способность. Раствор удерживает крупные (до 10-15 мм) куски шлама во время прекращения циркуляции и тем предотвращает зашламование бурового снаряда на забое. Структура раствора легко разрушается при пуске насоса; гель превращается в золь.

Необходимые в зависимости от условий работы качества глинистого раствора создаются обработкой его различными химическими реагентами. Своими исключительными качествами глинистый раствор обязан тому, что твердая фаза - глинистые частицы, взаимодействуя с жидкой фазой, адсорбирует на поверхности молекулы воды, образуя гидратную оболочку. Свойства глинистого раствора контролируются в процессе бурения с помощью приборов (рис.24).

Плотность нормального глинистого раствора равна 1,05-1,3 г/см³. Для борьбы с выбросами плотность раствора повышают до 2,5 г/см³ путем добавки к нему барита тонкого помола, реже - гематита; проверяется плотность ареометрами (рис.24,а).

Условная вязкость раствора - один из важнейших его параметров. Повышение значений вязкости полезно для увеличения выхода керна и снижения потерь циркуляции в крупнозернистых породах. Из-

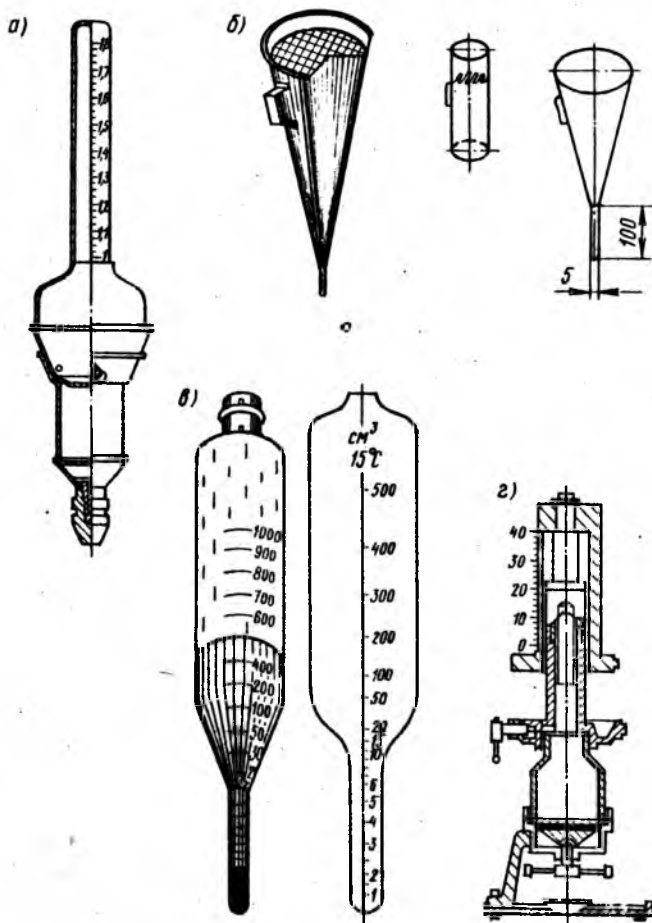
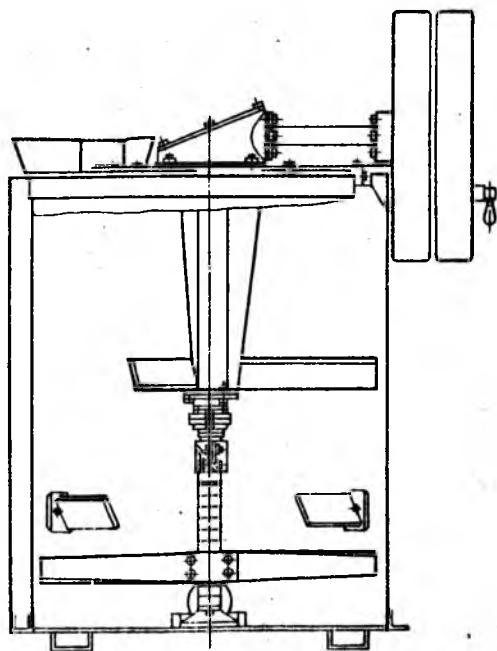


Рис.24. Приборы для контроля качества глинистого раствора:
а - ареометр АГ-2; б - вискозиметр СПВ-3; в - отстойник ОА-2;
г - прибор для определения водоотдачи ВМ-6

лишне высокая вязкость уменьшает наполнение насосов и затрудняет очистку растворов от шлама. Условную вязкость регулируют химическими реагентами и контролируют стандартными полевыми вискозиметрами (рис. 24, б).

На качестве раствора сказывается содержание песка. Большое количество песка создает угрозу зашламования бурового снаряда при случайной остановке насоса, вызывает повышенный износ насоса, бурового снаряда и т.д. Содержание песка в растворе определяют в отстойниках (рис. 24, в).

Коллоидальность проверяется отстоем в мерном стеклянном цилиндре емкостью 100 см³. Для нормальных растворов коллоидальность составляет 94-96%.



Приготовление глинистого раствора осуществляется непосредственно на буровой или на глинозаводе. Предпочтительнее пользоваться растворами с глинозаводов, которые оснащены необходимым лабораторным оборудованием. Наилучшим исходным материалом является бентонитовая глина; она легко распускается в воде и дает в глиномешалках высококачественный раствор (рис. 25).

Рис. 25. Вертикальная глиномешалка

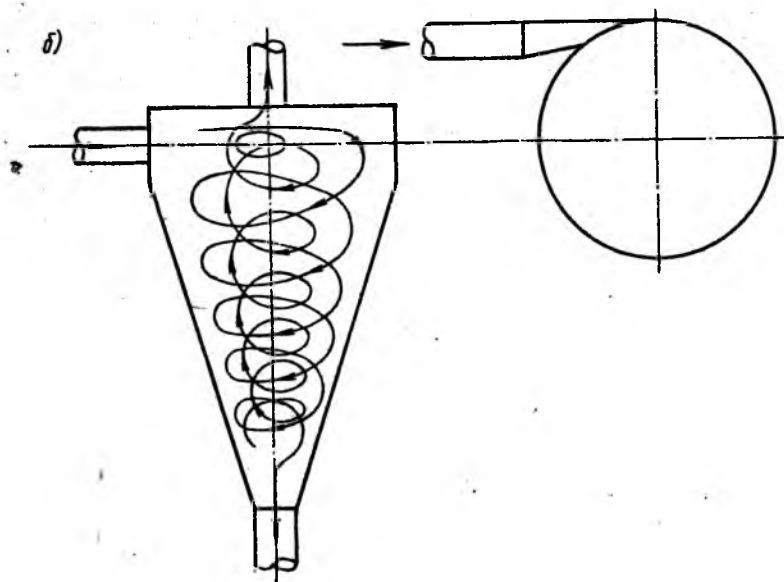
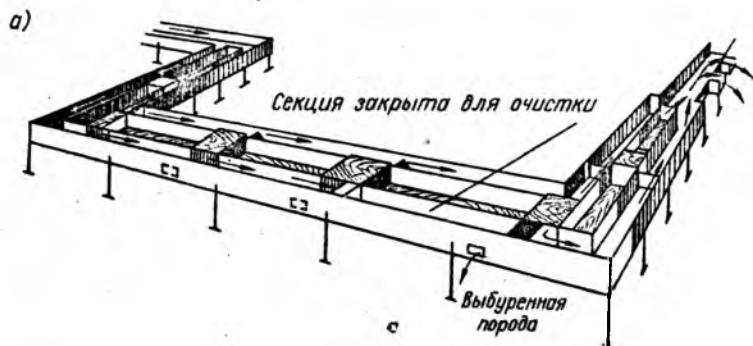


Рис.26. Очистные системы: а - двухрядная желобная система Линецкого; б - схема гидроциклона

Количество глины для приготовления I м³ раствора

$$P_r = \gamma_r \frac{\gamma_p - \gamma_b}{\gamma_r - \gamma_b},$$

где γ_r и γ_b — плотность соответственно глины и воды, т/м³;
 γ_p — заданная плотность раствора, т/м³.

Поскольку глинистый раствор циркулирует в замкнутой системе, при бурении его нужно непрерывно очищать от шлама (песка). По колонне буровых труб раствор насосом закачивается в скважину, из скважины попадает в очистную систему, затем в приемную емкость насоса и вновь в скважину.

Очистные системы бывают желобные (рис.26,а) и гидроциклонные (рис.26,б). В последней раствор получает вращательное движение; под действием центробежных сил частицы песка прижимаются к стенкам и сползают в отстойное устройство.

В последнее время для очистки раствора от шлама рекомендуют использовать глиномешалки, а в отдельных случаях — вибросита.

Аварии и ликвидация скважин

Хотя принимаются все меры к тому, чтобы бурение скважин проходило без осложнений и аварий, они все же случаются, поэтому в комплекте оборудования имеются аварийные инструменты, а буровые бригады обучают не только избегать аварии, но и их ликвидировать.

Аварии чаще всего бывают с бурильными трубами, с колонковыми наборами, обсадными трубами. Для ликвидации аварий применяют, главным образом, метчики и колокола.

При ликвидации скважин принимают меры по охране недр и, в первую очередь, по устранению обводнения рудного тела. С этой целью проводят ликвидационный тампонаж: ставят изоляционные цементные пробки, препятствующие попаданию воды в рудное тело. О ликвидации скважины составляют соответствующий акт.

Глава III. ГЛУБОКОЕ ВРАЩАТЕЛЬНОЕ БУРЕНИЕ

Глубокое вращательное бурение применяют, главным образом, для сооружения эксплуатационных скважин на нефть и газ, а также для проходки опорных, параметрических разведочных и разведочно-эксплуатационных скважин на воду. В настоящее время этим способом производится бурение сверхглубоких скважин (10-15 км и более) для изучения земной коры до мантии Земли. Эксплуатационные скважины проходят, главным образом, бескерновым способом и только частично с отбором керна.

Поверхностное оборудование (рис.27) одинаково для роторного и турбинного бурения и состоит из следующих узлов: вращателя (ротора), лебедки, двигателей, насосов или компрессоров, буровой вышки или мачты с талевой системой. Вращение колонны бурильных труб осуществляется ротором с помощью ведущей (рабочей) трубы, имеющей квадратное или шестигранное сечение. Подача долота ведется с лебедки.

При роторном бурении снаряд состоит из долота, утяжеленных бурильных труб (УБТ), бурильных труб, заканчивающихся ведущей рабочей трубой. При бурении турбобуром или электробуром в состав бурового снаряда входят долото, забойный двигатель, УБТ, бурильные и ведущая трубы.

Большие глубины и диаметры скважин (до 400-900 мм) определяют установленную мощность привода буровых установок, достигающую 3000-4000 кВт.

Породоразрушающий инструмент

При бескерновом бурении горных пород применяют долота различных типов: режущего РХ (см.рис.10,а), шарошечные (рис.10,б), алмазные (рис.10,в); для отбора керна - колонковые, разрушающие породу по кольцу, режущего и дробящего типов. Долота РХ используют при бурении пород I-III категорий буримости, породы более высоких категорий проходят шарошечными и алмазными долотами. Шарошки вращаются вокруг своей оси и вокруг оси скважины

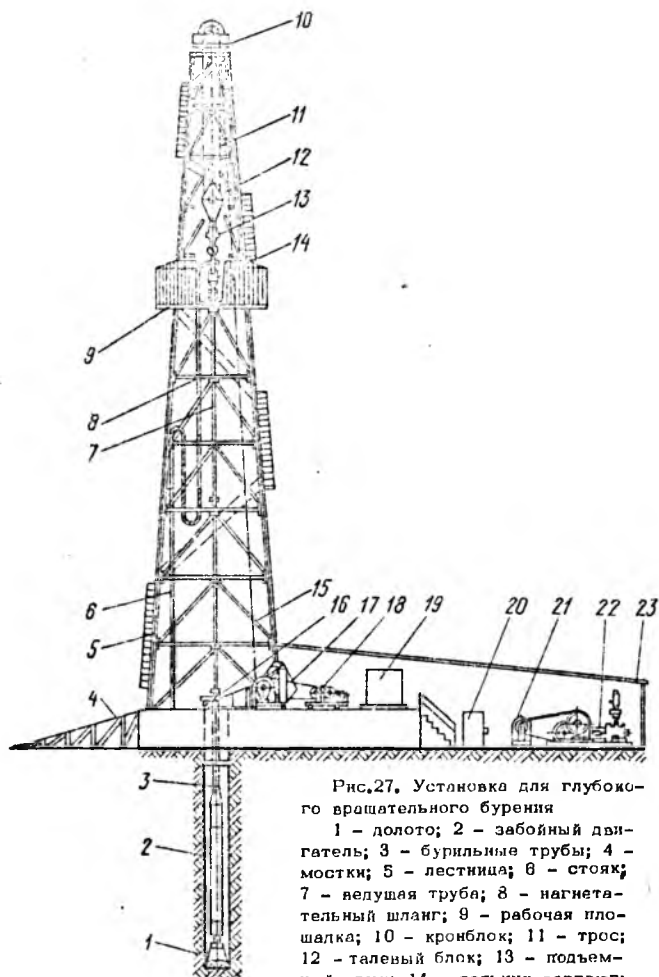


Рис. 27. Установка для глубокого вращательного бурения

1 - долото; 2 - забойный двигатель; 3 - буровые трубы; 4 - мостки; 5 - лестница; 6 - стояк; 7 - вдувная труба; 8 - нагнетательный шланг; 9 - рабочая площадка; 10 - кронблок; 11 - трос; 12 - талый блок; 13 - подъемный крюк; 14 - сальник-вертлюг; 15 - вышка; 16 - ротор; 17 - лебедка; 18 - двигатель; 19, 20 - пусковая аппаратура; 21 - двигатели для насоса; 22 - насосы; 23 - сарай-откос

и своими зубьями разрушают породу забоя. С учетом многообразия горных пород выпускают семь типов шарошечных долот: М (мягкие), МС, С, СТ, Т, ТК, К, отличающиеся формой и числом зубьев. В очень крепких породах применяют штыревые долота типа К, армированные твердосплавными штырями.

В целях снижения затрат времени на спуско-подъемные операции используют колонковые долота со съёмными керноприемниками. После заполнения керном керноприемники извлекают тросом внутри бурильных труб без подъема последних.

Выпускают долота следующих диаметров: 97-II2; II3-I32; I40-I45; I5I-I6I; I62-I90; I9I-2I4; 640-705 мм.

Бурильные трубы муфтового соединения служат для передачи вращения долоту, осевой нагрузки на забой, подвода промывочной жидкости на забой. Они изготавливаются из стали повышенного качества. Наряду со стальными трубами, успешно внедряют трубы из легких сплавов. Диаметр бурильных труб 60; 73; 89; I02; II4; I27; I46; I68 мм, толщина стенок от 7 до II мм. УБТ имеют наружные диаметры 95; I08; I46; I78; 203 мм и стенки толщиной до 50 мм.

Для крепления скважин применяют обсадные трубы, которые соединяются между собой муфтами. Толщина стенок таких труб от 7 до I4 мм, длина 4,5; 6,0; 8,0 м.

Бурильные и обсадные трубы имеют принадлежности для свинчивания и развинчивания, подъема и спуска и др.

Поверхностное оборудование

Ротор-вращатель (рис.28) служит для вращения бурового снаряда и состоит из станины, роторного стола и привода.

Лебедки применяют для спуско-подъемных операций, подачи долота на забой, вспомогательных работ (свинчивания и развинчивания обсадных и бурильных труб и т.д.). Лебедки различают по грузоподъемности и числу скоростей. При глубоком бурении используют четырех-, шести- и восьмискоростные лебедки

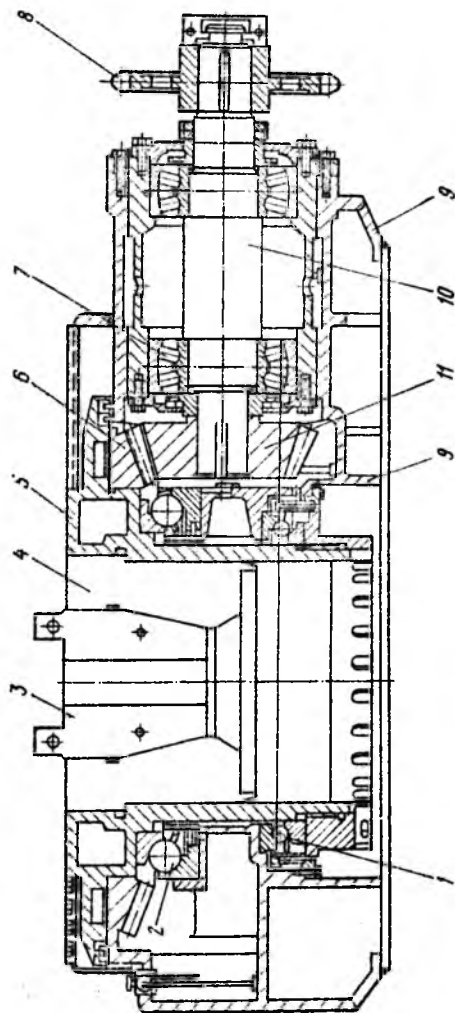


Рис.28. Ротор Р-580-Ш8

1, 2 - подшипники; 3 - разъемный вкладыш; 4 - кольцевой вкладыш; 5 - вращающийся стол;
6 - зубчатый венец; 7 - роликовые подшипники; 8 - конус; 9 - станина; 10 - вал;
11 - коническая шестерня

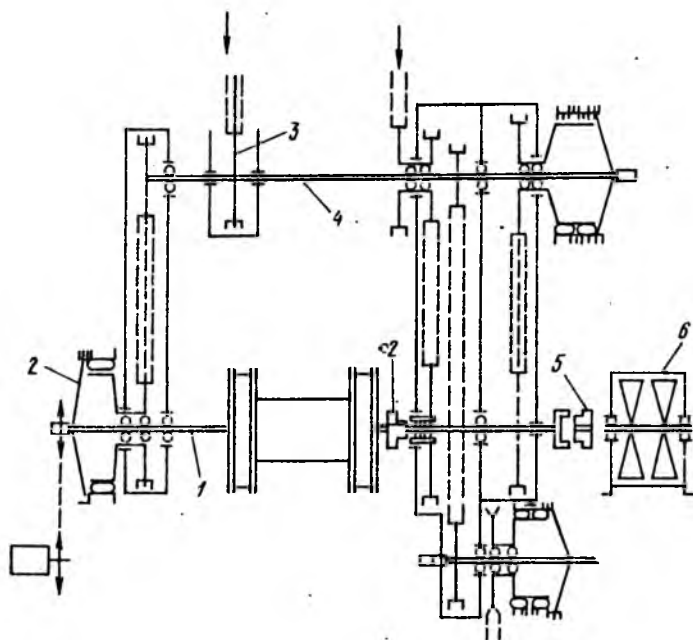


Рис.29. Кинематическая схема четырехскоростной лебедки У2-2-11
1 - подъемный вал; 2, 5 - кулачковые муфты; 3 - звездочки; 4 - трансмиссионный вал;
6 - гидравлический тормоз

(рис.29), грузоподъемность которых при талевой системе 75-300 т, мощность привода 350-600 кВт. Лебедки имеют ленточные и гидравлические тормоза и пневматическое управление.

Для глубокого бурения применяют поршневые насосы производительностью до 80 л/с при рабочем давлении от 3500 до 33300 МПа и мощности привода от 60 до 270 кВт. Промывочная жидкость подается насосом через стояк и нагнетательный шланг в сальник-вертлюг (рис.30), навинчиваемый на верхний конец ведущей трубы. Грузоподъемность вертлюгов 50; 75; 130; 160;

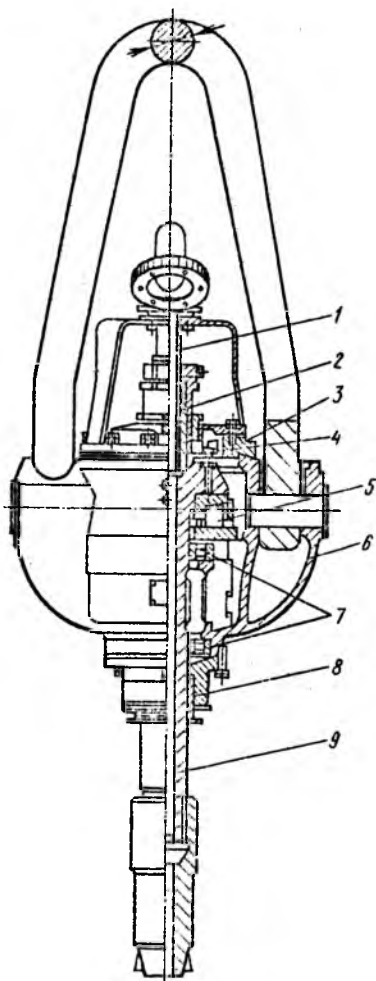


Рис.30. Сальник-вертлюг

1 - неврвращающийся ствол; 2 - втулка;
3, 8 - сальники; 4, 5 - шариковые подшип-
ники; 6 - подвижной корпус; 7 - радиаль-
ные подшипники; 9 - вращающийся ствол

300 т. Вертлюг подвешивает-
ся на крюк талевого блока.

Обычно мощность привода
двигателей при глубоком бу-
рении рассчитывают на вра-
щение бурового снаряда, а
мощность, недостающую на
спуско-подъемные операции,
компенсируют талевой систе-
мой, снижая скорость подъе-
ма.

Талевая система состоит
из кронблока, монтируемого
на верхней раме буровой выш-
ки, и талевого (подвижного)
блока, к которому прикреплен
подъемный крюк. Оба блока
соединены струнами талевого
каната. Один конец каната -
«мертвый», прикреплен к ниж-
ней раме вышки, а второй -
ходовой, - к барабану лебедки.
В талевом блоке роликов на
один меньше, чем в кронблоке
(рис.31). В зависимости от
глубины скважины различают
следующие оснастки талевой
системы: 2 x 3, 5 x 6, 6 x 7.

При глубоком бурении при-
меняют б у р о в ы е в ы-
ш к и башенного типа или
мачты высотой 28; 41; 53 м.
Монтируются вышки и вся бу-
ровая установка на бетонном
фундаменте или на металличе-

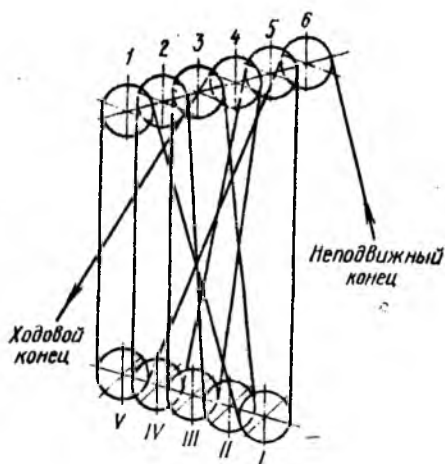


Рис.31. Тросовая система 5х6

ском основании. Полышки поднят на 2,5-3,5 м над поверхностью земли. На полу буровой монтируют ротор, лебедку, силовой привод, очистную систему, запасные емкости для глинистого раствора и др. Насосы располагают на уровне поверхности земли. Буровые вышки чаще собирают в горизонтальном положении и ставят в рабочее положение тракторами.

Буровые установки делятся на

структурно-поисковые, разведочные и эксплуатационные. Первый тип установок — самоходные или передвижные — рассчитан на глубину до 2000 м. Второй — более тяжелые, стационарные — имеет следующую техническую характеристику:

	БУ-50-БР	БУ-75-БРМ	Уралмаш-5Д-91	БУ-125-АД	Уралмаш-3Д-81	Уралмаш-3003
Глубина бурения, м	До 3000	2490	3000	4000	5000	8000
Тросовая грузоподъемность, т	70	100	150	160	250	4000
Оснастка тросовой системы	4х5	4х5	5х6	5х6	5х6	6х7
Мощность на барабан лебедки, кВт	250	640	610	910	1000	2500

Частота вращения ротора, об./мин	78-186	30-294	68-187	62-199	26-300	90-300
Количество буровых насосов	2	2	2	2	2	2
Общая мощность двигателей, кВт	800	840	1800	2250	2250	3500
Высота вышки, м	20	40	41	41	41	53
Масса установки, т	90	143	297	-	-	-

Т у р б о б у р - забойный гидравлический двигатель, преобразующий гидравлическую энергию потока промывочной жидкости в механическую энергию вращения вала (рис.32). Основой турбобура является многоступенчатая турбина осевого типа. С валом турбобура соединяется долото, а с корпусом - верхний конец УБТ. Выпускают турбобуры диаметром от 105 до 260 мм, мощностью от 31 до 325 л.с. При малых диаметрах для повышения мощности два-три турбобура соединяют последовательно в секционный турбобур.

Э л е к т р о б у р представляет собой многосекционный асинхронный низкооборотный электромотор трехфазного тока. К пустотелому валу электромотора присоединяют шпиндель, а к нему долото. Различают трубные и беструбные электробуры.

Трубный электробур опускается в скважину на бурильных трубах, внутри которых проходит электрокабель, контакты кабеля смонтированы в замки свечей. Беструбный электробур опускается на кабель-тросе и состоит из погружного двигателя, насоса и шламоуловителя.

У электробуров имеется ряд преимуществ по сравнению с турбобуром: они требуют значительно меньше промывки (достаточно одного насоса с меньшим давлением) и их забойная мощность не снижается с глубиной.

В подавляющем большинстве случаев нефтегазовые коллекторы имеют высокое пластовое давление - до 200-300 атм и более. Поэтому при встрече скважиной нефти и газа возможны выбросы

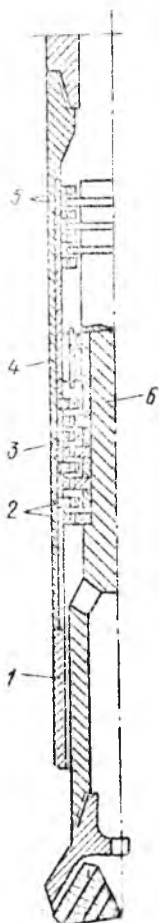


Рис.32. Принци-
пиальная схема тур-
бобуры
1 - вишпель; 2 -
турбины; 3 - корпус;
4 - радиальная опора;
5 - гребенчатая пятя;
6 - вал

их с тяжелыми последствиями: пожар, затоп-
ление нефтью значительных территорий и
т.д. Чтобы избежать этого устье скважины
оборудуется герметизирующи-
ми устройствами - превен-
торами, позволяющими при фонтанировании
нефти или газа перекрыть устье скважины
(рис.33). Для борьбы с фонтанированием
обычный глинистый раствор заменяют утя-
желенным, плотностью до $2,3 \text{ г/см}^3$. Пре-
венторы крепят на обсадной трубе - кон-
дукторе под полом буровой, поэтому пол не-
обходимо приподнять над уровнем земли.

Технология глубокого вращательного бурения

Сооружение буровой вышки начинают с
подготовки рабочей площадки, подъездных
путей, водопровода, электролинии и монта-
жа оборудования.

Вблизи устья скважины проходят сква-
жину-шурф диаметром около 300 мм для
установки ведущей трубы на время спуско-
подъемных операций. Затем производится
бурение и крепление стенок скважины об-
садными трубами.

Первая обсадная труба диаметром до
700 мм - направляющая, она опускается на
глубину около 30 м. Вторая труба меньшего
диаметра - кондуктор, служит для закрепле-
ния верхних слабоустойчивых горизонтов;
она опускается на глубину 150-900 м и бо-
лее. Затрубное пространство после спуска
кондуктора цементируется до устья скважи-

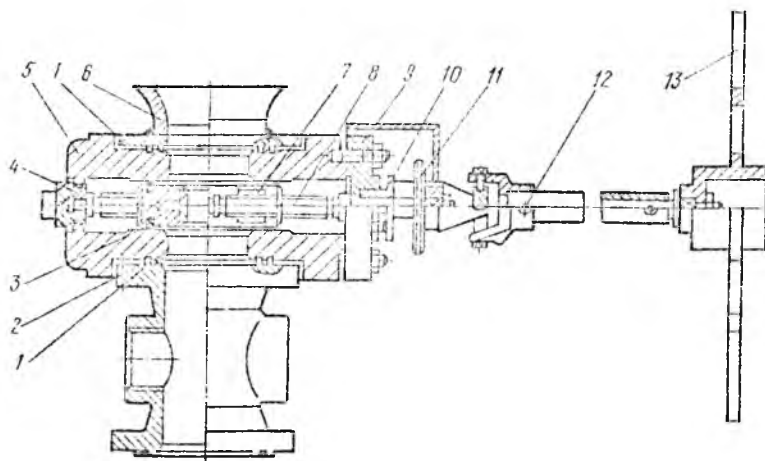


Рис.33. Плащевый превентор

1 — уплотнительные кольцевые канавки; 2 — пластины; 3 — резиновые уплотнения; 4 — пробки; 5 — корпус; 6 — воронкообразный фланец; 7 — полугайки; 8 — винты; 9 — крышка превентора; 10 — сальники; 11 — звездочки; 12 — карданный вал; 13 — штурвал

ны. В зависимости от глубины и сложности геологических условий в скважину опускают одну-три промежуточные или технические колонны, которые также цементируют. В целях экономии металла часто применяют так называемые хвостовики или лайнеры, летучки, которые своим верхним концом не доходят до устья скважины.

Эксплуатационная колонна диаметром до 150-200 мм обычно цементируется до устья. После этого против продуктивных горизонтов трубу и цементное кольцо перфорируют (торпедируют), чем открывают путь нефти и газу в скважину.

Осевая нагрузка на долото определяется из расчета удельной нагрузки на 1 см диаметра скважины или длины лезвия долота: для долот режущего типа она составляет 2000-3000 Н, для шарошечных долот — до 10000 Н. Нагрузку снижают в условиях повышенного искривления скважины.

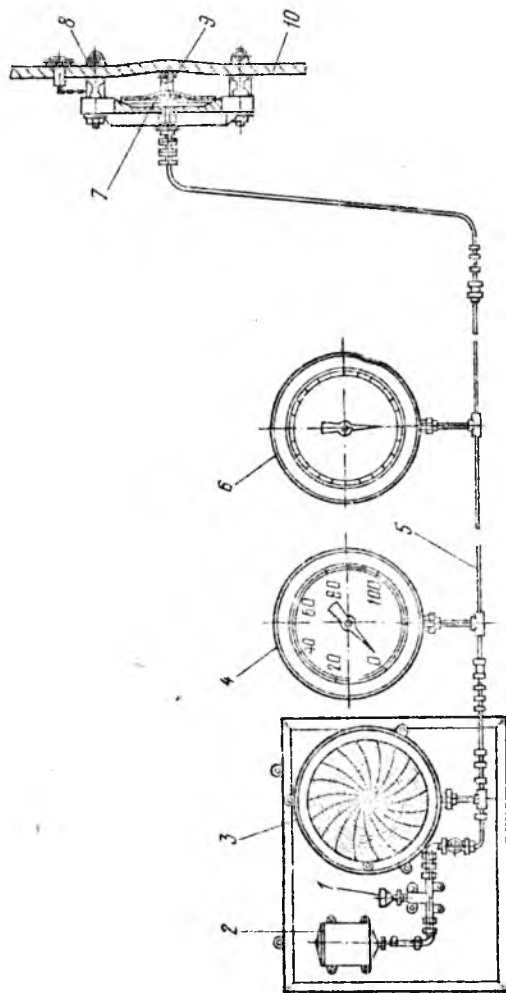


Рис.34. Схема индикатора веса ГИВ

1 - насос; 2 - резервуар для жидкости; 3 - регистрирующий манометр; 4 - манометр; 5 - трубки;
6 - верньер-манометр; 7 - трансформатор давления; 8, 9 - опорные ролики; 10 - канат

Частоту вращения подбирают с учетом физико-механических свойств проходимых пород. Обычно частота вращения при роторном бурении не превышает 300 об./мин.

При бурении слабоустойчивых пород применяют глинистые растворы, устойчивых — воду. Расход промывочной жидкости определяется по скорости восходящего потока. При бурении с промывкой ее принимают в пределах 0,6–1,2 м/с; в случае продувки 12–15 м/с. Чем мягче породы, тем выше расход промывочной среды; однако при выборе скорости восходящего потока нужно учитывать возможность размыва стенок.

Чрезвычайно большая осевая нагрузка часто приводит к искривлению скважин. Индикатор ГИВ (рис. 34) непрерывно фиксирует осевую нагрузку и тем помогает бурильщику правильно поддерживать заданный режим бурения.

Для спуско-подъемных операций используют ротор, автоматический ключ АБК, лебедку и катушку приводного вала лебедки. ВИТРОм вместе с Уралмашем разработана буровая установка Уралмаш I25А, предназначенная для бурения на глубину до 4000 м, в которой все трудоемкие операции бурения автоматизированы.

Наклонно направленное бурение

В практике обычно преобладает бурение вертикальных скважин. Однако когда забой скважины надо вести под крупное сооружение, под дно водоемов и другие объекты или когда экономически целесообразно с одной точки в разных направлениях пробурить несколько скважин, удаляя их забои на значительное расстояние друг от друга (на многие сотни метров), а также при подсечении рудного тела на различной глубине, применяют наклонно направленное бурение. Если нужно подсесть залежь, например, под дном моря, то, установив буровую на суше, сначала проводят скважину вертикально, а затем искривляют ее в нужную сторону и бурят до проектной глубины.

Многозабойное, кустовое, двух- или трехствольное бурение является разновидностью наклонно направленного бурения. При

кустовом бурении с одной небольшой площади проходят более 12 скважин. При многозабойном бурении от основного ствола отбуривают дополнительно стволы, пересекая 10–12 раз и более рудное тело на различной глубине. Это дает экономический эффект: сокращает протяженность бурения, уменьшает время на монтаж и демонтаж оборудования. При наклонно направленном бурении используют различные отклоняющие устройства и приборы для пространственного определения положения оси скважины.

Для повышения качества и увеличения объема геологической информации при колонковом и глубоком вращательном бурении широко применяют геофизические методы: комплексный каротаж, радиопросвечивание и др.

Глава IV. УДАРНО-МЕХАНИЧЕСКОЕ БУРЕНИЕ

Разрушение породы при этом виде бурения ведется без отбора керна. Образцы пробуренных пород можно получить только в виде шлама. Благодаря большому диаметру скважины (более 150 мм), отдельные куски породы достигают величины, достаточной для геологических целей. Когда бурение ведется без промывки, получают образцы с естественной влажностью, что необходимо при инженерно-геологических исследованиях.

При ударно-вращательном бурении достоверно опробуются малодебитные, низконапорные водоносные и газонефтеносные горизонты (коллекторы). Разведку россыпных месторождений ведут почти исключительно ударным бурением.

По производительности ударное бурение в большинстве случаев уступает вращательному. Однако в ряде случаев его применение экономически и организационно целесообразно. Так, его успешно используют в безводных районах и областях многолетней мерзлоты.

Для проходки скважин ударным способом применяют передвижные и самоходные буровые станки, смонтированные на колесном или гусеничном ходу. С помощью станков ударного бурения осуществляют следующие операции: долбление – путем подъема и сбрасывания долота на забой, спуск и подъем ударного снаряда, спуск и подъем

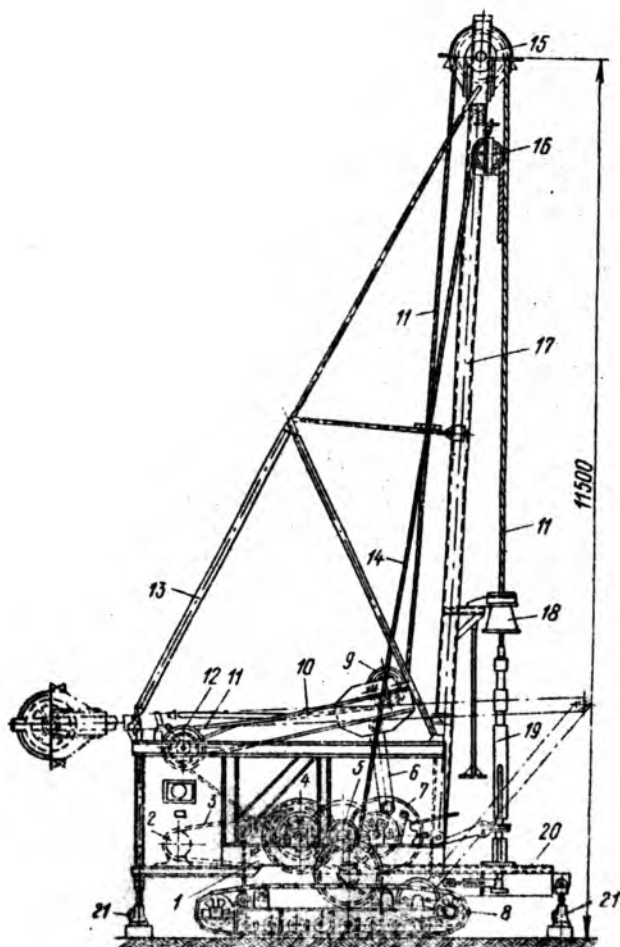


Рис.35. Ударно-механический буровой стаяок БУ-20-2М

1 - рама; 2 - электродвигатель; 3 - ременная передача; 4 - инструментальный барабан; 5 - главный трансмиссионный вал; 6 - шатун; 7 - желоночный барабан; 8 - гусеничный ход; 9 - оттяжной ролик; 10 - оттяжная рама; 11 - инструментальный канат; 12 - направляющий ролик; 13 - распоры мачты; 14 - желоночный канат; 15 - ролик инструментального каната; 16 - ролик желоночного каната; 17 - мачта; 18 - канатный замок; 19 - буровой снаряд; 20 - механизм санирования и различения бурового снаряда; 21 - винтовые докриты

желонки для чистки скважины от шлама, забивка обсадных труб. Соответственно в каждом станке имеются следующие узлы: долбежный механизм, инструментальный барабан (лебедка), желоночный барабан.

В самоходном станке БУ-20-2М, широко применяемом при разведке россыпных месторождений, от двигателя 2 (рис.35) через ременную передачу 3 приводится в движение главный вал 5, а от вала через зубчатую передачу и фрикционную муфту – инструментальный барабан 4. Посредством фрикционной муфты и зубчатой передачи вращение передается ударному кривошипному валу, а через него шатуну 6, от которого приводится в действие оттяжная рама 10, несущая оттяжной ролик 9 и направляющий ролик 12. Через фрикционную передачу вращение передается желоночному барабану 7. Посредством зубчатой и цепной передач приводится в действие гусеничный ход станка. При движении оттяжного ролика вниз снаряд поднимается вверх, при движении вверх – снаряд падает на забой.

Буровой снаряд состоит из долота, ударной штанги, ножниц, канатного замка и каната. Ножницы служат для обеспечения условий более свободного падения долота на забой и облегчения подъема снаряда из забоя за счет "удара вверх".

Бурение скважин ударно-механическим способом также ведется в соответствии с заранее разработанными конструкциями скважин. При разработке конструкции сначала определяют конечный диаметр, а затем, в зависимости от характера проходимых пород, устанавливают количество обсадных труб, их длину и диаметры.

Режимными параметрами забойного процесса являются сила веса бурового снаряда, определенная из расчета 150-700 Н на 1 см диаметра долота; количество ударов долота в минуту; высота сбрасывания долота. Оптимальное сочетание их назначается с учетом механических свойств проходимых пород.

Область применения ударно-механического бурения ограничена. Его широко используют при разведке россыпных месторождений, при сооружении скважин на воду, при разведке малодебитных и с малым пластовым давлением водоносных горизонтов. Применение в этих ус-

ловиях более производительного вращательного бурения с промывкой глинистым раствором часто приводит к пропусканию водоносных пластов или же резкому снижению дебита скважины, вызванному коагуляцией пласта. При бурении на воду в слабоустойчивых породах для укрепления водоносных горизонтов применяют фильтры (гравийные, сетчатые и др.), обеспечивающие поступление воды в скважину из водоносных пластов. Для подъема воды из скважины используют различные водоподъемники: насосы или эрлифт.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Краткие сведения о физико-механических свойствах горных пород	4
Классификация способов разрушения горных пород при бурении . .	6
Глава I. Неглубокое бурение	8
Вращательное шнековое бурение	11
Вибробурение, статическое сдавливание грунтоносов и винтобурение	12
Глава II. Колонковое бурение	15
Инструменты для колонкового бурения	15
Поверхностное оборудование	25
Технология колонкового бурения	31
Технология алмазного бурения	33
Технология твердосплавного бурения	34
Проходка полезного ископаемого	35
Ударно-вращательное бурение	35
Промывка скважины	36
Аварии и ликвидация скважин	41
Глава III. Глубокое вращательное бурение	42
Породоразрушающий инструмент	42
Поверхностное оборудование	44
Технология глубокого вращательного бурения	50
Наклонно направленное бурение	53
Глава IV. Ударно-механическое бурение	54

Филипп Аристархович Шамшев

РАЗВЕДОЧНОЕ БУРЕНИЕ ДЛЯ ГЕОФИЗИКОВ
Конспект лекций

Редактор И. В. Неверова
Технический редактор Р. И. Кравцова
Корректор Л. А. Левина

Сдано в набор 1.11.79. Подписано к печати 13.12.79. М-25908.
Формат 80х84/16. Бумага типографская № 2. Печ. л. 3,6.
Усл. печ. л. 3,3. Уч.-изд. л. 3,2. Тираж 500 экз. Изд. № 115.
Заказ 527. Цена 20 коп.

РТП ЛГИ. 199026, Ленинград, 21 линия, 2