

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ТЕХНИКИ РАЗВЕДКИ МПИ**

ПАХОМОВ И. Н.

**ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ “БУРЕНИЕ СКВАЖИН
НА ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ” ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
“БУРЕНИЕ”**

ДНЕПРОПЕТРОВСК – 2016

ВВЕДЕНИЕ

В зависимости от вида полезных ископаемых бурение скважин может производиться на жидкие (вода, нефть), газообразные или твердые ископаемые. Это во многом определяет специфику техники и технологии бурения. Особенности бурения скважин на твердые полезные ископаемые являются:

1. Бурение ведется, как правило, колонковым способом, т.е. с отбором колонки керна, и лишь некоторые ограниченные интервалы скважин могут буриться сплошным забоем без отбора керна.

2. В отличие от бурения на жидкие и газообразные полезные ископаемые диаметры скважин существенно меньше, что определяет специфику технологии бурения и конструкцию скважин.

3. Значительно отличается техника и технология опробования.

Скважина – это цилиндрическая горная выработка малого диаметра и относительно большой протяженности. Диаметры скважин находятся в диапазоне 36-151 мм, а глубины до 1500-2000 м. Место пересечения скважины с дневной поверхностью называется **устьем**, а дно – **забоем**, поверхность цилиндра – **стенки скважины**.

В зависимости от угла заложения скважины могут быть наклонными, вертикальными, горизонтальными или восстающими.

Способы бурения можно классифицировать по различным признакам:

- **По форме забоя скважины:** а/ бурение кольцевым забоем (колонковое); б/ бурение сплошным забоем (бескерновое).
- **По способу очистки забоя** а/ с помощью очистного агента (промывки или продувки скважины), б/ с помощью специальных устройств (шнеки, желонки и т.д.), т.е. без очистного агента.
- **По способу подведения энергии к забою скважины:** а/ с помощью двигателя, установленного на поверхности, б/ с помощью забойных электрических или гидравлических двигателей.
- **По способу извлечения керна из скважины:** а/ с помощью колонкового снаряда, извлекаемого из скважины после каждого рейса при подъеме бурильной колонны, б/ с помощью съемных керноприемников на канате без подъема бурильной колонны, в/ с гидротранспортом керна восходящим потоком промывочной жидкости.

По типу породоразрушающего инструмента: а/ коронками твердосплавными или алмазными, б/ долотами режущего типа или шарошечными.

1. СОСТАВ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Процесс сооружения скважины включает подготовительный, основной и заключительный этапы.

Подготовительный этап включает следующие виды работ и операций:

1. Вынос точки заложения скважины на местность.

2. Планирование площадки под буровую.
3. Оборудование циркуляционной системы для промывочной жидкости.
4. Установка фундаментов под буровую вышку и станок.
5. Монтаж вышки, бурового здания и оборудования.
6. Подготовка подъездных путей, линий электропередачи.
7. Проверка готовности буровой к производству работ и прием ее специальной комиссией.

Перечисленные виды работ относятся, в основном, к сооружению относительно глубоких скважин с использованием стационарных или передвижных буровых установок. При бурении скважин самоходными установками на небольшие глубины работы подготовительного этапа существенно сокращаются.

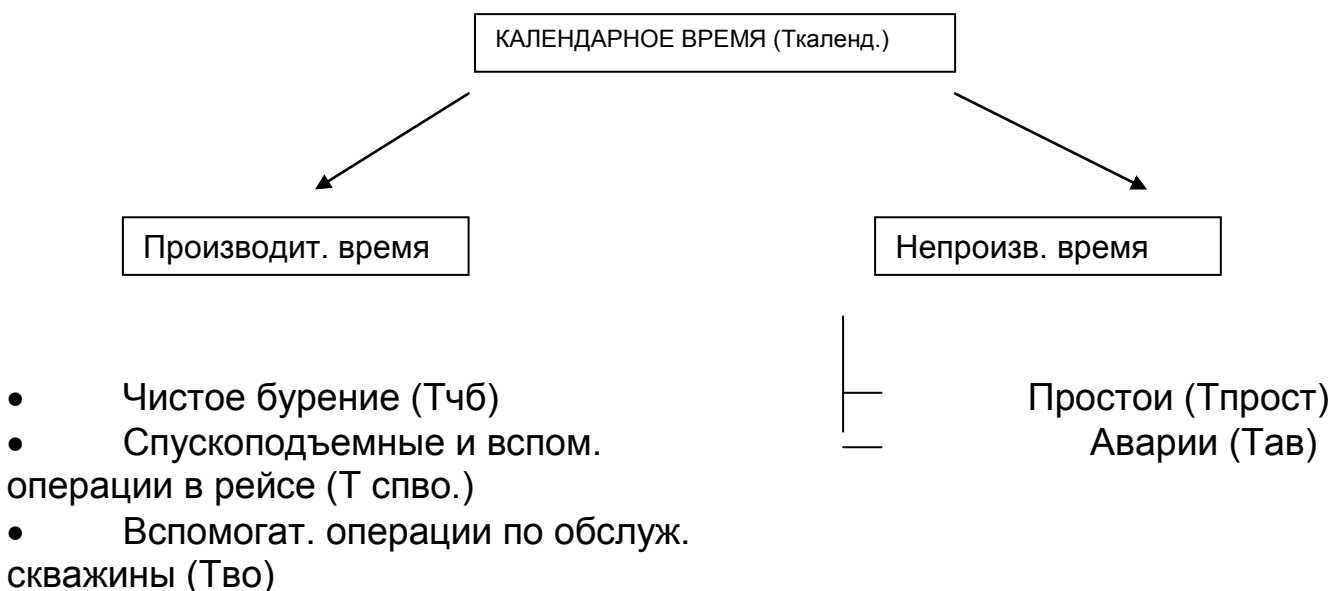
Основной этап включает собственно бурение, сопровождающие его операции и другие необходимые виды работ. Бурение осуществляется путем чередования рейсов. **Рейс** состоит из собственно бурения и сопутствующих ему операций: подготовки к рейсу (сборка колонкового снаряда, производство необходимых замеров и т.д.), спуск бурового снаряда, дохождение до забоя, собственно бурение с остановками на наращивание и перекрепление, заклинивание керна, подъем бурового снаряда и извлечение керна.

При бурении обычно выполняются дополнительные работы, связанные с обслуживанием скважины, бурового оборудования и инструмента (крепление обсадными трубами, борьба с геологическими осложнениями, проведение скважинных исследований, замена элементов бурового снаряда, профилактический осмотр, смазка и текущий ремонт оборудования).

Кроме необходимых работ бурение может сопровождаться непредвиденными затратами времени на простои и ликвидацию аварий.

Заключительный этап включает проведение завершающих исследований в скважине и замеров (глубины скважины, параметров искривления), извлечение обсадных труб, ликвидационное тампонирующее, демонстражные работы, рекультивацию площади.

СХЕМА БАЛАНСА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ



- Тех. обслуживание оборудования (Тто)
- Монтаж-демонтаж оборудования (Тмд)
- Перевозка (Тпер)

Основные показатели, по которым оценивается эффективность процесса бурения следующие:

Механическая скорость $V_{\text{мех}} = L / T_{\text{ч.б.}}$, м/ч ,

где L – количество пробуренных метров.

Уровень этой скорости зависит от свойств горных пород, конструкции породоразрушающего инструмента и технологии бурения.

Рейсовая скорость $V_{\text{рейс.}} = L / T_{\text{ч.б.}} + T_{\text{спво}} = L / T_{\text{рейс}}$, м/ч..

Величина этой скорости характеризует дополнительно еще и глубину скважины, а также оперативность выполнения спуско-подъемных операций.

Техническая скорость $V_{\text{тех.}} = L / T_{\text{рейс.}} + T_{\text{во}} + T_{\text{то.}}$, м/ч

По уровню этой скорости можно дополнительно оценить сложность условий ведения работ

Коммерческая скорость (Производительность)

$V_{\text{комм.}} = L / T_{\text{календ.}}$

Величина этой скорости определяется общими затратами времени на бурение скважин, включая непроизводительное время на аварии и простои. Размерность этой скорости, м / станко-месяц.

Углубка за рейс $I_{\text{рейс.}}$. При колонковом бурении не превышает длину колонковой трубы и составляет в среднем 3.5-4 метра.

Удельный расход алмазов $q = Q_{\text{кор.}} / L_{\text{кор.}}$, карат/м., где $Q_{\text{кор.}}$ - содержание алмазов в коронке, карат; $L_{\text{кор.}}$ - проходка на коронку.

Стоимость метра бурения определяется как частное от деления стоимости станко-смены на сменную производительность.

Для оценки эффективности бурения используются и другие показатели.

2. СОСТАВ БУРОВОГО СНАРЯДА

При колонковом бурении буровой снаряд состоит из колонкового набора и бурильной колонны.

2.1 Колонковый набор и конструкция его элементов

Колонковый набор состоит из коронки, кернорвательного устройства (при алмазном бурении совмещенного с расширителем), колонковой трубы, верхнего переходника и в некоторых случаях - шламовой трубы.

Коронка состоит из стального короночного кольца и режущих элементов. Короночные кольца изготавливают из трубной заготовки. Высота кольца 55-65 мм. Оно включает гладкую и резьбовую части. Резьба трапецеидального профиля с шагом 4 мм, длина резьбы 30 мм. Внутренняя стенка верхней части короночного кольца расточена на конус для размещения в нем кернорвательного кольца или заклиночного материала при срыве керна. Наружные диаметры коронок геологоразведочного стандарта составляют: **36; 46; 59; 76; 93; 112; 132; 151 мм** .

Кернорвательное устройство состоит из пружинного кернорвательного кольца и корпуса кернорвателя (при алмазном бурении корпусом служит расширитель).

Кернорватели разработаны для алмазных коронок диаметром от 46 до 76 мм и для твердосплавных - диаметром от 59 до 112 мм. При бурении кольцо охватывает столбик керна и находится в корпусе (расширителе), а при подрыве колонкового снаряда коронка находит конусной расточкой на разрезное пружинное кольцо и сжимает его, обеспечивая отрыв керна от массива горной породы.

Колонковые трубы служат для размещения колонки керна. Они изготавливаются из легированной стали с пределом прочности при растяжении 650 МПа и пределом текучести не менее 380 Мпа длиной 1,5; 3; 4.5 и 6 метров. Колонковые трубы могут соединяться ниппелями. Основные размеры колонковых труб следующие:

Наружный диаметр труб: 34; 44; 57; 73; 89; 108; 127; 146 мм.

Толщина стенки соответственно 3.0; 3.5; 4.5; 5.0 (трубы 73 мм и более). На обоих концах колонковой трубы нарезана внутренняя трапецеидальная резьба с шагом 4 мм.

Переходники служат для соединения колонковых труб с бурильной колонной. Они могут быть двойными с фрезерной насечкой в верхней части и тройными, имеющими дополнительно левую резьбу под шламовую трубу. Верхняя внутренняя резьба переходника может быть под ниппельное соединение, под ниппель замка бурильной колонны или под бурильную трубу. Пример обозначения переходника: П1-50 / 108 (двойной переходник, соединяющий колонковую трубу диаметром 108 мм и бурильную колонну диаметром 50 мм).

Кроме стандартных переходников могут применяться также специальные (сливные, отсоединительные и др). Отсоединительные (противоаварийные) переходники служат для отсоединения бурильной колонны от колонкового набора в случае его прихвата в скважине. Принцип устройства основан на использовании элементов с незатягивающейся резьбой большого шага.

Шламовые трубы предназначены для дополнительной очистки скважины от шлама. Изготавливаются из трубных заготовок, предназначенных для колонковых труб. Открытые сверху, они имеют внизу левую резьбу для соединения с тройным переходником. Такие трубы применяются при недостаточном расходе промывочной жидкости, большом кольцевом зазоре между бурильными трубами и стенками скважины или при наличии тяжелого шлама или крупных его частиц.

2.2 БУРИЛЬНАЯ КОЛОННА

Выполняет следующие функции:

- Передача осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент.
- Передача вращения и крутящего момента.
- Подача очистного агента на забой скважины.
- Доставка аварийного инструмента при ликвидации аварии.
- Доставка тампонажных смесей и некоторые другие функции.

Требования к бурильной колонне:

- Высокая прочность на растяжение, сжатие, изгиб и кручение.

- Герметичность,
- Малое гидравлическое сопротивление,
- Сбалансированность.

Конструкция бурильной колонны должна обеспечивать возможность механизации спускоподъемных операций.

По виду материала бурильные колонны могут быть стальными из легированных сталей 36Г2С, 40Х, 30ХГС и др. - (СБТ), а также легкоплавными, изготовленными из алюминиевого сплава Д16Т (ЛБТ).

При проведении спуско-подъемных операций бурильная колонна разъединяется на отдельные звенья, называемые бурильными свечами, которые устанавливаются в буровой вышке в вертикальном положении. Длина свечи зависит от высоты вышки и изменяется от 9 до 18.5 метров. Бурильные трубы свинчиваются в свечи при помощи муфт или ниппелей, а свечи в бурильную колонну – при помощи бурильных замков или ниппелей. В соответствии с этим бурильные колонны подразделяются на муфтово – замковые и ниппельные.

Основные типы бурильных колонн следующие

Типы бурильных колонн	Шифр	Наружный диаметр, мм	Примечание
Стальные муфтово-замкового соединения	СБТМ	42;50;63.5;73	Твердосплав. и бескерновое бурение
Стальные ниппельного соединения	СБТН	33,5;42;50	Твердосплавно-алмазное бурение (старая нормаль)
		42;54;68	Алмазное бурение (новая нормаль)
Легкоплавные муфтово-замкового соединения	ЛБТМ	54	Твердосплавно-алмазное бурение
Легкоплавные ниппельного соединения.	ЛБТН	32;42;54;68	Алмазное бурение
Утяжеленные бурильные трубы	УБТ	73;89;108	Твердосплав. и бескерновое бурение

Кроме перечисленных выше типов бурильных колонн разработаны и другие конструкции, в том числе:

- для бурения снарядами со съёмными керноприемниками специальные бурильные колонны наружным диаметром 70 мм муфтово-замкового соединения и диаметром 43;55 и 70 мм соединением “труба в трубу”;
- для бурения с гидротранспортом керна двойная бурильная колонна стальная диаметром 73 мм и легкоплавная диаметром 75 мм.

Бурильные колонны муфтово-замкового соединения находят в настоящее время широкое применение. Их преимущества состоят в высокой прочности резьбовых соединений, малых гидравлических сопротивлениях из-за большого проходного сечения, быстроте свинчивания – развинчивания. Их недостаток - несбалансированность вследствие наличия утолщенных по сравнению с трубами соединительных элементов.

Трубы имеют на концах наружную резьбу треугольного профиля с относительно небольшой конусностью (1/16) и внутреннюю высадку. Материал - сталь 36Г2С. Наружная поверхность подвержена закалке токами высокой частоты для повышения износостойкости.

Муфты и замки изготавливаются из стали повышенного качества 40Х, 40ХН и тоже подвергаются индукционной термообработке на глубину 1,5-2,5 мм за исключением участков вблизи торцов с трубной резьбой (для возможности соединения с ловильным инструментом в случае обрыва).

Бурильный замок состоит из однопрорезного ниппеля и двухпрорезной муфты. Прорезы служат для соединения с подкладной, отбивной вилками и элеватором при проведении спускоподъемных операций. Ниппель и муфта замка соединяются быстроразъемной замковой резьбой треугольного профиля с большой конусностью (1/5)

Бурильные колонны ниппельного соединения более предпочтительны для алмазного бурения, при котором применяются высокие частоты вращения.

Основная особенность таких колонн состоит в гладкоствольности по наружному диаметру, так как соединительные элементы - ниппели имеют тот же диаметр, что и бурильные трубы.

В СБТН старой нормализации в качестве соединительных элементов применяются ниппели однопрорезные / тип А / и двухпрорезные / тип Б / с цилиндрической резьбой трапецеидального профиля. С помощью ниппелей типа А бурильные трубы соединяются между собой в свечи, а два ниппеля / А+ Б / составляют замок для соединения свечей между собой.

В СБТН новой нормализации используются ниппели трех видов: для соединения свечей - однопрорезные / тип А / и двухпрорезные / тип Б / с цилиндрической резьбой для соединения с трубами и конусной треугольного профиля – для соединения между собой, а также однопрорезные ниппели типа В с цилиндрической резьбой для соединения труб.

Легкосплавные бурильные колонны используются для уменьшения затрат мощности двигателя на бурение и увеличения возможной глубины скважин. В ЛБТН ниппельные соединения / ниппели типов А и Б / изготовлены из стали 40ХН. Соединение трубы с ниппелем неразборное (на самотвердеющем герметизирующем клее).

В ЛБТМ –54 замки изготовлены из стали 40ХН, а муфты из стали 36Г2С. Использование легкосплавных бурильных труб обеспечивает уменьшение на 20-30% энергоемкости процесса бурения. Недостатки таких колонн - высокая стоимость и относительно малая прочность на изгиб.

Утяжеленные бурильные трубы характеризуются увеличенной толщиной стенки и наружным диаметром, приближенным к диаметру скважины. Их рекомендуется устанавливать в нижней части бурильной колонны

для снижения интенсивности искривления скважины, более эффективной передачи осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент и облегчения условий работы бурильной колонны. Толщина стенки УБТ диаметра 73 мм составляет 19 мм, 89 мм - 22 мм и 108 мм – 26 мм. Трубы соединяются между собой с помощью замков. В некоторых конструкциях УБТ применяется соединение замков с трубами на сварке. Масса 1 метра УБТ составляет 25,3 кг при диаметре труб 73 мм; 36,1 кг (89 мм) и 54,2 кг (108 мм).

Общую массу УБТ рекомендуется подбирать из условия:

$$G_{\text{убт}} = (1,2 - 1,25) C_{\text{ос}},$$

где $C_{\text{ос}}$ - осевая нагрузка.

При таком условии опасное сечение бурильной колонны при бурении будет проходить через УБТ.

К вспомогательным элементам бурильной колонны относятся:

Переходники – для соединения элементов колонны с разной резьбой; **центраторы** в качестве опорно-центрирующих элементов для создания промежуточной опоры бурильной колонны о стенки скважины, **стабилизаторы**, служащие для сохранения жесткой соосности колонны и оси скважины на определенном интервале. В отличие от центраторов они имеют большую длину (20-30 диаметров бурильной трубы).

2.3 ЭКСПЛУАТАЦИЯ БУРИЛЬНЫХ КОЛОНН

Бурильная колонна работает в очень тяжелых условиях, испытывая различные напряжения. Осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент создается массой всей бурильной колонны (при небольших глубинах скважин) или ее нижней части, при этом вся колонна или часть ее испытывает напряжения сжатия, которые достигают максимальных значений у забоя скважины. Если осевая нагрузка передается нижней частью бурильной колонны, верхняя ее часть находится в растянутом состоянии, и напряжения растяжения достигают максимума у устья скважины. Кроме напряжений растяжения и сжатия бурильная колонна воспринимает при бурении напряжения кручения (по всей длине колонны) и изгиба (в сжатой части) При этом напряжения могут носить знакопеременный характер, что еще более осложняет условия работы бурильной колонны. Поэтому правилам эксплуатации бурильных колонн необходимо уделять серьезное внимание.

Причинами отказов (обрывов) бурильных колонн могут быть:

- брак в изготовлении;
- абразивный износ (от трения о стенки скважины);
- эрозионный износ (коррозия металла);
- усталость металла.

Брак в изготовлении выявляют в процессе входного **выборочного контроля**, при котором оцениваются: прямолинейность - по двойной величине прогиба трубы по ее длине (эта величина должна быть не более 6-12 мм для труб ниппельного соединения и 18 мм муфтово-замкового); соответствие параметров резьбы, соосность соединений.

Предельный **абразивный износ** труб не должен превышать 3 мм по диаметру. В зависимости от величины износа трубы подразделяются на три класса:

- 1) износ до 1 мм
- 2) износ до 2 мм
- 3) износ до 2,5 мм

Трубы первого класса используются при бурении глубоких скважин, а третьего - мелких.

Для защиты от абразивного износа применяются:

- поверхностная индукционная термообработка на глубину 1-2 мм;
- использование предохранительных резиновых колец-протекторов;
- уменьшение коэффициента трения между бурильной колонной и стенками скважины путем использования смазывающих добавок к промывочной жидкости или смазок бурильной колонны.

Для предупреждения заедания (свариваемости) резьбы используют специальные смазки на основе графита.

Под **эрозионным износом** понимают поражение внутренней поверхности труб очагами коррозии, которые являются местами зарождения трещин усталости. В качестве мер предупреждения используют добавки в промывочную жидкость ингибиторов и специальную обработку внутренней поверхности труб полимерами.

Влияние **усталости металла** проявляется в наибольшей мере в местах переменных напряжений. Для предупреждения этого явления рекомендуется:

- избегать резких изменений диаметров элементов бурильной колонны, устраняя места концентрации напряжений;
- применять мало агрессивные промывочные жидкости;
- использовать специальную обработку резьбы путем прокатки их роликами;
- не допускать вибрации бурильной колонны;
- стремиться к минимальной стреле прогиба труб колонн:

Система рациональной эксплуатации бурильных колонн предусматривает:

- поступившие с завода бурильные трубы и соединения должны проходить входной контроль с выборочной проверкой качества;
- бурильные колонны должны обладать равнопрочностью, для чего комплекты колонн формируются из труб одного класса с учетом глубины скважины и отрабатываются покомплектно. Резерв должен составлять с учетом коэффициента запаса для труб 1,15-1,30; для ниппелей 1,3-1,6; для замков 1,7-2,0.

Ресурс работы новой колонны равен примерно 10 тыс.метров. Для обеспечения одинакового ресурса бурильные колонны рекомендуется отрабатывать по переменнo-последовательной системе, когда порядок пуска свечей колонны в работу после каждой скважины меняется на обратный.

Свинчивание резьбовых соединений должно производиться с приложением достаточно большого крутящего момента.

3. КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН

В процессе бурения скважины решаются задачи:

- 1) пробурить скважину быстрее и дешевле (количественная задача),
- 2) обеспечить получение необходимой геологической информации (качественная задача).

Решение этих задач во многом зависит от того, насколько конструкция скважины отвечает условиям бурения.

Конструкция скважины – это схема ее устройства с характеристикой изменения по глубине скважины наружных диаметров породоразрушающего инструмента и обсадных колонн.

В понятие конструкции входят:

- продольные размеры (глубина скважины или отдельных ее интервалов, длина обсадных колонн, высота подъема цементного раствора в затрубном пространстве);
- поперечные размеры (диаметры скважины по интервалам глубин, наружные диаметры обсадных колонн);
- тип соединений обсадных труб.

Конструкция скважины должна обеспечивать возможность бурения до проектной глубины с использованием прогрессивной технологии без аварий и серьезных осложнений, проведение скважины в заданном направлении, получение керна в требуемом количестве и высокого качества.

3.1 ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИН

Конструкция скважины определяется целью бурения и назначением скважины, проектной ее глубиной, характеристикой геологического разреза. Обычно скважина в процессе бурения пересекает зоны возможных геологических осложнений, что требует принятия предупредительных мер, в том числе перекрытия отдельных интервалов скважины стальными обсадными трубами. Поэтому скважины, как правило, имеют ступенчатую конструкцию. Перекрытию трубами обычно подлежат толщи рыхлых, склонных к обвалам пород; интервалы интенсивно трещиноватых и раздробленных пород, часто приуроченные к зонам тектонических нарушений; зоны интенсивного и катастрофического поглощения промывочной жидкости; старые горные выработки.

Проектирование конструкции скважины производится снизу вверх и начинается с выбора конечного диаметра.

Конечный диаметр скважины зависит от типа месторождения, требований опробования и определяется следующими факторами.

1. Обеспечение необходимой массы пробы полезного ископаемого с соблюдением требуемого качества.

В зависимости от вида полезного ископаемого и характера распределения полезного компонента в горной породе установлены минимально допустимые диаметры керна, обеспечивающие получение представительной пробы:

- при равномерном распределении полезного компонента (черные металлы, уголь, нерудное сырье) - 22-32 мм ;

- большинство месторождений цветных металлов - 32-42 мм;
- вкрапленные руды редких и благородных металлов, ртуть, бокситы - 60 мм.

$$\text{Масса пробы составляет } P = \frac{\pi D^2}{4} L_{np} \rho K$$

где D – диаметр керна; L_{np} - длина керна ; ρ - плотность породы; K - коэффициент полноты выхода керна.

Проба керна служит материалом для выполнения определенных лабораторных исследований, для каждого из которых требуется некоторая навеска горной породы. С учетом этого минимальный диаметр керна составит:

$$D = \sqrt{4P/\pi L_{np} \rho K}$$

2. Обеспечение возможности выполнения необходимых исследований в скважине.

Определяется габаритами скважинных приборов и предусмотренными видами исследований. Диаметр большинства приборов, спускаемых в скважину, находится в диапазоне 34-42 мм.

3. Обеспечение возможности применения прогрессивных способов и технологий бурения. С уменьшением диаметра скважины снижается энергоёмкость процесса бурения, увеличивается скорость.

С учетом перечисленных требований обычно принимаются следующие конечные диаметры скважин:

- месторождения каменного угля –76 мм (резервный 59 мм);
- железорудные –59 (46) мм
- полиметаллы –46-59 мм
- вкрапленные руды, бокситы – 93 (76) мм
- минеральные соли – 112 (93) мм.

Увеличение конечного диаметра целесообразно при бурении скважин в малоизученных районах (большая вероятность непредвиденных осложнений и непредусмотренного крепления трубами), а также при необходимости получения технологических проб керна большой массы. В любом случае следует оставлять резервный диаметр.

После выбора конечного диаметра скважины определяются интервалы, которые необходимо перекрыть обсадными трубами. При этом могут быть использованы следующие типы обсадных колонн.

1. **Направление** - для укрепления устья скважины и отвода промывочной жидкости в желобную систему. Длина направления обычно составляет 5-10 метров (1-2 трубы).

2. **Кондуктор** - для перекрытия зон осложнения в верхних интервалах скважины. Глубина спуска 50-300 метров.

3. **Техническая колонна** – для перекрытия зон осложнения на больших глубинах, до 800 – 1000 метров. Технических колонн может быть несколько.

4. **Потайная колонна**, которая в отличие от вышеперечисленных колонн не имеет выхода на дневную поверхность (установлена впотай). Обычно применяется для перекрытия зон осложнения на особо больших глубинах (свыше 1000 метров).

Большинство обсадных колонн имеют выход на дневную поверхность, что облегчает технологию их цементирования и обеспечивает возможность извлечения труб после окончания бурения скважины. Недостаток потайных колонн состоит кроме этого в наличии металлического уступа в верхней части колонны, что приводит к повышенному износу коронок, особенно алмазных, при спуске инструмента в скважину.

При проектировании конструкций скважин необходимо также учитывать:

- целесообразность сохранения постоянного диаметра скважины на максимально возможном интервале глубин. Открытый ствол скважины (незакрепленный интервал) бурится, как правило, коронками одного диаметра;
- возможность использования коронок малых диаметров (46-76 мм), обеспечивающих лучшие технико-экономические показатели;
- обеспечение малых зазоров между бурильной колонной и стенками скважины, особенно при алмазном бурении.

Диаметр скважины в интервале перекрытия обсадными трубами принимается:

а/ минимальным для обсадных труб принятого диаметра (например, 132 мм при трубах 127 мм., 151/146, 93/89 и т.д.);

Этот вариант используется при установке труб без цементирования затрубного пространства или при подъеме цементного раствора на небольшую высоту.

б/ на один размер больше минимального диаметра (151/127, 112/89 и т.п.) - при большой высоте подъема цементного раствора для снижения гидравлических сопротивлений при цементировании;

в/ на один размер меньше минимального диаметра с последующим разбуриванием и калибровкой ствола скважины – для обеспечения центрирования колонны обсадных труб при забуривании скважины в рыхлых, сыпучих породах.

В целом при проектировании конструкций скважин стремятся к максимальному их упрощению / в разумных пределах /, снижению металлоемкости и стоимости, используя методы беструбного крепления скважин .

Шифр конструкции скважины включает диаметры скважины, наружные диаметры обсадных труб, глубины их спуска или интервалы крепления. Пример: 151/146(10)132/108(300)93/89(980-1000)76(1100)

3.2 ОБСАДНЫЕ ТРУБЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

Обсадные трубы, как и колонковые, изготавливаются в соответствии с ГОСТ 6238-77. Предусмотрено изготовление труб ниппельного и безнипельного / труба в трубу / соединений. Обсадные колонны ниппельного соединения более прочны, но их недостаток - наличие металлических уступов внутри колонны в местах соединений, так как ниппель имеет меньший внутренний диаметр, чем труба. Колонны безнипельного соединения гладкоствольны по наружному и внутреннему диаметрам и рекомендуются для использования при алмазном бурении (сохранность коронок при спуске снаряда).

Резьбы трапецеидальные, шаг 4 мм., могут быть правые и левые.

Ниже приведены основные параметры труб

Д нар., мм.	Нипп. соедин.	Безнип. соедин.	Толщина стенки, мм.	Масса 1 метра, кг.	Д внутр., Ниппеля, мм.	Длина резьбы мм.
44	-	+	3,5	3,5	-	40
57	-	+	4,5	5,83	-	40
73	+	+	5.0	8.38	62	40
89	+	+	5.0	10.36	78	40
108	+	-	5.0	12.7	95.5	60
127	+	-	5.0	15.4	114.5	60
146	+	-	5.0	17.4	134.0	60

3.3 ТЕХНОЛОГИЯ КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН

При производстве работ по креплению скважин необходимо обеспечить:

- Беспрепятственный спуск обсадной колонны до проектной глубины ;
- Надежность соединения труб;
- Свободный проход бурового снаряда внутрь колонны;
- Предотвращение ухода колонны при последующем бурении;
- Предотвращение потерь промывочной жидкости под обсадную колонну.

Возможны следующие варианты закрепления колонн:

1. Установка обсадных колонн на уступ крепких пород. Применяется при небольшой глубине спуска для перекрытия зон рыхлых неустойчивых пород.
2. Задавливание обсадной колонны в толщу глинистых пород или доставленную на забой скважины глину. Применяется при бурении неглубоких скважин.
3. Цементирование нижней части обсадной колонны (подбашмачное цементирование). Применяется при перекрытии интервалов нарушенных пород и зон поглощения в скважинах средних глубин.
4. Цементирование обсадной колонны по всей длине с выходом цементного раствора к устью скважины. Применяется при длительных сроках бурения скважин.

Башмак обсадных труб обычно устанавливается ниже интервала зоны осложнения на 1-5 метров.

Перед обсадкой скважины производится тщательная ее промывка, проработка уступов или мест сужения ствола, контрольный замер глубины, Проверяется качество труб и соединений, трубы подбираются по длине и нумеруются. Эти данные записываются в буровой журнал. На первую трубу навинчивается башмак.

Спуск колонны производится путем постепенного наращивания секциями по две трубы, для облегчения спуска наружная поверхность труб смазывается. При больших глубинах спуска на первой трубе устанавливается обратный клапан.

Предельная глубина спуска обсадных колонн без обратного клапана 900-1000 метров.

$$L_{\max} = F_0 \delta t / q (1 - \gamma_{ж} / \gamma_{м}) K,$$

Где F_0 - площадь опасного сечения,
 δt - предел текучести материала труб,
 q - масса одного метра трубы,
 $\gamma_{ж}$, $\gamma_{м}$ - плотности жидкости и металла,
 K - коэффициент запаса.

Цементирование обсадных колонн производится с целью их закрепления в скважине и предотвращения ухода вниз в процессе бурения, изоляции затрубного пространства для предотвращения потери промывочной жидкости под башмак колонны или в случае ее протирания, для устранения возможности изгиба обсадных труб при бурении и последующего нарушения их целостности.

Процесс цементирования может выполняться следующими способами:

- Доставка цементного раствора на забой скважины через бурильную колонну с выдавливанием его из бурильной колонны продавочной жидкостью и последующим разбуриванием цементного стакана внутри обсадных труб после затвердевания. Возможно применение при подбашмачном цементировании. Недостаток - излишний расход цемента.
- Доставка цементного раствора путем прокачивания через обсадную колонну с последующим продавливанием продавочной жидкостью. Объем цементного раствора и продавочной жидкости рассчитывается из условия подъема раствора в затрубном пространстве на необходимую высоту с оставлением в обсадной колонне цементного стакана высотой 1-2 метра. После продавливания обсадная колонна герметизируется у устья скважины и выдерживается до затвердевания цементного раствора.
- Во избежание разжижения цементного раствора на контакте с продавочной жидкостью между ними устанавливается деревянная разделительная пробка, а в нижней части обсадной колонны на высоте цементного стакана закрепляется стопорное кольцо. При продавливании цементного раствора пробка перемещается вниз до стопорного кольца, после достижения которого пробка останавливается и повышается давление насоса, что сигнализирует о завершении операции продавливания. Колонна герметизируется.
- Цементирование потайных колонн выполняется путем доставки раствора через бурильную колонну. Переходник с бурильной колонны на обсадную оснащен обратным клапаном. После продавливания расчетного количества цементного раствора бурильная колонна отвинчивается от обсадной на переходнике с левой резьбой.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ

Под *технологическим режимом* бурения понимается совокупность параметров, характеризующих работу породоразрушающего инструмента, регулируемых с поверхности.

При вращательном бурении к этим параметрам относятся:

- Осевая нагрузка ($C_{ос.}$), даН / 1 Дан = 10 Н = 1 кгс /
- Частота вращения (n), об/мин
- Расход промывочной жидкости (Q), л/мин

Различают режимы:

- *оптимальный*, обеспечивающий получение наивысших показателей;
- *рациональный*, устанавливаемый с учетом возможностей оборудования и инструмента;
- *специальный*, применяемый для получения высоких качественных показателей или при производстве специальных работ.

Осевая нагрузка определяет силу, приложенную по оси бурового снаряда к породоразрушающему инструменту. От ее величины зависит характер разрушения горной породы и величина напряжений в ней.

В зависимости от предела прочности породы и возникающего под действием осевой нагрузки напряжения при бурении могут иметь место поверхностное истирание, усталостное или объемное, наиболее эффективное, разрушение.

Верхний предел осевой нагрузки ограничивается механической прочностью элементов коронки, прочностью бурильной колонны, чрезмерным искривлением скважины или возникновением зашламования, когда под торцом коронки образуется слой уплотненного шлама, препятствующий развитию напряжений в массиве горной породы.

Величина осевой нагрузки рассчитывается, исходя из рациональных значений удельной нагрузки, приходящейся на один резец твердосплавной коронки, 1 см^2 площади торца алмазной коронки или 1 см. диаметра долота:

$$C_{ос.} = C_{уд.} \cdot n \text{ (или } F, D \text{)},$$

где n – число резцов твердосплавной коронки, участвующих в разрушении забоя скважины; F – площадь торца алмазной коронки; D – диаметр долота.

Осевая нагрузка создается массой бурильной колонны с приложением дополнительной нагрузки или разгрузки от системы подачи станка. Фактическая

нагрузка обычно меньше фиксируемой по поверхностным приборам из-за трения колонны о стенки скважины и распорного усилия на гребнях полу-волн изгиба бурильных труб. Кроме того, фактическая осевая нагрузка может уменьшаться вследствие возникновения гидрподпора, то есть усилия, действующего на буровой инструмент вверх из-за разности давлений жидкости внутри и снаружи колонкового набора.

Для более эффективной передачи осевой нагрузки нижнюю часть бурильной колонны рекомендуется комплектовать из утяжеленных бурильных труб.

Частота вращения определяет линейную скорость элементов вооружения породоразрушающего инструмента и частоту поражения ими забоя скважины.

С увеличением частоты вращения до некоторого предела механическая скорость возрастает. Ограничивается прочностью бурильной колонны, мощностью привода станка, возникновением динамических нагрузок (вибраций), интенсивным износом твердосплавных резцов.

Рассчитывается с учетом рациональных значений окружной скорости:

$$V_{\text{окр.}} = \pi D_{\text{ср.}} n / 60, \text{ откуда } n = 60 V_{\text{окр.}} / \pi D_{\text{ср.}},$$

где $D_{\text{ср.}} = (D_{\text{нар.}} + D_{\text{вн.}}) / 2$ – средний диаметр коронки.

Расход промывочной жидкости определяет эффективность очистки забоя скважины от разрушенной породы. С увеличением расхода улучшается очистка забоя, исключается повторное разрушение частиц породы, обеспечивается хорошее охлаждение коронки. Наряду с этим увеличивается опасность размыва керна, возрастает давление насоса, усилия гидростатического давления.

Рассчитывается с учетом рекомендуемых значений удельной промывки на один сантиметр диаметра породоразрушающего инструмента:

$$Q = Q_{\text{уд.}} D_{\text{нар.}}$$

Принятый расход не должен быть меньше минимально допустимого значения, которое определяется из условия превышения скорости восходящего потока промывочной жидкости по отношению к скорости осаждения частиц шлама:

$$Q_{\text{мин}} = V_{\text{в.п.}} \cdot F_{\text{к.п.}},$$

где $V_{\text{в.п.}}$ – минимально допустимая скорость восходящего потока; $F_{\text{к.п.}}$ – площадь кольцевого зазора между бурильной колонной и стенками скважины.

5. ТВЕРДОСПЛАВНОЕ БУРЕНИЕ

Твердосплавное бурение применяется в породах малой и средней твердости – до VII, частично VIII категории по буримости. На его долю приходится более 60% общих объемов бурения на твердые полезные ископаемые.

5.1 КЛАССИФИКАЦИЯ КОРОНОК

Твердосплавные коронки классифицируются по конструктивным особенностям и областям применения и подразделяются на три группы:

- I. *Ребристые* коронки для мягких пород I-IV категории (M);
- II. *Резцовые* коронки для пород средней твердости V-VII категории, малоабразивных (СМ и СТ);
- III. *Самозатачивающиеся* коронки для пород средней твердости, V-VII, частично VIII категории, абразивных.

Ребристые коронки характеризуются наличием ребер на короночном кольце, увеличивающих диаметр коронки на один размер. Наличие ребер обеспечивает увеличение зазора между колонковой трубой и стенками скважины, что способствует предупреждению прихватов снаряда при бурении в мягких, липких, набухающих породах, улучшению условий очистки скважины от шлама. К коронкам этой группы относятся М1, М2, М5.

Резцовые коронки представляют собой короночное кольцо, армированное единичными твердосплавными резцами. Различаются количеством резцов, их формой и расположением. Используются заостренные резцы относительно большого поперечного сечения, и коронка сохраняет работоспособность до затупления заостренной части резца. К этой группе относятся коронки CM3, CM4, CM5, CM6, CT2.

Самозатачивающиеся коронки армированы пакетами резцов (штабиками), включающими твердосплавные резцы малого поперечного сечения и опорную стальную пластину. При бурении имеет место опережающий износ стальной пластины, что обеспечивает постоянный выступ твердосплавных резцов, а их малая контактная площадь поверхности обуславливает объемный характер разрушения горной породы. К коронкам этой группы относятся типы CA1, CA2, CA3, CA5, CA6, а также коронка комбинированного типа CA4.

5.2 КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОРОНОК

Коронки состоят из отдельных конструктивных элементов. Некоторые из них являются общими для всех коронок, а другие составляют особенность групп или конкретного типа.

Элементы коронки: корпус (короночное кольцо), состоящий из гладкой и резьбовой части; внутренний конус, ребро (у ребристых коронок), наружный и внутренний диаметры (измеренные по выступу резцов внутрь и наружу), резец.

Длина резьбы независимо от ее диаметра составляет 30 мм. Пример обозначения резьбы: резьба 73 ГОСТ 6238-77.

Противоположной резьбовой части торец имеет промывочные каналы. Два соседних канала образуют зубок, в котором установлены резцы твердого сплава.

Элементы гидравлической системы : наружный и внутренний зазоры, промывочный канал, шламовый паз. Суммарная площадь промывочных каналов не должна быть меньше минимальной площади проходного отверстия в колонне бурильных труб. Шламовые пазы расположены по наружной поверхности короночного кольца. В большинстве случаев промывочные каналы имеют форму трапеции.

Элементы режущей части: резцы (твердосплавные пластины), которые в зависимости от места расположения подразделяются на основные, подрезные (имеют выступ внутрь или наружу кольца) и дополнительные подрезные, размещенные в промывочных каналах. Подрезные резцы предохраняют коронку от закатушения.

Элементы резца : угол заточки α , угол резания β , передний δ и задний φ углы. Передний угол может быть положительным (наклон резца в сторону его движения) и отрицательным (наклон в противоположную сторону).

Выступ резцов из-под торца коронки может быть одинаковым, образуя при бурении плоский забой, или различным по concentрическим окружностям (рядом резцов), образуя ступенчатый забой. В последнем случае эффективность разрушения породы возрастает.

Выход резцов из-под торца составляет 1,5-3 мм для твердых пород и 4-5 мм для мягких. Наружу и внутрь выход резцов составляет соответственно 0,5-1 и 3-6 мм.

5.3 ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ И ФОРМЫ РЕЗЦОВ

5.4

В качестве режущих элементов в твердосплавных коронках используются твердые сплавы вольфрамо - кобальтовой группы ВК. Обычно применяются ВК3, ВК6, ВК8, при этом цифра в марке твердого сплава указывает на процентное содержание кобальта. С увеличением содержания кобальта возрастает механическая прочность, но снижается износостойкость.

По геометрической форме наиболее широко применяются следующие разновидности:

Г53 -восьмигранные призмы с углом заострения 25 град.;

Г51 -призмы прямоугольного сечения, заостренные;

Г41 -резцы малой толщины (0,7 мм) прямоугольного сечения, без заострения, и другие формы.

Отличительной особенностью твердосплавных пластин, используемых в самозатачивающихся коронках, является малая площадь их поперечного сечения.

5.5 ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ

При твердосплавном бурении режимные параметры необходимо выбирать из условия обеспечения максимальной механической скорости бурения. Современные коронки при рациональном их применении обеспечивают необходимую проходку за рейс, особенно в породах I-VI, частично VII категории.

Механическая скорость в зависимости от *осевой нагрузки* изменяется по параболе и для каждой породы имеет максимум, определяемый ее прочностными характеристиками. Превышение оптимальных значений осевой нагрузки приводит к возникновению вибраций инструмента и, как следствие, к поломкам и сколам пластин. При этом износ коронок увеличивается.

Рекомендуемые значения удельных нагрузок на резец для пород различных категорий при бурении ребристыми и резцовыми коронками приведены ниже:

Категория пород	I –II	III	IV	V	VI	VII
С уд.,даН 120	40-50	50-60	60-80	60-80	80-100	100-

При бурении в породах V-VIII категории по буримости самозатачивающимися коронками осевая нагрузка на режущую вставку (пакет) рекомендуется:

Категория по буримости	V	VI	VII	VIII
Ос. нагрузка, даН	100-120	120-140	140-160	160-180

При бурении в трещиноватых породах указанные значения должны быть уменьшены на 30-50%.

Изменение механической скорости в зависимости от частоты вращения носит нелинейный характер и соответствует параболе. С увеличением частоты вращения механическая скорость вначале увеличивается, достигает максимального значения, а затем уменьшается. Максимальное значение механической скорости примерно соответствует окружной скорости коронки, равной 1,4-1,5 м/с., и в зависимости от диаметра коронок рекомендуемые значения частот вращения составят:

Нар. диаметр коронок, мм	36	46	59	76	93	112	132	151
Частота вращения, об/мин	600	500	400	330	250	200	180	150

При бурении трещиноватых пород и с переходом в более абразивные породы частоту вращения следует уменьшать в связи с повышенным износом резцов.

При бурении в мягких породах II-IV категории по буримости частота вращения может быть, наоборот, выше, и окружная скорость может составлять 2,5-3 м/с.

Расход промывочной жидкости должен быть достаточным для транспортирования шлама на поверхность. При бурении твердосплавными коронками и промывке скважины водой скорость восходящего потока должна быть не менее 0,25 м/с, а при использовании глинистого раствора - 0,2 м/с. Рекомендуемая скорость восходящего потока составляет 0,4-0,6 м/с.

На практике обычно рассчитывают рациональный расход промывочной жидкости, исходя из рекомендуемых значений удельного расхода, приходящегося на 1 см. диаметра коронки:

Коронки	Q , л/мин на 1 см диаметра коронки по категориям пород				
	I -II	III-IV	V	VI	VII-VIII
Ребристые	8-14	12-16	-	-	-
Резцовые	-	-	8-16	8-12	6-8
Самозатачивающиеся	-	-	8-14	8-12	6-8

6. АЛМАЗНОЕ БУРЕНИЕ

1.

Алмазное бурение относится к одним из наиболее эффективных способов и находит широкое применение. Рациональные области применения этого способа-породы VIII-XII категории по буримости. Длительное время алмазное бурение практически не применялось в бывш. СССР из-за отсутствия собственной сырьевой базы и действия эмбарго на поставку алмазов в СССР. Лишь после открытия и освоения месторождений алмазов Якутии в конце 50-х – начале 60-х годов началось изготовление собственного алмазного породоразрушающего инструмента и широкое внедрение в практику геологоразведочных работ этого способа бурения.

Высокая эффективность алмазного бурения определяется особыми, уникальными свойствами алмазов.

6.1 АЛМАЗЫ И ИХ СВОЙСТВА

По химическому составу алмаз представляет собой разновидности углерода.

Атомы углерода образуют в кристалле алмаза весьма компактную кристаллическую решетку, что и обуславливает его особые свойства.

Алмазы встречаются в виде отдельных кристаллов (куб, октаэдр, ромбододэкаэдр) или в виде сростков мелких кристаллов (кристаллические агрегаты). Разновидностями кристаллических агрегатов являются балласы, карбонадо и бортсы. Первые две разновидности обладают высокими прочностными свойствами, но встречаются редко и в бурении практически не находят применение. Основной объем алмазного бурения выполняется коронками с алмазами типа бортс, представляющими неправильные сростки кристаллов.

Масса алмазов измеряется в каратах (1 карат=0,2 гр.), а крупность обычно оценивается количеством штук на один карат или по размеру отверстий сита при сортировке алмазов в мкм. В буровой практике используются относительно мелкие алмазы от 2 шт/карат (А-380) до 400-800 шт/карат (А-63).

Наиболее важным свойством алмаза является его исключительно высокая твердость и износостойкость. Абсолютная твердость алмаза, измеряемая вдавливанием алмазной пирамиды-10060 даН/мм², что в 9 раз выше твердости кварца, и 7 раз -металлокерамического твердого сплава. Стойкость на истирание у алмаза в 150 раз выше, чем у корунда и в десятки раз - чем у самых лучших твердых сплавов.

Относительная прочность кристаллов алмазов возрастает с уменьшением их размера. Так, относительная прочность кристаллов в 60-90 шт/карат на 70 % выше прочности кристаллов в 20-30 шт/карат. Наличие трещин снижает прочность кристаллов в 1,2-1,9 раза.

Твердость граней одного и того же кристалла алмаза неодинакова, также различна твердость по разным направлениям в пределах одной грани, что используется при вставке алмазов с ориентированием по твердому вектору.

Обладая большой стойкостью при истирании и прочностью на раздавливание при воздействии статических нагрузок, алмазы относительно хрупки и при ударах легко раскалываются по плоскостям спайности. Динамическая нагрузка, разрушающая алмаз, в среднем в 4,3 раза меньше, чем нагрузка при статическом разрушении. Предел прочности алмаза на изгиб в 3-4 раза ниже, чем твердого сплава.

Модуль упругости, характеризующий способность к деформации, выше всех природных твердых тел.

Высокая теплопроводность (в 2-5 раз выше, чем у твердого сплава) обеспечивает быстрый отвод тепла.

Малый коэффициент линейного расширения (в 5-6 раз меньше, чем у твердых сплавов) обеспечивает высокую стойкость алмазного инструмента при работе на форсированных режимах.

Алмазы характеризуются исключительно высокой химической стойкостью. Самые сильные кислоты и щелочи на них не действуют, только в расплаве натриевой и калиевой селитры и соды алмазы могут окисляться и сгорать.

При нагреве алмаз графитизируется и затем сгорает: на воздухе при температуре 850-1000°C, в кислороде - при 720-800°C, при нагревании без доступа кислорода алмаз выдерживает температуру до 1000-1100°, а в защитной среде (азот, водород, окись углерода) - до 1200-1300°C без изменения свойств.

В бурении используются, в основном, алмазы пониженного качества, поэтому с целью улучшения буровых свойств алмазов, упрочнения отдельных зерен, отбраковке дефектных применяется ряд методов обработки алмазов. Основные из них следующие:

избирательное дробление (взаимное соударение зерен алмазов в воздушной струе, разрушение дефектных зерен);

овализация (взаимное истирание зерен алмазов до округлой формы с матовой поверхностью);

полирование (механическое, химическое или газопламенное до получения полированной, блестящей поверхности ранее овализованных зерен);

металлизация (покрытие зерен алмазов тонкой пленкой тугоплавкого металла) для улучшения сцепления алмаза с материалом матрицы коронки (адгезии).

6.2 КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АЛМАЗНЫХ КОРОНОК

Алмазная коронка состоит из алмазосодержащей матрицы и стального корпуса, снабженного резьбой.

Матрица - это рабочая часть коронки, представляющая собой кольцо из металлокерамического сплава, в котором размещены и укреплены алмазы. В матрице прорезаны промывочные каналы, которые разделяют ее на сектора.

Кристаллы алмазов расположены в матрице в определенном порядке и подразделяются на объемные, выполняющие основную работу по разрушению породы на забое скважины и размещенные по торцу матрицы, и

подрезные, размещенные по кромкам матрицы и предназначенные для обработки (калибровки) стенок скважины и керна, предохранения коронки от преждевременного износа по боковым поверхностям. В качестве подрезных используют обычно достаточно крупные высококачественные алмазы естественной формы или овализованные и полированные.

Работоспособность алмазных коронок зависит, прежде всего, от свойств материала матрицы. Матрица коронок должна обеспечивать:

- прочное сцепление (адгезию) алмаза с материалом матрицы с целью удержания зерен при некотором их обнажении;
- постоянный выступ алмазов из-под торца коронки.

Регулирование свойств матрицы достигается путем изменения ее состава и за счет различной технологии изготовления.

Матрицы алмазных коронок изготавливаются методом порошковой металлургии. Основные металлы - вольфрам, кобальт, никель и др.; связующий (пропиточный) материал - медь, бронза, латунь и др. Применяются следующие методы изготовления коронок:

- способ холодного прессования с последующей пропиткой с использованием стальных прессформ;
- способ горячего прессования с пропиткой ;
- изготовление в графитовых прессформах с последующей пропиткой.

Износостойкость матрицы ориентировочно оценивается по ее твердости с использованием прибора Роквелла по шкале "С". Серийно выпускаются коронки с матрицами трех типов:

1. Нормальная твердостью 20-25 HRc - для мало- и среднеабразивных пород, плотных, монолитных;
2. Твердая, 30-35 HRc , - для абразивных пород, монолитных, разрушенных и трещиноватых;
3. Сверхтвердая, 50-55 HRc , - для весьма абразивных, разрушенных и трещиноватых пород.

Для нормальной работы алмазной коронки необходимо, чтобы в течении всего времени бурения обеспечивался постоянный выступ алмазов, создавая зазор между забоем и матрицей, поэтому интенсивность износа матрицы и алмазов должна быть одинаковой. При излишней износостойкости матрицы происходит "замазывание" алмазов, а при недостаточной - их чрезмерное обнажение и выпадение. Кроме того, при неравномерном износе алмазов и матрицы нарушается промывочная система коронки, что может привести к зашламованию забоя или повторному разрушению частиц шлама.

Алмазы могут размещаться в матрице как по ее поверхности, так и в теле матрицы, в ее алмазосодержащем слое. В соответствии с этим коронки подразделяются на однослойные и импрегнированные (impregnate-насыщать), в которых алмазы размещены в слое матрицы толщиной 3-4 мм. В однослойных коронках алмазы укладываются по определенной схеме, обеспечивающей полное перекрытие торца алмазами. В импрегнированных коронках алмазосодержащий слой представляет собой смесь шихты (твердосплавный порошок) и мелких алмазов.

Крупность (зернистость) алмазов выбирается в зависимости от твердости горных пород, крупности слагающих их частиц. Для бурения крупнозернистых пород используются более крупные алмазы, что обеспечивает большой зазор и возможность удаления с забоя частиц большого размера. Чем тверже порода, тем мельче должны быть алмазы.

Промывочная система коронок определяется количеством, формой и сечением промывочных каналов; величиной и выступом алмазов из матрицы, размещением алмазов в каплевидных выступах матрицы по торцу и в ребрах по боковым поверхностям. Чем мягче порода, чем больше образуется шлама, тем совершеннее должна быть промывочная система.

Геометрия режущей части матрицы также может быть различной. Стандартные алмазные коронки в большинстве случаев имеют торец в форме усеченной полусферы, когда радиус закругления равен толщине матрицы или больше ее половины. Кроме такого профиля торца используются формы полусферы (при необходимости размещения большого количества относительно крупных алмазов), плоского торца (размещение минимального количества мелких алмазов), прямого и обратного полукуполов.

Основные конструктивные параметры коронок обозначены в шифре (индексе) коронки.

Пример: 07 А 3 Т 60 К 10
 1 2 3 4 5 6 7

- 1 (07)-порядковый номер разработки;
- 2 (А)-расположение алмазов в матрице: А - однослойная, И - импрегнированная;
- 3 (Т)-качество объемных алмазов (буквенное обозначение группы, подгруппы и качества алмазов в соответствии с техническими условиями на алмазное сырье);
- 4 (60)-максимальная крупность объемных алмазов;
- 5,6 (К10)-соответственно качество и максимальная крупность подрезных алмазов.

6.3 ТИПЫ АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

К алмазному породоразрушающему инструменту относятся коронки и расширители. Разработка этого инструмента включала несколько этапов совершенствования конструкций.

В начале 60-х годов для решения задачи широкого внедрения алмазного бурения в практику геологоразведочных работ в ВИТРе (Всесоюзный научно-исследовательский институт методики и техники разведки, г. Ленинград) были разработаны первые типы однослойных и импрегнированных коронок. Это коронки простой конфигурации без заданного выступа алмазов, так как они изготавливались в металлических прессформах:

01А3- для малоабразивных пород VIII-IX категории;

01А4- для абразивных пород VIII-IX категории – однослойные и

02И3, 02И4, 03И5 - импрегнированные для пород X-XII категорий, малоабразивных, абразивных и весьма абразивных соответственно.

В последующие годы были разработаны однослойные коронки более совершенных конструкций, в том числе более узко специализированные.

К этой группе коронок можно отнести:

04А3, 05А3 –коронки, изготовленные в графитовых прессформах, что обеспечивает размещение объемных алмазов в каплевидных выступах (заданный выступ алмазов по торцу), предназначенные для бурения пород типа песчаников соответственно VII-VIII и IX-X категории.

07А3 –коронка с заданным выступом алмазов, изготовленная в металлокерамической прессформе , предназначенная для пород VIII-IX категории.

14А3 – коронка с утолщенной по сравнению со стандартной матрицей (уменьшен внутренний диаметр), предназначенная для бурения трещиноватых пород VIII-IX категории, обеспечивающая увеличение проходки за рейс.

15И3 – коронка с уменьшенной толщиной матрицы, предназначенная для бурения крепких малоабразивных пород XI-XII категории, увеличения удельной осевой нагрузки за счет малой площади торца.

16А3 – зубчатая многосекторная коронка для пород средней твердости V-VII категории по буримости.

А4ДП и И4ДП –коронки, изготовленные по усовершенствованной технологии с горячей допрессовкой с улучшенными свойствами матрицы, использованием полированных алмазов.

Однослойные коронки с выступающими алмазами менее чувствительны к изменению свойств матрицы, и области их применения по абразивности пород расширяются.

Расширители размещаются над коронкой и предназначается для калибровки стенок скважины, исключения необходимости разбуривания призабойной ее части при пуске в работу новой коронки. Номинальный диаметр расширителя на 0,4 мм больше диаметра коронки. Расширитель представляет собой металлический корпус с резьбой под коронку внизу и под колонковую трубу вверху с внутренней расточкой для размещения кернорвательного кольца. На наружной боковой поверхности корпуса имеется кольцо с алмазосодержащими секторами и промывочными каналами. В настоящее время выпускаются расширители типа РСА (расширитель секторный алмазный). Применяются расширители в крепких абразивных породах, где наблюдается интенсивный износ коронок по наружному диаметру.

6.4 СИНТЕТИЧЕСКИЕ АЛМАЗЫ И СВЕРХТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ В БУРЕНИИ

В последние годы на вооружение буровых работ все в большей мере берутся коронки, армированные синтетическими алмазами и сверхтвердыми материалами.

Это связано как с дефицитом и высокой стоимостью природных алмазов, так и с успехами в синтезе алмазов и других сверхтвердых материалов. Такая тенденция наблюдается и в зарубежной практике бурения.

Рассматриваемые материалы подразделяются на две основные группы:

I. Материалы на основе алмаза.

II. Материалы на основе кубического нитрида бора.

Материалы первой группы находят наибольшее применение в бурении подразделяются на:

•

•

- а/ монокристаллические алмазы;
- б/ поликристаллические алмазы;
- в/ композиционные материалы.

Монокристаллические алмазы (в бурении используются алмазы группы АСС) представляют собой единичные кристаллы весьма малых размеров (в несколько сотен штук/карат). –АСС-50, АСС-65 и др., где цифра характеризует прочность зерен на разрушение, даН/зерно. Эти алмазы находят достаточно широкое применение при изготовлении импрегнированных коронок (БС, БСС и другие).

Поликристаллические алмазы представляют собой агрегаты скрытокристаллического строения и подразделяются на три группы:

- 1/ алмазы синтетические типа “баллас” (АСБ).; Обладая хорошими механическими свойствами, алмазы этой группы недостаточно термостойки и применения в бурении не нашли;
 - 2/ АСПК (АРК-4)- алмазы синтетические поликристаллические. Ситнезируют в виде цилиндров длиной до 6,5 мм и после дробления получают зерна размером от 10-20 до 120-500 шт/карат. Обладают высокими механическими свойствами, сравнимыми с природными алмазами, и приемлемой для порошковой металлургии термостойкостью. Используются для изготовления однослойных (А4ГС), импрегнированных (И4ГС) и резцовых коронок (КСК). Последние достаточно успешно работают в диапазоне пород твердосплавного бурения.
 - 3/ СВСП (АРС-3) - алмазы синтетические ВНИИТС, светлые, прочные. Выпускаются в виде цилиндров аналогичных АСПК. Обладают повышенной термостойкостью и прочностными свойствами на уровне природных алмазов. Используются для изготовления резцовых (типа КС), однослойных (01АЗСВ, 16АЗСВ и др.) и импрегнированных (02ИЗСВ и др.) коронок. Эта группа синтетических алмазов находит наибольшее применение в бурении.
- Композиционные материалы изготавливаются на основе алмазов и твердого сплава. К ним относятся “СЛАВУТИЧ”, “ТВЕСАЛ”, алмазно-твердосплавные пластины АТП. Твесал и Славутич можно изготавливать любой заданной геометрической формы. Эти материалы обладают высокой износостойкостью, прочностью и находят широкое применение в бурении, особенно на нефть и газ. Пластины АТП также очень перспективны для использования в бурении.

6.5 ТЕХНОЛОГИЯ АЛМАЗНОГО БУРЕНИЯ

Особенности технологии бурения алмазными коронками определяется особыми свойствами алмазов, прежде всего высокой твердостью и износостойкостью, но недостаточной прочностью по отношению к ударным и изгибающим нагрузкам. Необходимо также учитывать характеристику алмазов по термостойкости, теплопроводности.

Учитывая хрупкость алмазов и матрицы не допускается сжатие коронок при их навинчивании и свинчивании. Для этого используются специальные ключи со штифтом. Не допускается бурение коронками при наличии на забое кусков металла или керна - в этом случае производится предварительная очистка забоя. Нельзя допускать значительного закошушения приза-

бойной части скважины, так как разбуривание в крепких породах быстро выводит коронку из строя.

Алмазы очень восприимчивы к вибрации снаряда- в этом случае новая коронка может износиться в течении рейса. Для предупреждения вибраций принимаются следующие меры:

- Зазор между бурильной колонной и стенками скважины или стенками обсадной колонны должен быть минимальным, что обеспечивает небольшую стрелу прогиба бурильной колонны. Для алмазного бурения разработаны бурильные трубы диаметром 54 мм (скважина 59 мм), 68 мм (скв. 76 мм) и др.
- Бурильная колонна не должна иметь утолщений и сосредоточенных масс, то есть должна быть гладкоствольной по наружному диаметру и сбалансированной. Поэтому при алмазном бурении рекомендуется использовать бурильные колонны ниппельного соединения.
- Коэффициент трения бурильной колонны о стенки скважины должен быть минимальным. Рекомендуется применение специальных смазок для бурильной колонны (КАВС и др.) и смазывающих добавок к промывочным жидкостям.
- Для устранения вероятности возникновения вибраций разработаны забойные амортизаторы продольных, поперечных и крутильных колебаний, в состав которых входят резиновые или пружинные элементы. Разработаны также коронки с корпусами из композиционного демпфирующего материала (железо-медь), снижающие отрицательное влияние вибрации (02ИЗЖМ).

Опасность возникновения вибраций возрастает с увеличением частоты вращения.

При спуске снаряда нельзя допускать ударов коронки об уступы скважины или соединения обсадных труб (необходима проработка уступов и использование обсадных труб безнипельного соединения).

Дохождение до забоя ведется при пониженных частотах вращения (I-II скорости вращения) и малой осевой нагрузке (300-400 даН).

Собственно бурение осуществляется при соблюдении следующих параметров:

Осевая нагрузка выбирается из расчета удельных значений нагрузки для однослойных коронок 50-70 даН / см² рабочей площади торца коронки и для импрегнированных -100-120 (до 150) даН/см². Средние значения осевой нагрузки при диаметре коронки 76 мм примерно находятся в пределах 1400-1600 даН.

Частота вращения при алмазном бурении определяется прочностью бурильной колонны и мощностью двигателя станка, так как механическая скорость с увеличением частоты вращения непрерывно возрастает. За рациональную можно принять окружную скорость в пределах 3-3,5 м/с . При использовании необходимых технологических мероприятий бурение можно осуществлять при частотах вращения от 1200-1500 об/мин на глубинах до 200-300 м и до 400-500 об/мин на глубинах в 1000-1200 м.

Расход промывочной жидкости при алмазном бурении существенно меньше, чем при твердосплавном. Это связано с быстрым отводом теп-

ла от алмаза к матрице (высокая теплопроводность алмазов), образованием мелких частиц шлама и малыми зазорами между бурильной колонной и стенками скважины. Главное требование при промывке - постоянство и непрерывность подачи жидкости. Рекомендуемые значения удельного расхода составляют 2,5- л/мин на 1 см диаметра коронки. Средние значения расхода находятся в пределах 25-30 л/мин при бурении в крепких кристаллических породах и 50-60 л/мин - в осадочных. Технология отработки алмазных коронок должна обеспечивать наряду с достижением высокой механической скорости бурения еще и минимальный удельный расход алмазов. Система рациональной отработки алмазных коронок предусматривает:

- Измерение алмазных коронок по наружному и внутреннему диаметрам производится штангенциркулем с точностью 0,01-0,05 мм, данные замеров записываются в ведомость учета работы коронок;
- Наличное количество коронок на буровой ранжируется по наружному диаметру, и в работу вначале пускаются коронки большего диаметра /для предупреждения закошушения скважины/;
- При нормальном износе импрегнированные коронки отрабатываются полностью, а однослойные снимаются с работы при значительном обнажении алмазов, до наступления момента их массового выпадения, Алмазы из отработанных коронок в последующем извлекаются (рекуперируются) на заводе-изготовителе для повторного использования;
- Коронки подлежат снятию с работы при аномальных формах износа торца (образование канавок, уступов, фасок по кромкам матрицы), а также при наличии трещин по промывочным каналам матрицы.

7. БУРЕНИЕ СНАРЯДАМИ СО СЪЕМНЫМИ КЕРНОПРИЕМНИКАМИ

Сущность этого способа состоит в использовании керноприемника, который после заполнения его керном извлекается на поверхность с помощью каната на лебедке без подъема бурильной колонны. К настоящему времени разработаны и применяются комплексы:ССК-46,59 и 76 (по диаметру коронок соответственно), разработанные в ВИТРе и предназначенные для бурения в кристаллических породах преимущественно рудных месторождений с использованием промывки водой или маловязкими жидкостями;КССК-76, разработанный в СКБ и предназначенный для бурения в породах осадочного комплекса с промывкой более вязкими жидкостями.

Использование снарядов со съемными керноприемниками обеспечивает повышение скорости бурения за счет сокращения времени спуско-подъемных операций и применения более высоких частот вращения, улучшение качества опробования при бурении, повышение срока службы оборудования и инструмента, облегчение условий труда рабочих.

7.1 СОСТАВ КОМПЛЕКСОВ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ

В состав комплексов входит:

- Специальная бурильная колонна с большим диаметром внутреннего канала, обеспечивающим прохождение керноприемника;

- Наружная колонковая труба, присоединяемая к бурильной колонне с помощью переходника;
- Породоразрушающий инструмент (коронка и расширитель), присоединяемый к наружной колонковой трубе;
- Съёмный керноприемник;
- Ловитель (овершот) для извлечения съёмного керноприемника;
- Лебедка с канатом;
- Комплект инструмента и приспособлений для проведения спускоподъемных операций и ликвидации аварий.

Основные параметры комплексов

Параметры	ССК-46	ССК-59	ССК-76	КССК-76
Глубина бурения, м	1000	1200	1200	2000
Нар. диаметр труб, мм	43	55	70	70
Толщина стенки труб, мм	4,8	4,8	4,8	5,0
Внутр. диаметр коронки, мм	24	35,4	46,	40

Основные отличия комплексов ССК и КССК состоят в конструкции бурильной колонны и величине зазоров для прохода промывочной жидкости (в КССК они увеличены).

Бурильная колонна ССК гладкоствольная по наружному и внутреннему диаметрам, соединением “труба в трубу” с помощью специальной трехупорной конусной резьбы прямоугольного профиля. Такая резьба обеспечивает хорошую герметичность, но не выдерживает повышенных осевых нагрузок и плохо работает на изгиб. Трубы не имеют прорезей для проведения спускоподъемных операций.

Бурильная колонна КССК муфтово-замкового соединения. Муфты и замки имеют больший, чем трубы, наружный диаметр, замки имеют прорези, что обеспечивает использование традиционного способа спуска и подъема колонны. Бурильные трубы имеют на концах внутреннюю высадку.

Съёмный керноприемник состоит из узла раскрепления и захвата, узла подвески керноприемной трубы и керноприемной трубы с кернорвателем.

Керноприемник фиксируется в наружной колонковой трубе от перемещения в поперечном и продольном направлениях. Нижнее (рабочее) его положение фиксируется посадкой на опорную втулку, а от перемещения вверх при бурении керноприемник фиксируется раскрытием защелок. От радиального перемещения фиксируется в опорной втулке (вверху) и центраторе (внизу).

Раскрепление керноприемника происходит при раскрытии подпружиненных защелок, которые при натяжении наголовника с помощью ловителя

и перемещении вверх подвижной втулки смыкаются и освобождают керноприемник для транспортировки его на поверхность.

Подвеска керноприемной трубы – на подшипниковом узле, что обеспечивает отсутствие ее вращения при бурении. Система подвески позволяет регулировать зазор между торцом трубы и внутренним уступом коронки. В состав этого узла входит резиновая манжета, которая при возникновении самозаклинивания керна воспринимает осевую нагрузку и сжимается, перекрывая кольцевой зазор для прохода промывочной жидкости. Повышение давления насоса является сигналом возникновения самозаклинивания керна и необходимости извлечения керноприемника.

Для срыва и удержания керна внизу керноприемной трубы размещено кернорвательное устройство. Срыв керна производится при подрыве бурильной колонны, при этом коронка упирается в корпус кернорвателя.

При сборке керноприемника необходимо обеспечить верхний зазор между защелками и переходником в 2-3 мм для нормального раскрытия защелок и нижний зазор между корпусом кернорвателя и внутренним уступом коронки в 2-4 мм.

Овершот предназначен для захвата и удержания керноприемника при его транспортировании внутри колонны бурильных труб. Он состоит из канатного замка, штока, к которому крепится корпус с продольными вырезами и подпружиненными защелками (лапами) и утяжелителя. Для отсоединения овершота от керноприемника в случае его заклинивания в бурильной колонне при транспортировке на поверхность применяется съемный патрубок с прорезью, который одевается на канат и сбрасывается в колонну труб. Дойдя до защелок, он фиксирует их раскрытие.

Породоразрушающий инструмент включает коронки и расширители. Используются алмазные коронки, обладающие большим рабочим ресурсом.

Для ССК разработан ряд коронок, из которых наибольшее применение находят следующие конструкции:

- однослойная со ступенчатым профилем торца (3-5 ступеней), предназначенная для пород VIII-IX категории; применительно к ССК-59 шифр коронки КО1.
- зубчатая многосекторная коронка, аналогичная по конструкции 16А3, для пород V-VII категории (КО2).
- Комбинированная, однослойная ступенчатая с импрегнированным пилотом, для пород X-XI категории (КО8).

Для КССК разработаны коронки:

- К-30 зубчато-ступенчатая, для пород V-VII категории,
- К-16 ступенчатая коронка, для пород VIII-IX категории.

Кроме этих типов используются 17А3, К-41 и другие.

Расширители сходны по конструкции с обычными для алмазного бурения (РСА-1, РЦК и др.).

7.2 ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ

Особенности технологии бурения ССК и КССК определяются особенностями конструкции этих комплексов:

- Малый зазор между бурильной колонной и стенками скважины (1,5-3 мм), что определяет необходимость использования маловязких жидкостей,

полимерных или воды, а также небольшой расход промывочной жидкости: при больших расходах резко возрастают давление насоса и силы гидростатического давления.

- Тонкостенность буровых труб и конструкция резьбовых соединений (ССК) ограничивает величину осевой нагрузки: при превышении допустимых ее пределов может происходить бочкообразное вздутие резьбы. По той же причине буровые колонны ССК не выдерживают больших изгибающих нагрузок.
- Гладкоствольность буровой колонны и малые зазоры позволяют использовать частоты вращения более высокие, чем при обычном алмазном бурении (особенно ССК).
- Увеличенная площадь торца коронок требует применения повышенных осевых нагрузок, особенно при бурении крепких пород, но они ограничиваются прочностью буровой колонны.

В соответствии с этим к технологии бурения снарядами со съёмными керноприемниками предъявляются следующие основные требования:

Конструкция скважин должна предусматривать минимальный зазор между буровой колонной и обсадными трубами. В некоторых случаях используют временную обсадную колонну минимального диаметра только для уменьшения зазора.

Осевая нагрузка ограничивается верхними пределами:

1400 даН – для ССК-46,
1700 даН – для ССК-59,
2000 даН – для ССК-76,
2500 даН – для КССК-76.

Частота вращения при бурении ССК выше, чем при обычном алмазном бурении и ограничивается прочностью буровой колонны и мощностью привода двигателя станка.

Расход промывочной жидкости на 30-40% меньше, чем при обычном алмазном бурении и составляет для ССК примерно 12-15 л/мин при диаметре бурения 46 мм, 15-20 л/мин при диаметре 59 мм и 20-25 л/мин при 76 мм. Скорость восходящего потока должна быть 0.6-0.8 м/с. При бурении КССК в связи с большей разработкой стенок скважины расход жидкости увеличивается до 50-60 л/мин.

Промывочная жидкость должна хорошо очищаться от шлама.

8. БУРЕНИЕ С ГИДРОТРАНСПОРТОМ КЕРНА

Сущность способа состоит в использовании двойной буровой колонны, когда промывочная жидкость подается на забой скважины по межтрубному зазору, а поднимается по центральному каналу, транспортируя на поверхность керн и разрушенную породу.

Для бурения этим способом используются буровые установки КГК-100 и КГК-300 (соответственно на 100 и 300 м). Области применения – мягкие породы I-IV категории с прослоями более твердых пород при бурении картировочных, поисковых скважин, а также разведочных на некоторые виды полезных ископаемых.

Скважины проходятся, как правило, без крепления обсадными трубами, с промывкой водой, в течение одного рейса. По сравнению с обычным способом производительность возрастает в 3-4 раза, и коммерческая скорость достигает 10-12 тысяч метров в месяц.

В состав комплексов входит

- Буровая установка УРБ-2А-2ГК, смонтированная на базе автомобиля ЗИЛ-131, с подвижным вращателем с приводом от гидромотора. Ход вращателя 5200 мм., что обеспечивает проведение спускоподъемных операций с помощью гидроцилиндра, без использования лебедки. Частота вращения 140, 225 и 325 об/мин.
- Насос НБ4-320/63 с максимальной подачей 320 л/мин.
- Специальная бурильная колонна, состоящая из наружных труб, стальных диаметром 73 мм (КГК-100) или из алюминиевого сплава диаметром 75 мм (КГК-300) и внутренних, легкосплавных, диаметром 48 мм. Наружные трубы соединяются с помощью резьб, а внутренние - с помощью подвижного безрезьбового соединения. Колонна внутренних труб подпружинена с помощью амортизатора. Трубы собраны в секции из наружных, внутренних труб и центраторов.
- Система промывки, включающая промывочный сальник с керноотводящим патрубком большого радиуса закругления, нагнетательные и сливные рукава и вентиль для подачи промывки в центральный канал колонны труб или в межтрубный зазор.
- Керноприемное устройство, включающее транспортер с ручным приводом, кернопремные лотки и пескосборник.
- Стеллаж для труб.

В качестве породоразрушающего инструмента используются специальные твердосплавные коронки диаметром 76, 84 и 92 мм, а также алмазные коронки,

Коронки диаметром 76 мм применяются в устойчивых породах, 84 мм – имеют расширяющие ребра и предназначены для вспучивающихся и неустойчивых пород II-IV категории, а 92 мм – для бурения в мощных толщах сыпучих отложений и пльвунов.

При бурении поток жидкости не контактирует со стенками скважины, что значительно уменьшает потери промывочной жидкости и позволяет бурить даже в зонах интенсивного и катастрофического поглощения. Однако отсутствие потока жидкости в затрубном пространстве приводит к его зашламованию, прихватам снаряда. Поэтому бурение этим способом сопровождается непрерывным расхаживанием снаряда, и к числу режимных параметров относятся:

- осевая нагрузка,
- частота вращения,
- расход промывочной жидкости,
- частота и высота расхаживания снаряда,
- крутящий момент.

Осевая нагрузка составляет от 450-600 даН в породах II категории (пески, суглинки) до 1200-1400 даН в прослоях крепких пород.

Частота вращения составляет 140 об/мин в мягких, 225 об/мин в твердых породах.

Расход промывочной жидкости рекомендуется принимать от 120-160 л/мин в мягких породах до 160-200 л/мин в твердых. Скорость восходящего потока должна находиться в пределах 1,5-2,3 м/с.

Интервал расхаживания снаряда – через 0,5-1 метр углубки в мягких породах, 1-2 м – в твердых. Высота подрыва снаряда уменьшается с увеличением твердости пород и находится в пределах 0,5-1,5 м.

Керн может поступать на поверхность в виде отдельных кусков /цилиндров/ высотой от 2-3 см в крепких породах до 30-50 см в мягких, вязких. Для обеспечения привязки породы с глубиной скважины углубка периодически прекращается до полного выноса породы на поверхность.

Из числа осложнений при бурения наиболее часто происходит заклинивание керна при транспортировке его на поверхность – в бурильной колонне или керноотводящем патрубке сальника. Для ликвидации самозаклинивания используют подачу промывки в центральный канал труб, в том числе с продавливанием деревянной пробки, а также встряхивание снаряда, обстукивание керноотводящего патрубка.

9. БУРЕНИЕ С ПРОДУВКОЙ

При бурении в качестве очистного агента может применяться не только промывочная жидкость, но и сжатый воздух, имеющий ряд преимуществ:

- неограниченное количество и в любом месте,
- малая вязкость и плотность,
- хорошая сжимаемость,
- низкая теплоемкость и теплопроводность.

Эти преимущества обеспечивают хорошую очистку забоя скважины вследствие мгновенного расширения сжатого воздуха и турбулентности восходящего потока, отсутствие противодействия столба жидкости на забой, снижение теплового воздействия на стенки скважины. Бурение с продувкой характеризуется высокой механической скоростью.

Рациональными областями применения этого способа являются безводные разрезы, сложенные нелипкими и несыпучими породами; в случаях интенсивных поглощений и обвалов при использовании промывки; в условиях вечной мерзлоты, высокогорья и пустынных районах.

При бурении сжатый в компрессоре воздух поступает в компенсатор (ресивер), затем во влагоотделитель и охладитель (при бурении в мерзлых породах), а оттуда через сальник - в бурильную колонну и на забой скважины. Отработанный воздух выводится через герметизатор устья скважины за пределы буровой.

Используются компрессоры общего назначения с рабочим давлением 0,6-0,8 Мпа и производительностью 5-9 м³/с. Необходимая производительность компрессора

$$Q = 60 V_{вп} F_{кп} K, \text{ м}^3/\text{мин},$$

где $V_{вп}$ – скорость восходящего потока воздуха в кольцевом пространстве между бурильной колонной и стенками скважины, м/с (10-15 м/с при буре-

нии коронками и 20-25 м/с –долотами).; $F_{кп}$ –площадь кольцевого пространства, м.²; K - коэффициент запаса (1,05-1,1 при бурении до 200 м и 1,25-1,3 – до 500 м.)

Необходимое давление компрессора $P = q L P_m$, Мпа,

Где L – глубина скважины, м ; q – удельные потери давления, МПа/м (0,0015 МПа/м); P_m - потери давления в поверхностной обвязке компрессора (0,1-0,3 МПа).

В качестве породоразрушающего инструмента используются обычные твердосплавные коронки, алмазные коронки с улучшенной системой охлаждения и долота.

Наиболее успешно бурение ведется при отсутствии водопритока. Осложнения могут здесь возникать лишь в липких и рыхлых породах.

При наличии водопритока возможны следующие осложнения:

1. При незначительных водопритоках (зона влажности на буровом инструменте) может происходить налипание частиц шлама на увлажненных трубах и стенках скважины,
2. При ограниченном водопритоке (вода оmyвает колонковый набор и часть труб) – интенсивное сальникообразование.
3. При умеренном водопритоке (статическое давление жидкости до 0,8 от давления компрессора)- наиболее благоприятные условия бурения, образования сальников почти не происходит.
4. При обильном водопритоке, когда статическое давление жидкости превышает возможное давление компрессора бурение с продувкой не рационально.

10. БЕСКЕРНОВОЕ БУРЕНИЕ

Этот способ не относится к колонковому бурению, но часто с ним сочетается и используется в разведочном бурении на твердые полезные ископаемые при проходке толщ заведомо непродуктивных пород, при достаточно хорошо изученном геологическом разрезе скважин (верхние интервалы, отработанные горизонты и т.п.)

При бурении сплошным забоем углубка за рейс не ограничена длиной колонковой трубы и зависит только от износостойкости долота, что обеспечивает уменьшение затрат времени на спускоподъемные операции. Кроме того, с использованием долот возрастает обычно и механическая скорость бурения, что и предопределяет в целом эффективность бескернового бурения.

В качестве породоразрушающего инструмента применяются долота режущего типа (лопастные долота, пикобуры) и долота дробяще-скалывающего типа – шарошечные.

Долота режущего типа бывают одно-, двух-, трех- и четырехлопастные, армированные твердосплавными резцами, выпускаемые серийно, а также местного изготовления – пикобуры. Область их применения – породы мягкие и средней твердости.

Наибольшее применение находят шарошечные долота. Они состоят из секций, которые имеют лапы с консольно закрепленными осями, на которых расположены шарошки. Секции сварены в общий корпус, на верхней

части которого имеется резьба для соединения с бурильной колонной. По количеству шарошек могут быть одно-, двух- и трехшарошечные долота. Вооружением шарошек служат зубья с наплавкой твердого сплава (зубчатые шарошки) или твердосплавные штыри (штыревые шарошки). Шифр шарошечного долота содержит информацию о его основных конструктивных параметрах. Например:

II 112 М – Ц В

1 2 3 4 5

1 – количество шарошек,

2 – диаметр долота (аналогичны диаметрам коронок),

3 – тип по назначению: М - для мягких пород, С - средней твердости, Т - для твердых, К – для крепких, ОК – для особо крепких пород. Выпускаются долота и для промежуточных разностей пород (МС, СТ, ТК и др.)

3 – система циркуляции очистного агента: Г – гидромониторные долота, Ц – с центральным каналом для промывки, П – для бурения с продувкой.

4 – тип опоры: А – 1 подшипник качения, 2- скольжения (тихоходная), Н – качения и 1 скольжения (низкооборотная), В – 3 качения (высокооборотная).

В зависимости от наклона оси вращения шарошек относительно оси долота изменяется характер разрушения породы с преобладанием дробления или проскальзывания со скалыванием. Чем мягче порода, тем предусмотрено большее проскальзывание шарошек со сколом породы, а в долотах, предназначенных для бурения крепких пород (К, ОК) проскальзывание отсутствует, и порода разрушается в результате только дробления.

В зубчатых шарошках высота зубьев уменьшается от долот типа М до Т, а угол заострения увеличивается.

При выборе режимов бурения бескерновым способом рекомендуется исходить из следующего.

При использовании долот режущего типа удельная осевая нагрузка должна составлять от 60 даН/см диаметра долота (I-II категория пород) до 100 даН/см.; окружная скорость – в пределах 0,8-1,2 м/с; удельный расход жидкости 12-20 л/мин/см.

При бурении шарошечными долотами удельная осевая нагрузка - от 150-200 даН/см (для долот типа М) до 400-500 (тип К); окружная скорость – 1-1,2 м /с в абразивных и 1,5-2 м/с – в малоабразивных породах; скорость восходящего потока - в пределах 0,4-0,8 м/с.

В целом для бурения бескерновым способом необходимо создавать высокие осевые нагрузки (в твердых и крепких породах до 2500-3500 даН при диаметре долота 76 мм), повышенный расход промывочной жидкости и использовать средний уровень частот вращения.

Для эффективной передачи осевой нагрузки и предупреждения значительного искривления скважин рекомендуется бурильную колонну оснащать утяжеленными бурильными трубами, а колонковую трубу исключать из состава снаряда.

13. ОПРОБОВАНИЕ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН

Основная цель бурения скважин состоит в получении геологической информации о горных породах, прежде всего, о полезных ископаемых. Достоверность и полнота этой информации связаны с качеством опробования при бурении.

13.1 ПОНЯТИЕ О КАЧЕСТВЕ И ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТИ ПРОБ

К числу задач, которые решаются в процессе бурения скважин относятся определение размеров и формы залежи полезного ископаемого, оценка количества и качества полезного ископаемого, геологического строения, свойств горных пород, горно-геологических условий эксплуатации месторождения и т.д. Все эти и другие подобные задачи решаются с использованием данных опробования при бурении.

Задачи опробования могут быть различны в зависимости от стадии разведки.

Так, при поисковых работах первоочередной задачей является выявление факторов полезной минерализации, при геокартировании керна материал должен обеспечить стратиграфическое расчленение разреза, при предварительной разведке необходимо дать предварительную оценку толщам полезного ископаемого, а при детальной - еще и технологические особенности, условия эксплуатации (такие как устойчивость пород почвы и кровли, водообильность, газоносность и т.д.). В соответствии с этим требования к отбору проб дифференцированы в зависимости от целей разведки.

Основным видом пробы при бурении является керн, и показатели его отбора можно охарактеризовать как с количественной, так и с качественной стороны.

Количество пробы оценивается по выходу керна, который может определяться линейным, весовым или объемным способами.

Линейный способ: $V_k = L_{пр.} / L_{ин.} \cdot 100\%$,

где $L_{пр.}$ -длина пробы (керна); $L_{ин.}$ - длина пройденного интервала (углубка за рейс).

Весовой способ: $V_k = (P_{факт.} / P_{теор.}) \cdot 100\%$,

то есть отношение теоретически возможной и фактически полученной массы пробы керна. Фактическая масса определяется путем взвешивания проб, а теоретическая – как произведение теоретического объема цилиндра керна на плотность породы.

Объемный способ: $V_k = (V_{ф} / V_{теор.}) \cdot 100\%$,

то есть по соотношению фактического и теоретически возможного (при полном выходе керна) объемов керна. Фактический объем определяется путем окунания керна в мерную емкость, а теоретический - по теоретическому объему цилиндра керна.

На практике наибольшее применение находит линейный способ оценки выхода керна, но при получении кусков неправильной формы, извлечении интенсивно разрушенных пород более приемлемы другие способы.

Под качеством пробы понимается соответствие вещественного состава пробы условиям недр и степень сохранности структурно-текстурных особенностей.

Сохранность вещественного состава зависит от степени однородности пород и их структурно-текстурных особенностей. В однородных по составу и механическим свойствам породах получение даже небольшой части пробы позволяет оценить состав пород всего пройденного интервала. В неоднородных, перемежающихся по твердости породах или при наличии включений более мягких пород при бурении происходит неравномерное истирание керна, когда в первую очередь разрушаются более мягкие прослои или включения, то есть избирательное истирание керна. Это может привести к существенным погрешностям в оценке качества пробы.

В зависимости от того, представлен ли полезный компонент мягкими или твердыми прослоями, при избирательном истирании может происходить обогащение пробы (истирание вмещающих пород) или ее обеднение, разубоживание (потеря при истирании полезного компонента).

13.2 ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА УСЛОВИЯ СОХРАННОСТИ КЕРНА

На сохранность керна могут оказывать влияние геологические, технические, технологические и организационные факторы.

Из числа **геологических факторов** наибольшее влияние оказывают твердость горных пород, прочность связи между частицами, степень трещиноватости, сланцеватость, перемежаемость по твердости, углы падения пород.

В зависимости от этих и других факторов геологического характера может происходить размыв керна мягких пород или при слабой связи между частицами, взаимное истирание кусков керна при его раскалывании. Наиболее сложные условия получения керна - в трещиноватых, перемежающихся по твердости породах и при крутых углах падения пластов. В последнем случае часто происходит самозаклинивание керна при его раскалывании по слабым плоскостям. Верхняя часть керна под действием собственного веса и потока промывочной жидкости скользит по плоскости скола вниз и расклинивается в колонковой трубе, воспринимая на себя осевую нагрузку. Углубка прекращается, и рейс вынужденно прерывается.

Разработан ряд классификаций горных пород по трудности получения керна. Так, в классификации С.С.Сулакшина породы классифицируются в зависимости от связи между частицами и подразделяются на :

1. Неустойчивые породы, связь между частицами которых отсутствует - рыхлые, сыпучие, интенсивно трещиноватые породы.
2. Слабоустойчивые, с недостаточно прочной связью - сланцеватые, рассланцованные и перемежающиеся по твердости породы.
3. Временно устойчивые, которые теряют устойчивость под воздействием промывочной жидкости - многолетнемерзлые породы, глины, склонные к оплыванию, минеральные соли, склонные к растворению.

4. Устойчивые породы с прочной, преимущественно кристаллизационной связью между частицами - крепкие, монолитные или слабо трещиноватые.

В классификации, разработанной ВИТР, в основу положены механическая прочность и абразивность пород, степень трещиноватости и связь между частицами.

На месторождениях каменного угля необходимо также учитывать следующие факторы:

- Вещественный состав угля. В зависимости от него угли можно условно подразделить на блестящие, полублестящие, полуматовые и матовые, Прочность угля возрастает от блестящих к матовым.
- Степень метаморфизма угленосной формации. Наименее прочны угли средней степени метаморфизма (марок Ж,К,ОС, относящиеся к коксующимся маркам), тогда как малой степени метаморфизма (Д, Г) и высокой (ПА, А) меньше подвержены разрушению.
- Строение пласта может быть простое (один слой угля) и сложное (несколько слоев угля, разделенных прослоями вмещающих пород, обычно более высокой твердости). Условия формирования керна угля и вмещающих пород различны, что затрудняет опробование пластов сложного строения.
- Мощность пласта отражается на выходе керна, так как при бурении по пластам большей мощности доля потерь при встрече меньше.
- Характер залегания пласта: чем больше различие в буримости пород кровли и угля, тем более четко определяется момент встречи.

Технические и технологические факторы определяются техническими средствами и технологией бурения по полезным ископаемым. КERN может разрушаться при его формировании на забое скважины, при размещении в колонковой трубе под воздействием потока промывочной жидкости, трения и вибраций, взаимного истирания, а также при его извлечении.

Из числа технических факторов на условия сохранности керна наибольшее влияние оказывают следующие:

- Способ бурения определяет скорость разрушения породы, а следовательно и продолжительность влияния неблагоприятных факторов, плавность работы коронки, степень разработки керна и скважины, Наиболее благоприятны условия сохранности керна при алмазном бурении.
- Конструкция коронки определяет выход резцов наружу и внутрь, склонность к поперечным перемещениям, приводящим к разрушению керна. Более устойчиво работают коронки со ступенчатой формой торца.
- Диаметр бурения определяет диаметр керна и соответственно его прочность на скалывание. Момент скалывания $M_{ск} = \pi / 16 D^3 \tau_{ск}$,

где d - диаметр керна, $\tau_{ск}$ – допустимое напряжение на скалывание.

Следовательно, с увеличением диаметра керна возрастают его прочность и стойкость против разрушения.

Отрицательное влияние на сохранность керна оказывают вибрации снаряда, особенно поперечные. Поэтому к числу важнейших технических и

технологических мероприятий относятся обеспечение нормальных условий работы бурильной колонны.

Параметры режима бурения подбираются в соответствии с характеристикой горных пород. Наибольшее влияние на сохранность керна оказывает частота вращения (биение снаряда, вибрации) и расход промывочной жидкости (в рыхлых, хрупких породах).

К числу **факторов организационного порядка** можно отнести (на примере бурения на каменноугольных месторождениях):

- своевременная геологическая документация на буровой, пополнение разреза и увязка его с проектным;
- своевременное письменное предупреждение буровой бригады об интервале встречи пласта полезного ископаемого;
- бурение по пласту полезного ископаемого в присутствии комиссии (т. наз. комиссионные пласты);
- наличие надежной оперативной связи буровой с базой;
- заблаговременная подготовка технических средств подъема керна и средств контроля;
- обучение бурового и младшего геологического персонала, обмен опытом;
- использование материальных и моральных стимулов повышения качества опробования.

13.3 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОТБОРА ПРОБ

Образцы пород или проб полезных ископаемых можно получить либо в процессе бурения скважин, либо после бурения - из стенок скважины. При этом в процессе бурения с помощью колонковых снарядов получают керновый материал или шлам, а после бурения – из стенок скважины в требуемом интервале. К последнему способу прибегают в случае плохого выхода керна или при бескерновом бурении.

13.3.1 Двойные колонковые снаряды и их конструктивные элементы

Двойные колонковые снаряды (ДКС) являются основным средством отбора проб. В зависимости от конкретных условий к ним могут предъявляться следующие требования:

- предотвращение разрушения керна при его формировании и вхождении в керноприемную трубу;
- предупреждение размыва керна потоком промывочной жидкости;
- предохранение истирания от трения и воздействия вибрации керноприемной трубы;
- обеспечение свободного выхода промывочной жидкости из керноприемной трубы при заполнении ее керном (дренирование жидкости);
- возможность отбора наряду с керном проб шлама;
- предупреждение или снижение влияния самозаклинивания керна;
- возможность бурения по породам различной твердости;
- обеспечение сохранности образца при его извлечении из керноприемной трубы.

Конструктивные элементы ДКС могут выполняться в следующих вариантах.

1. Сочленение наружной и внутренней труб:

- Жесткое сочленение с присоединением наружной и внутренней труб к переходнику на резьбе, при бурении обе трубы вращаются;
- крепление внутренней трубы на подшипниковом узле, при бурении внутренняя труба тормозится породой и не вращается;
- телескопическое сочленение, при котором внутренняя труба не вращается в процессе бурения и может перемещаться относительно наружной в продольном направлении.

2. Способ формирования керна:

- обуривание коронкой на наружной трубе;
- наличие коронок на наружной и внутренней трубах;
- обуривающая коронка на наружной трубе и керноформирующий наконечник (штамп) на внутренней; штамп опережает обуривающую коронку или отстает от нее.

3. Способ вытеснения (дренирования) жидкости из керноприемной трубы:

Дренирующий канал может перекрываться шаровым клапаном, а вытесняемый керном поток жидкости направляться :

- навстречу рабочему нисходящему потоку,
- в межтрубный зазор,
- в затрубное пространство.

Эти варианты отличаются разным сопротивлением, создаваемым вытесняемому потоку. Наиболее благоприятный последний вариант.

4. Способ срыва и удержания керна:

- использование заклиночного материала, транспортируемого по бурильной колонне (в ДКС применения не находит,
- затирка всухую, при кратковременном прекращении промывки,
- применение кернорвательных и керноудерживающих устройств (пружинные кольца, пауки и т.д.)
- заклинивание керна осевшим шламом.

5. Средство сохранения образца керна:

- внутренняя керноприемная труба,
- разъемная керноприемная кассета,
- внутренний эластичный рукав.

По характеру циркуляции промывочной жидкости ДКС подразделяются на :

I -с прямой схемой циркуляции ;

II –с обратной призабойной циркуляцией, когда восходящий поток полностью или частично направляется внутрь керноприемной трубы.

ДКС с прямой схемой циркуляции промывки

Из большого разнообразия конструкций ДКС, предназначенных для бурения в крепких породах рудных месторождений, наибольшее распространение получили трубы серии ТДН и ТДВ конструкции ВИТР. В ТДВ (труба двойная с вращающейся внутренней) жесткое сочленение труб, а в

ТДН (труба двойная с невращающейся в процессе бурения внутренней) – крепление внутренней трубы на подшипниковом узле. Трубы этой серии включают три модификации.

ТДВ-1 и ТДН-1 оснащаются стандартной алмазной коронкой, что обуславливает малый межтрубный зазор и, следовательно, необходимость использования для промывки воду. Нисходящий поток промывочной жидкости поступает во внутреннюю трубу через сверления на расстоянии 200-300 мм от забоя. Предназначена для бурения по монолитным и слабо трещиноватым породам VIII-X категории.

ТДВ-2 и ТДН-2 оснащены специальными толстостенными алмазными коронками, межтрубный зазор увеличен, что обеспечивает использование более вязких промывочных жидкостей. Керн оmyвается только на интервале коронки. Предназначены для бурения в трещиноватых породах.

ТДН-4 предназначена для бурения интенсивно трещиноватых, перемежающихся по твердости пород. Оснащена специальной утолщенной алмазной коронкой с вертикальными сверлениями в матрице, поэтому промывка поступает непосредственно на плоскость забоя, не контактируя с керном.

Технические средства бурения по угольным пластам

Каменный уголь относится к породам малой твердости (IV категория по буримости) и характеризуется повышенной хрупкостью, поэтому он легко разрушается при бурении.

Формирование керна для обеспечения его сохранности обычно производится путем вдавливания неподвижного стального наконечника-штампа. Кроме того, керн предохраняется от воздействия на него потока промывочной жидкости и керноприемной трубы.

Труба Алексеенко (ДТА-2)

Труба двойная телескопического сочленения с дополнительной внутренней керноприемной разъемной кассетой. Подвеска внутренней трубы на штоке, который размещается в сальнике (подшипник скольжения). Телескопическое сочленение обеспечивается наличием муфты включения с двумя продольными пазами, куда входят выступы (сухари) шпинделя. Перемещение наружной трубы относительно внутренней на 50 мм при постановке на забой и подрыве инструмента обеспечивает выход пружинного паука из-под штампа для удержания керна.

Рабочий поток жидкости поступает на забой по межтрубному зазору, а дренирующий поток проходит через шарико-клапан и направляется по соответствующим каналам в затрубное пространство.

Вращение передается от шпинделя с сухарями на муфту включения и далее через наружную трубу на коронку. Внутренняя труба ниже шаровой опоры не вращается.

Осевая нагрузка передается через сухари на муфту включения, наружную трубу и коронку, а также через шаровую опору – на внутреннюю трубу и штамп.

Формирование керна производится только путем вдавливания штампа, поэтому труба предназначена только для угольных пластов простого строения. опережение штампа составляет 2-5 мм в зависимости от твердости угля (регулируется толщиной ограничительных шайб).

Недостатки: конструкция узла подвески внутренней трубы не всегда гарантирует отсутствие ее вращения; керноудерживающее устройство не обеспечивает надежное удержание керна при подъеме, особенно при большой газонасыщенности пласта; угольные пласты сложного строения приходится перебуривать в несколько приемов.

ДКС серии ДонбассНИЛ

Трубы этой серии разработаны в ДонбассНИЛ (г. Ростов) и включают три модификации со следующими общими конструктивными признаками: трубы двойные телескопического сочленения с подвеской внутренней трубы на подшипнике качения через пакет тарельчатых пружин, внутренняя труба оснащена штампом, а наружная – твердосплавной коронкой. Удержание керна – за счет специальной конфигурации штампа с внутренним обратным конусом.

ДонбассНИЛ – I предназначена для бурения по пластам простого строения. Опережение штампа изменяется автоматически в зависимости от твердости угля. Формирование керна осуществляется только путем вдавливания неподвижного штампа.

ДонбассНИЛ – II - ДКС комбинированного действия фрикционного типа. Между вращающейся и невращающейся частями размещен фрикцион, ведущие диски которого жестко связаны с верхним переходником, а ведомые – с керноприемной трубой. При бурении по углю диски разомкнуты, штамп не вращается, и формирование керна происходит путем его вдавливания. При встрече твердых прослоев пород реакция забоя возрастает, внутренняя труба за счет сжатия пакета тарельчатых пружин перемещается вверх, диски фрикциона смыкаются и передают вращение на внутреннюю трубу. Твердые породные прослои перебуриваются вращающимся штампом, оснащенным микрорезцами. При входе в нижний слой угля пружина разжимается, диски фрикциона размыкаются, и формирование керна вновь происходит при вдавливании неподвижного штампа.

ДонбассНИЛ – III -ДКС комбинированного действия вибрационного типа.

Вместо фрикционных дисков имеются ведущие и ведомые кулачки (ролики), которые при бурении по углю разомкнуты, а при встрече твердых прослоев и сжатии пружины соприкасаются. При этом верхние кулачки перекачиваются по неподвижным нижним, возбуждая вибрационные и ударные импульсы, обеспечивающие пробивание породного прослоя неподвижным штампом.

Средства керногазового опробования угольных пластов.

Газовое опробование с целью прогнозирования газообильности угольных пластов может осуществляться несколькими способами: посредством проведения газового каротажа, когда анализируется газ, выходящий на поверхность с потоком промывочной жидкости; при отборе проб газа в скважине путем изоляции угольного пласта и отсасывания газа путем вакуумирования с помощью газоотборников типа КИИ, но наибольшее применение

находит отбор пробы газа совместно с керном при бурении с помощью газокернонаборников.

Газокернонаборник КА-61

Конструкция основана на принципе ДТА-2 с включением в состав снаряда газосборника с системой клапанов – одного верхнего и двух нижних.

При спуске снаряда все три клапана открыты: нижние - вследствие размещения между ними разжимного штока, длина которого больше, чем расстояние между закрытыми клапанами, а верхний – оттесняется отжимным штоком, на буртик которого надавливает отжимной крючок. Крючок фиксируется в нижнем положении введением его в горизонтальный паз наружного штока.

При спуске снаряда промывочная жидкость заполняет его, вытесняя воздух. После постановки снаряда на забой и передачи вращения крючок отводится шпилькой ниппеля в вертикальный паз, и под действием пружины верхний клапан закрывается.

Газ, который выделяется из керна при бурении и подъеме снаряда, поступает через нижние клапаны в газосборник, вытесняя из него жидкость через дренажную трубку в межтрубный зазор. После подъема снаряда и отсоединения газосборника от керноприемника нижние клапаны автоматически закрываются.

Окончательная герметизация проб керна и газа производится дополнительным наложением хомута на место выхода дренажной трубки и навинчиванием герметизирующего колпака на штамп. Проверка надежности герметизации проб – путем погружения керноприемника и газосборника в емкость с водой.

13.3.2 Технические средства с обратной промывкой

Обратная схема циркуляции промывочной жидкости в пределах колонкового снаряда имеет ряд преимуществ по сравнению с прямой: снижается вероятность возникновения самозаклинивания керна, его взаимного истирания;

меньше размывается керн, так как интенсивность внутреннего потока можно существенно снизить ; предоставляется возможным отбирать в дополнение к керну и пробу шлама, устанавливая внутренний шламособорник на пути восходящего потока.

Внутренний восходящий поток можно создавать в пределах всего бурового снаряда, герметизируя устье скважины и нагнетая промывочную жидкость в затрубное кольцевое пространство, или только на интервале колонкового снаряда с помощью специальных устройств для создания обратной призабойной циркуляции промывочной жидкости. Первый способ не нашел широкого применения из-за трудности надежной герметизации устья скважины, сложности бурения в зонах интенсивного поглощения. Более широко применяются технические средства для , создания обратной призабойной циркуляции.

Безнасосное бурение

Снаряд для безнасосного бурения представляет собой обычный колонковый набор со шламовой трубой, но снабженный шаровым клапаном и шламопроводящей трубкой со сливными окнами. Сущность этого способа

бурения состоит в том, что используется жидкость, находящаяся в скважине, а ее циркуляция в пределах колонкового снаряда создается путем его расхаживания.

При подрыве снаряда на некоторую высоту от забоя жидкость перемещается из наружного кольцевого пространства в колонковую трубу, при этом клапан перекрывает осевой канал. Во время движения снаряда к забою клапан поднимается под давлением жидкости, и она вместе со шламом выливается через сливные окна в шламовую трубу, где шлам оседает. Таким образом, при расхаживании бурового снаряда осуществляется периодическая внутренняя циркуляция.

Безнасосное бурение применяют:

- для повышения выхода керна по породам I-VIII категории по буримости, которые легко размываются и растираются при бурении с промывкой (некоторые сорта бурых углей, мягкие железные руды, бокситы, пески, глины);
- при инженерно-геологических изысканиях для получения образцов пород с ненарушенной структурой;
- при забурировании скважин в сильно размывающихся породах.

К недостаткам этого способа бурения относится повышенный износ канала, труб, бурового оборудования, утомительный труд бурового персонала.

Снаряды пакерного типа с напорным восходящим потоком

Принцип работы таких снарядов основан на создании дополнительных гидравлических сопротивлений на пути прохода жидкости в затрубный зазор и уменьшения сопротивлений на пути внутреннего восходящего потока. Дополнительные сопротивления в затрубном пространстве создаются установкой уплотнений (пакеров), полностью или частично перекрывающих кольцевой зазор, или применением коронок без выхода резцов наружу.

При использовании ДКС рабочий поток промывочной жидкости поступает по межтрубному зазору на забой, а затем разделяется пропорционально гидравлическим сопротивлениям на наружный и внутренний восходящие потоки. На пути внутреннего восходящего потока устанавливается шламоборник. Выход этого потока в затрубное пространство – выше пакера.

К снарядам этого типа относятся ДКС типов ТДН –О, СО-ИМП и др. Области рационального их применения относятся толщи полезных ископаемых, представленные интенсивно трещиноватыми, перемежающимися по твердости горными породами, склонными к избирательному истиранию керна. В некоторых снарядах для повышения представительности шламовых проб применяются устройства для очистки забоя скважины от шлама перед началом рейса.

Эжекторные колонковые снаряды

Принцип работы эжекторных колонковых снарядов (ЭКС) основан на преобразовании с помощью струйного насоса энергии потока промывочной жидкости, за счет чего в верхней части колонкового набора создается разрежение, а у забоя - повышенное давление, что обеспечивает всасывание жидкости внутрь.

В соответствии с уравнением Бернулли энергия потока жидкости

$$E = \Delta h + v^2 / 2g + P / \gamma,$$

то есть определяется суммой трех составляющих, первая из которых зависит от геометрической высоты, вторая - от скорости течения (кинетическая составляющая энергии потока) и третья – от давления жидкости (потенциальная составляющая).

Применительно к потоку в пределах колонкового набора первой составляющей можно пренебречь как весьма малой по сравнению с глубиной скважины и рассматривать энергию потока как сумму двух составляющих. При изменении площади сечения потока его энергия остается неизменной. Следовательно, если сечение канала для прохода жидкости уменьшается и возрастает скорость, то давление жидкости снижается и, наоборот, с уменьшением скорости давление растет.

Струйные насосы находят применение для нагнетания жидкости (инжекторы), всасывания (эжекторы) и для подъема (гидроэлеваторы). Для создания обратной призабойной циркуляции используются эжекторы. В состав такого струйного насоса входят сопло (насадка с суживающимся сечением канала), приемная камера, камера смешения с ее входным участком - конфузором и диффузор - канал с расширяющимся сечением.

Создание обратной призабойной циркуляции обеспечивается следующим образом: рабочий поток промывочной жидкости поступает по бурильной колонне к соплу, на выходе из которого скорость потока резко возрастает, что обуславливает создание зоны разрежения в приемной камере. Струя захватывает часть жидкости из приемной камеры и направляется в камеру смешения и далее в диффузор, на выходе из которого смешанный поток имеет минимальную скорость, но максимальное давление. Здесь поток разделяется на восходящий, равный рабочему, и нисходящий (эжектируемый), который еще под достаточно большим давлением поступает к забою.

Давление жидкости у забоя скважины выше, чем в приемной камере и перепад давлений обеспечивает всасывание жидкости внутрь колонкового снаряда. Этот восходящий поток проходит через внутренний шламосборник, и очищенная от шлама жидкость поступает через сверления в приемную камеру.

Интенсивность эжектируемого потока определяется коэффициентом эжекции $Kэ = Qэ / Qр$, то есть отношением расходов эжектируемого и рабочего потоков. По мере проходки, заполнения колонковой трубы керном и зашламования сопротивления эжектируемому потоку возрастают, перепад давления уменьшается, что приводит к постепенному снижению его интенсивности. При достижении $Kэ = 0$ вся жидкость после выхода из диффузора будет направляться по затрубному зазору к устью скважины. Дальнейшее бурение приведет к перегреву коронки и прижогу.

Для устранения вероятности прижога используют двойные ЭКС, в которых смешанный поток поступает по межтрубному зазору к коронке, после чего делится на наружный и внутренний восходящий потоки. В этом случае даже при прекращении эжекции коронка будет омываться жидкостью и охлаждаться.

Основным недостатком ЭКС является малая углубка за рейс, определяемая временем функционирования эжектируемого потока.

Бурение с эрлифтным насосом (комплекс КОЭН)

Сущность способа состоит в нагнетании в бурильную колонну сжатого воздуха, насыщении им некоторого столба жидкости ниже статического уровня, что обеспечивает подъем уровня жидкости в трубах со сливом ее в затрубное пространство.

Буровой снаряд состоит из колонны труб диаметром 50 или 60,3 мм и колонкового снаряда с внутренним шламоборником. Внутри бурильной колонны закреплена полиэтиленовая трубка с перфорированным патрубком-смесителем на нижнем конце. Смеситель заглубляется на 50-100 м ниже уровня жидкости в скважине, а на расстоянии 6-8 м выше этого уровня в бурильных трубах имеются сливные окна.

При аэрации воды в колонне выше смесителя ее уровень по закону сообщающихся сосудов (в трубах и в затрубном пространстве) поднимается, и вода сливается через окна в затрубное пространство.

Преимущества бурения таким комплексом состоят в обеспечении хорошей сохранности керна, отсутствии осложнений при бурении в зонах интенсивных поглощений, отпадает необходимость в обеспечении промывочной жидкостью. Рекомендуется использовать при бурении скважин глубиной до 1200 м в различных породах, за исключением слишком липких.

13.4 ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ ПО ПОЛЕЗНЫМ ИСКОПАЕМЫМ

Операции по отбору проб при бурении можно подразделить на следующие этапы:

1. Определение контакта вмещающих пород и полезного ископаемого, что является актуальным при малой мощности залежи и при бурении в условиях, когда получение представительной пробы требует использования специальных технических средств. Общие требования – регулярное пополнение фактической геологической колонки в ГТП с увязкой ее с проектной и маркирующими горизонтами; точный замер глубины и углов искривления скважины,; предупреждение буровой бригады об интервале встречи.

При существенном различии в буримости вмещающих пород кровли и полезного ископаемого момент встречи фиксируется по изменению механической скорости, показаний приборов определения осевой нагрузки. В сложных условиях встреча контакта ведется при бурении укороченными рейсами (0,5-1 м).

2. Подготовка скважины и инструмента включает промывку скважины до полного удаления шлама, очистку забоя от кусков керна, очистку желобной системы в случае необходимости отбора шлама на поверхности, проверку надежности бурильной колонны, подготовку специальных средств отбора керна.
3. Бурение по полезному ископаемому определяется характеристикой конкретных пород и условиями отбора керна. В крепких монолитных и слабо трещиноватых породах – бурение на режимах, обеспечивающих

достижение максимальной механической скорости. В крепких трещиноватых породах – специальные снаряды и сокращенные рейсы. При бурении по минеральным солям – промывка насыщенными растворами соответствующих солей; при бурении по угольным пластам - ограниченные частота вращения (I-II скорости) и расход жидкости при рациональной осевой нагрузке.

4. Срыв подъем керна: применение надежных устройств для заклинивания, срыва и удержания керна при транспортировании его на поверхность, изоляция столба жидкости в колонне от керноприемника (вбрасывание в колонну шарика); плавный подъем бурового снаряда и постановка на вилку.
5. Извлечение керна должно производиться с условием соблюдения сохранности его структурно-текстурных особенностей и естественного порядка расположения его кусков.

Технология опробования рыхлых пород

Опробование рыхлых пород, сложенных мелко- и среднезернистыми песками, глинистыми песчаниками, слабосцементированными гравелитами и др., сопряжено с определенными трудностями, обусловленными размывом керна потоком промывочной жидкости, избирательным истиранием керна твердыми пропластками и включениями, нарушениями его естественной структуры при вибрациях бурового снаряда и непредставительностью керна при его обогащении шламовым матеоиалом.

Для исключения или сведения к минимуму отрицательного влияния указанных факторов выработаны специальные технологические приемы, основные из которых сводятся к следующему.

Ограничение углубки за рейс. Степень ограничения зависит от свойств и строения пород, квалификации бурильщика, применяемого оборудования и инструмента. При этом, чем крупнее зернистость, ниже связность и буримость пород, тем меньше должна быть углубка за рейс. При прочих равных условиях после входа коронки в пропластки более крепких пород или выхода из них рейс должен, как правило, прекращаться.

Ограничение подачи промывочной жидкости до 10-15 л/мин. При этом требуется тщательная сборка бурильной колонны, которая бы исключала утечки промывочной жидкости. Для снижения силы трения между колонковой тубой и керном рекомендуется применять очистные агенты или добавки к ним, уменьшающие коэффициент трения.

Ограничение частоты вращения до 150-200 об/мин и повышение осевой нагрузки до 1000 даН при достаточной соосности элементов колонкового набора, что способствует уменьшению вибрации и сохранению естественной структуры керна.

Исключение циркуляции промывочной жидкости. При бурении легко размывающихся пород эффективен технологический прием, т. наз. «метод с задавленным шариком». Сущность его состоит в том, что после постановки снаряда на забой в бурильные трубы забрасывается шарик и включается буровой насос. Шарик перекрывает канал переходника над колонковой тру-

бой и находится под давлением до 4 МПа и после отключения насоса с помощью трехходового крана. В процессе бурения по мере заполнения колонковой трубы керном глинистый раствор продавливается к забою и предотвращает самопроизвольную затирку керна. Углубка за рейс при этом зависит от глубины скважины, степени герметичности бурильной колонны и, как правило, не превышает 4,5 м при полном выходе керна.

Улучшение структурных качеств промывочной жидкости. Снижение показателя фильтрации до 8-10 см³/30 мин, уменьшение толщины фильтрационной корки до 1-1,5 мм и повышение вязкости до 35 с способствует сохранению естественной структуры керна, устойчивости стенок скважин, исключает пропитывание и зашламование керна.

Для бурения в крупнозернистых песках, гравелитах, часто перемежающихся по твердости песчано-глинистых породах, бурых углях в ПГО «Волковгеология» разработан двойной колонковый снаряд ДКСВ-108/89. Основная его особенность состоит в использовании новой модификации двухступенчатой твердосплавной коронки с совершенной системой промывочных каналов и более концентрированным вооружением ее твердым сплавом.

Общий поток промывочной жидкости при выходе из межтрубного пространства разделяется на две части. Одна из них (большая) по специальным каналам коронки отводится в затрубное пространство с выходом к забою, а вторая по строго ограниченному кольцевому зазору между короночным кольцом и корпусом кернорвателя омывает основание столбика керна, препятствуя самозаклиниванию последнего в керноприемной трубе шламом и сохраняя его естественную структуру. По результатам использования таких ДКС механическая скорость бурения составила 18 м/ч; стойкость коронки 1-15 м; выход керна 75-80 %; углубка за рейс 3 м.

13.4 ПОРЯДОК ОТБОРА, ДОКУМЕНТАЦИИ И ХРАНЕНИЯ КЕРНА

Извлечение керна из колонковой трубы производится в наклонном ее положении при расстоянии от пола не более 10-15 см., строго сохраняя порядок расположения кусков в керноприемнике. При использовании глинистых растворов - промывка керна водой. Керн укладывается и хранится в последующем в керновых ящиках. Ширина и высота ячеек должна соответствовать диаметру керна. После керна от каждого рейса устанавливается деревянная этикетка с указанием № скважины, даты, смены, интервала рейса, проходки за рейс и длины поднятого керна.

На керновом ящике стрелкой указывается направление укладки керна и записывается наименование организации, участка и номер скважины.

Керн, хранящийся на буровой, периодически подвергается сокращению, и сокращенный керн вывозится в кернохранилище. Собственно полезное ископаемое может парафинироваться (уголь), или керн разрезается по образующей для лабораторных исследований с сохранением дубликата.

14. ЛИКВИДАЦИЯ СКВАЖИН

По завершению бурения скважины производятся следующие работы:

- Завершающие исследования и замеры: конечный каротаж с замерами параметров пространственного положения оси скважины и ее глубины;

- Извлечение, если это предусмотрено проектом и возможно, обсадных труб;
- Ликвидационное тампонирование;
- Демонтаж оборудования;
- Установка репера на устье скважины;
- Рекультивация площади.

Ликвидационное тампонирование

Под ликвидационным тампонированием понимается комплекс работ по предупреждению проникновения через ствол скважины поверхностных и подземных вод и газа в горные выработки, а также по предотвращению загрязнения водоносных горизонтов.

Ликвидационному тампонированию подлежат скважины всех типов сразу же по окончании бурения или по истечению потребности в них.

Выполняется в строгом соответствии с проектом, по окончании работ составляется акт.

Проект разрабатывается экспедицией, утверждается главным инженером, на полях действующих шахт согласуется с руководством шахты. Контроль качества осуществляет геологическая служба геологоразведочной организации, выполнявшей бурение. Ответственность возложена на руководство этой организации.

В зависимости от горно-геологических и гидрогеологических условий могут применяться простой и сложный способы тампонирования.

Простой способ применяется в скважинах, не вскрывших горные выработки, водоносные и поглощающие горизонты или когда они были изолированы до проведения ликвидационного тампонирования. Он состоит в заполнении всего ствола скважины тампонирующей смесью.

В остальных случаях применяется сложный способ, при котором дополнительно устанавливаются разделительные изолирующие пробки.

В качестве тампонирующей смеси могут применяться твердеющие (в большинстве случаев) и нетвердеющие.

Твердеющие смеси готовятся на основе цемента и воды с добавлением инертных материалов (песок, мел, суглинок и др.) и, в некоторых случаях – ускорителей схватывания и других добавок. Например:

Цемент: суглинок: вода : хлористый кальций с соотношением весовых частей как 1 : 0.5 : 0.6 : 0.03 и плотностью 1,91 г/ см куб.

Ц : С : В = 1 : 1 : 0.8 (1.67); Ц : Песок : В = 1: 2 : 1 (1,95).

Разделительные пробки – стандартные пакерные уплотнения ВИТР или местного изготовления – устанавливаются:

- ниже зоны активного водообмена (примерно на глубинах около 300 м)
- в кровле поглощающих горизонтов,
- в почве водонапорных горизонтов,
- в кровле и почве интервала полезного ископаемого: на угольных месторождениях на расстоянии 4 м в почве пласта (m- мощность пласта) и 40 м -в кровле. Это же относится к горным выработкам. Если расстояние между угольными пластами меньше 40м пробки устанавливаются в почве каждого пласта и кровле верхнего. Интервал между пробками в

пределах угольных пластов заполняется бетонной смесью, а остальное - тампонирующей смесью.

Доставка тампонирующей смеси производится через бурильную колонну из расчета разового заполнения скважины в интервале 50-100 м для скважин диаметром до 76 мм и 200-300 – свыше.

Устье скважины ликвидируется следующим образом. Вокруг направления или кондуктора проходится шурф глубиной и в сечении 1м. Обсадная труба срезается ниже поверхности на 0,8 м и закрывается металлической крышкой с надписью № скважины, года ликвидации, аббревиатуры ГРЭ. При отсутствии труб устье на этой глубине перекрывается бетонной плитой (0,8 на 0,8 м) с надписью, и шурф засыпается.

По завершению работ производится рекультивация площади, включающая вывоз бетонных фундаментов, керна, остатков раствора; засыпку отстойников, выравнивание площадки и складированного ранее плодородного слоя земли.