

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий

Кафедра «Горные машины и комплексы»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.В. Гилев
«____» ____ 2019 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.04 «Горное дело»
(специальность)

21.05.04.09 «Горные машины и оборудование»
(специализация)

Проектирование разборного бурового инструмента фрезерного типа.
Определение прочностных характеристик деталей и узлов разборного
бурового инструмента фрезерного типа
тема

Руководитель

подпись, дата

Гилев А.В.

Выпускник

подпись, дата

Бочкарев И.С.

Консультанты:

Экономическая часть

Бурменко А.Д.

подпись, дата

Безопасность
жизнедеятельности

Капличенко Н.М.

подпись, дата

Нормоконтролер

Гилев А.В.

подпись, дата

Красноярск 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНИКИ БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН.....	8
1.1 Горно-геологические условия. Объемы и способы бурения на карьерах.....	8
1.2 Современное состояние техники бурения взрывных скважин.....	12
1.3 Конструктивные особенности шарошечных долот.....	31
1.4 Причины и анализ износа шарошечных долот.....	39
1.5 Выводы.....	59
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЖЕЩЕГО И РЕЖУЩЕ-ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА.....	61
2.1 Режущие долота для бурения со шнековой очисткой скважин.....	61
2.2 Режущие долота для бурения с пневматической и шнекопневматической очисткой скважин.....	65
2.3 Режуще-шарошечные долота.....	69
2.4 Технологические и конструктивные особенности специализированного бурового инструмента с зубчато-дисковыми шарошками.....	71
2.5 Выводы.....	89
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖУЩЕ-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДОЛОТА ФРЕЗЕРНОГО ТИПА.....	91
3.1 Построение конечно-элементной модели режуще-вращательного долота фрезерного типа и определение условий расчета.....	92
3.2 Исследование напряженно-деформированного состояния режуще-вращательного долота фрезерного типа.....	97
3.3. Выводы.....	105
ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	106
4.1 Сетевая модель выполнения работы.....	106

4.2 Сравнительная оценка себестоимости эксплуатации долот на Восточно-Байском разрезе.....	120
ГЛАВА 5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА.....	125
5.1 Общие требования.....	126
5.2 Буровые работы.....	135
5.3 Охрана труда.....	137
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	139
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	143
Комплект чертежной документации на изготовление долота.....	144
Технологический процесс изготовления долота.....	151
Смета затрат на изготовление разборного долота режуще-вращательного действия ДРДФ-244,5-2.....	171
Акт внедрения разработки специализированных буровых инструментов для бурения взрывных скважин на карьерах.....	172

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНИКИ БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ ГЛАВА СКВАЖИН

1.1 Горно-геологические условия. Объемы и способы бурения на карьерах

Соотношение различных способов бурения зависит от многих факторов (горнотехнических, экономических), но главным образом от горно-геологических условий и коэффициента крепости горных пород, значения которого (по шкале М.М. Протодьяконова) для вскрышных массивов на разрезах угольной промышленности России представлены в табл. 1.1.

В табл. 1.2 приведены ориентировочные данные ИГД им. А.А. Скочинского о распределении обуруиваемой горной массы по крепости горных пород на карьерах СССР в доперестроочный период.

Таблица 1.1

Соотношение вскрышных пород с различными прочностными свойствами на разрезах угольной промышленности России

Характеристика горных пород	Коэффициент крепости f	Соотношение вскрышных пород различной крепости на разрезах основных угольных разрезах Востока России, %			
		Кузбасс	Канско-Ачинский и Минусинский бассейны	Южно-Якутский бассейн	Восточно-Сибирский бассейн
Четвертичные отложения	–	16	6,3	7	32
Алевролиты и аргиллиты	3–6	15	57,4	10,5	25
Песчаники:					
крупнозернистые	3–5	5	3,8	18,1	20
среднезернистые	6–8	11	11,2	22,8	2
мелкозернистые	8–12	31	21	38,6	18
Конгломераты, галечники, крепкие известняки	8–16	22	0,3	3	3
Всего:		100	100	100	100

Таблица 1.2

Распределение обуруиваемой горной массы по крепости горных пород, %

Отрасль промышленности	Коэффициент крепости горных пород f			
	до 5	5–10	10–15	15–20
Угольная промышленность	54–66	24–34	10–15	2–3
Железорудная промышленность	5–13	30–36	37–54	10–16
Цветная металлургия	5–16	44–51	20–5	14–19
Промышленность нерудных полезных ископаемых	6–10	33–35	48–51	8–9

Из табл. 1.1 и 1.2 видно, что на угольных разрезах более 60 % объема буримых пород характеризуются коэффициентом крепости $f \leq 7$, при бурении которых наиболее высокие технико-экономические показатели имеют долота режущего действия (РД). Однако, практически на угольных разрезах долотами РД выполняется лишь 30 – 35 % объема буровых работ, а остальные 65 – 70 % – шарошечными долотами. В других отраслях промышленности, где применяют буровые работы, доля использования РД еще меньше.

Устранение диспропорции между соотношением применяемых долот по типам (ШД, РД, и др.) и соотношением объемов разрабатываемых пород по крепости только по разрезам угольной промышленности позволяет повысить среднюю производительность буровых станков со 182 до 280 м/смену (рис. 1.1) и снизить стоимость бурения 1м скважины более чем в 1,5 раза, что характеризуется экономией материальных и энергетических ресурсов по отрасли на несколько млрд. руб.

Эти данные показывают возможность значительного расширения объема бурения резанием и повышения технико-экономических показателей буровых работ при более высоком уровне качества долот режущего действия.

До перестроечного периода в СССР объем бурения на карьерах составлял около 60 млн м скважин в год, из них на угольных разрезах – около 27–28 млн м в год, на карьерах по добыче нерудных полезных ископаемых

(горно-химическое и горно-металлургическое сырье, строительные материалы и др.) – около 15–17 млн. м [12]. В 1987 г. на угольных разрезах 18,5 млн. м скважин было пробурено станками шарошечного бурения и 9,5 млн. м – станками шнекового бурения [1].

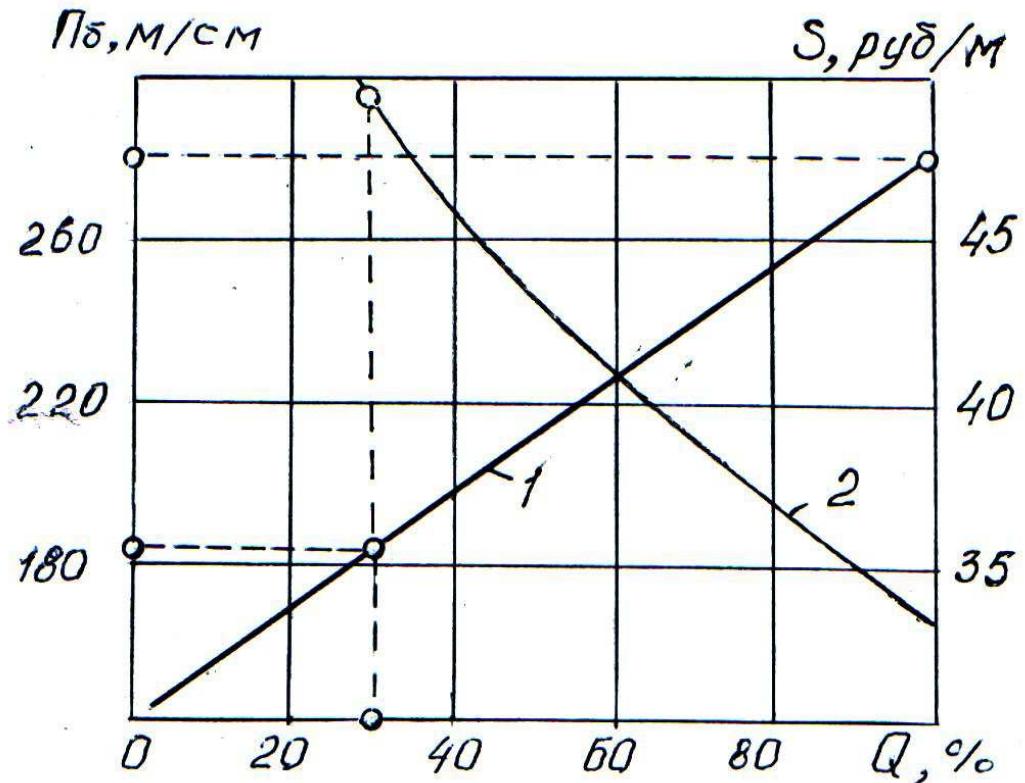


Рис. 1.1. Повышение производительности (1) и снижение стоимости (2) буровых работ на разрезах при увеличении объемов бурения долотами режущего действия

В настоящее время определить объемы бурения на карьерах России можно лишь приближенно. После распада СССР и перехода к рыночной экономике масштабы добычи угля и других полезных ископаемых открытым способом существенно снизились, но в настоящее время достаточно быстро восстанавливаются. Значительные объемы добычи цветных металлов, железных руд и угля остались в Казахстане (ССГОК, Экибастузский бассейн и др.), Средней Азии и Украине (Криворожский и другие бассейны).

Вместе с тем основные районы угледобычи находятся на Востоке России и в них происходит наращивание объемов, особенно в Кузбассе, где в ближайшие 5–7 лет объемы бурения на разрезах превысят 12–13 млн м.

В Канско-Ачинском и Минусинском бассейнах, кроме разрезов «Бородинский», «Изыхский», на которые приходились основные объемы буровых работ, возникли 27 новых развивающихся малых разрезов. С учетом Кайерканского разреза (Норильский ГМК), Кая-Хемского (республика Тыва) и других в этом регионе Центральной Сибири объемы бурения приближаются к доперестроечному периоду. В этом же регионе значительное развитие получили карьеры по добыче золота из коренных месторождений (Олимпиадинское и др.), магнезитов, свинцово-цинковых, молибденовых и других руд, а также сырья для алюминиевых заводов.

Практически не уменьшились и в настоящее время увеличиваются объемы бурения на алмазодобывающих карьерах Якутии.

В ближайшее десятилетие в России ожидаемые годовые объемы бурения на открытых горных, земляных и строительных работах превысят 60 млн м скважин, освоение которых при существующих устаревших средствах бурения потребует списочного состава буровых станков (БС) более 1500 ед. и расходования в год 160–200 тыс. буровых инструментов (БИ). Ежегодные эксплуатационные затраты могут достигнуть 6 млрд руб., из них примерно 60–65 % составят затраты на БИ.

При этом в последнее время преобладает использование долот диаметром 244,5 мм, в меньшей степени – диаметрами 269,9; 320 и 190–215,9 мм (угольные разрезы). Шарошечные долота диаметром 140–161 мм не имеют больших перспектив из-за малой стойкости опор и неконкурентоспособности по сравнению с режуще-ударным инструментом (РУИ) в крепких породах и режущими долотами в некрепких породах.

Соотношение различных способов бурения будет изменяться, их выбор будет определяться горнотехническими факторами и экономическими показателями. Решающее значение при этом имеет не только крепость пород, но и требуемый диаметр скважин, зависящий от блочности (трещиноватости) взываемых горных массивов и рациональности вида используемого взрывчатого вещества.

1.2 Современное состояние техники бурения взрывных скважин

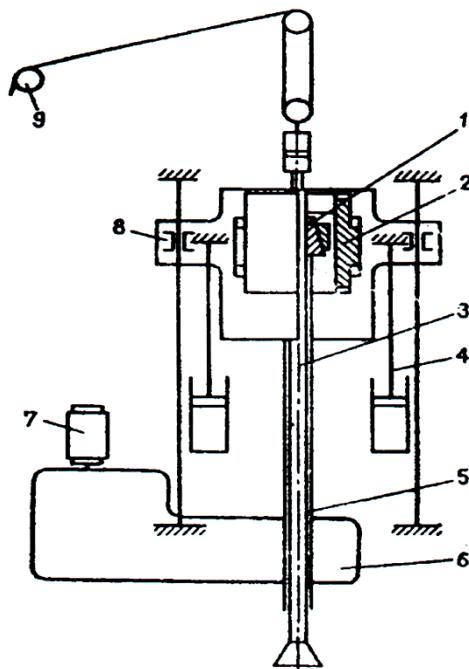
На карьерах России применяют буровые станки типа СБШ (станок буровой шарошечный), СБР (станок бурения резанием), СБУ (станок буровой ударно-вращательного действия) и комбинированные (в типаже обозначенные СБУШ), рассчитанные на использование шарошечных, режущих, пневмоударных и других буровых инструментов.

Станки шарошечного бурения

Начиная с 60-х годов прошедшего столетия наибольшее развитие на отечественных карьерах получили станки шарошечного бурения. На основе исследований ИГД им. А.А. Скочинского, МГГУ и Челябинского филиала ВУГИ (преобразованного затем в ЧНИИГД и НИИОГР), и на базе испытаний целого ряда экспериментальных моделей шарошечных станков были созданы опытно-промышленные образцы двух характерных типов: БСШ-1 (институт “Гипроуглеавтоматизация”) и СВБК-150 (Коркинский экскаваторо-вагоноремонтный завод совместно с Челябинским филиалом ВУГИ, 1957 г.). Станок БСШ-1 лег в основу серийного станка СБШ-200. На основе станка СВБК-150 была выпущена крупная партия станков СВБК-200, которые успешно эксплуатировались на угольных разрезах более 15 лет. Примененная на станках СВБК-150 и СВБК-200 канатно-полиспастная схема механизма подачи была принята в буровом станке СБШ-250, а затем на станке СБШ-320. Так образовались две базовые модели станков шарошечного бурения СБШ-200 и СБШ-250, которые проходят длительный этап эволюционного развития до сих пор. Эти станки отличаются принципом построения вращательно-подающих механизмов (ВПМ), определяющим конструктивный облик и технологические особенности (возможности) станка.

Станки группы СБШ-200 имеют роторно-патронную схему ВПМ с нижним стационарным расположением вращателя, передачей осевого усилия

и крутящего момента на образующую бурильной штанги через зажимной патрон (рис. 1.2).

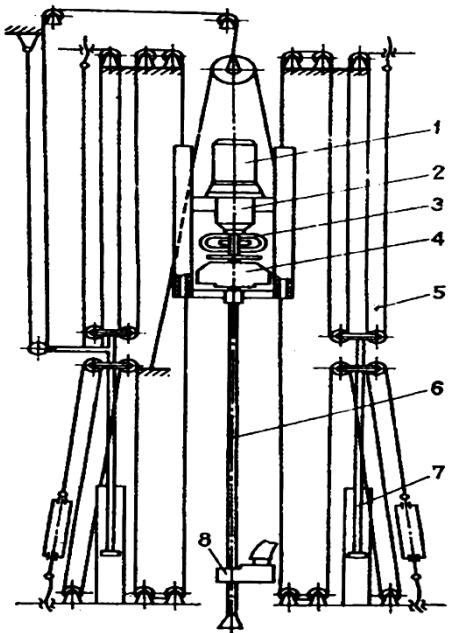


1 – зажимные кулачки, 2 – зажимной патрон, 3 – штанга, 4 – шток гидроцилиндра подачи, 5 – пустотелый шпиндель гидропатрона, 6 - вращатель (редуктор), 7 – электродвигатель постоянного тока ДПВ-52, 8 - траверса, 9 – лебедка с трехкратным полиспастом для подъема бурового става

Рисунок 1.2 - Кинематическая схема вращательно-подающего механизма станка 2СБШ-200Н

Усилие подачи создается двумя гидроцилиндрами, питающимися от одного или двух насосов нерегулируемой производительности с предохранительным клапаном. К преимуществам такой схемы относятся: стационарность привода вращателя, возможность значительного облегчения мачты, большая устойчивость станка при передвижении. К недостаткам – ограниченность величины осевой нагрузки и крутящего момента из-за проскальзываемых кулачков патрона (особенно в зимних условиях); большие затраты времени на вспомогательные машинные операции; невозможность применения штанг различных диаметров и тем более шнековых штанг.

Станки группы СБШ-250 имеют схему передачи осевого усилия и крутящего момента на торец штанги от шпинделя (с гидромуфтой) редуктором вращателя, который перемещается вдоль мачты канатным полиспастом. Усилие подачи создается от двух гидроцилиндров (рис. 1.3).



1 – электродвигатель постоянного тока, 2- редуктор вращателя, 3 – шинно-шлицевая муфта, 4 – опорный узел, 5 четырехкратная канатно-полиспастная система подачи, 6 – колонна вращающихся штанг, 7 - гидроцилиндр подачи, 8 – механизм свинчивания-развинчивания штанг.

Рисунок 1.3 - Кинематическая схема вращательно-подающего механизма станка СБШ-250МН-32

К преимуществам торцевой (шпиндельной) схемы относятся: простота, надежность, возможность создания больших осевых усилий и крутящих моментов, а также благоприятность применения штанг (трубчатых и шнековых) и долот различного диаметра. Недостаток схемы – необходимость утяжеления мачты, по которой должен перемещаться тяжелый крупный вращатель, что обуславливает значительную массу станков, периодические перемещения на большую высоту пневматических, гидравлических шлангов и электрических кабелей и др.

Применяемые на станках типоразмеров СБШ -200 и СБШ-250 гидроприводы подачи, состоящие из маслонасоса нерегулируемой производительности с предохранительным клапаном и гидроцилиндров с дросселем на сливе, имеют жесткие (неэластичные) характеристики, что

необходимо учитывать при разработке и оценке режимов бурения пород средней крепости и слабых в особенности режущими долотами. Более благоприятны системы подачи с тяговой лебедкой, как это имеет место на станках СБШ-250/270 (РД-10) и СБШ-320. Стойкость буровых долот при системе подачи с тяговой лебедкой оказывается более высокой.

Создание и совершенствование отечественных буровых станков осуществлялось на основе их типоразмерного ряда для механического бурения взрывных скважин на открытых горных разработках (табл. 1.3).

По мере освоения конструкции СБШ типаж был расширен по нормативным показателям и моделям станков (табл. 1.4), в соответствии с которым был издан ряд модификаций станков двух указанных групп.

Совершенствование станков осуществляется в следующих направлениях: увеличение длины штанг до 12 – 20 м (в том числе возможность бурения одной штангой длиной 20 м), переход на питание приводов станка на высокое напряжение, широкое применение гидроприводов механизмов, совершенствование приводов вращателя и систем автоматического управления, применение кабельных барабанов, увеличение производительности компрессорных станций и т.д.

По станкам типоразмера СБШ-200 были изготовлены модернизации 2СБШ-200Н (2СБШ-200-32), 3СБШ-200-60, 4СБШ-200-40, 5СБШ-200-55. Из них наилучшие результаты имеют станки 2СБШ-200Н и 3СБШ-200-60, среднемесячная производительность которых на разрезах Кузбасса почти в два раза выше производительности более мощных станков СБШ-250МНА и СБШ-250-55 в тех же условиях [1]. Остальные модернизации станков этого типоразмера не получили развития.

По станкам второй группы (типоразмер СБШ-250) самой отработанной является модель СБШ-250МНА-32, имеющая наибольшее распространение. Другие модификации этого станка (СБШ-250-36, СБШ-250-20, СБШ-250-55) пока не нашли широкого применения, либо сняты с производства (СБШ-250-

55). Перечень станков, выпускаемых ОАО “Рудгормаш” (г. Воронеж) в настоящее время, показан в табл. 1.5.

Таблица 1.3

Типаж станков СБШ для бурения взрывных скважин на открытых горных работах

Модель базового станка	Д, мм	Н, м	а, град	Тк, ч	f	П, м/ч	М, кг/м ³	Э, МДж/м ³
Типоразмер СБШ-160								
СБШ-160-46	160	48	0;15;30	9000	8-10	20	14,2	1080
Типоразмер СБШ-200								
2СБШ-220-32	200	32	0	11000	8-10	20	7,2	936
4СБШ-200-40	200	40	0;15;30	11000	8-10	18	8,8	1026
2СБШ-200Н-40	200	40	0;15;30	11000	8-10	18	8,8	1026
3СБШ-200-60	200	60	0;15;30	12000	8-10	23	6,9	846
СБШ-200-55	200	55	0;15;30	15000	8-10	24	6,7	972
Типоразмер СБШ-250								
СБШ-250-МНА-32	250	32	0;15;30	11500	12-14	15	7,7	1044
СБШ-250-20*	250	20	0;15;30	16500	12-14	22	4,3	828
СБШ-250-55	250	55	0;15;30	16500	8-10	22	3,28	745
Типоразмер СБШ-320								
СБШ-320-36 (СБШ-320М)	320	36	0;15;30	20000	16-18	13	5,3	1548
Типоразмер СБШ-400								
СБШ-400-55 (СБШ-320/380НС)	400	55	0;15;30	22500	10-12	25	2,3	1002
СБШ-400-20*	400	20	0;15;30	22500	10-12	29	2,6	864

Примечание: Д – условный диаметр скважины, Н – глубина бурения, а – угол наклона скважины, Тк – ресурс до первого капитального ремонта, f – крепость горной породы, П – техническая производительность, М – удельная масса, Э – удельный расход электроэнергии при бурении, * - станки для бурения одной штангой длиной 20 м.

Таблица 1.4

Типы и основные параметры станков для бурения скважин на открытых работах

Наименование параметра	Норма для типоразмеров										
	СБШ-160	СБШ-200	СБШ-250	СБШ-320	СБШ-400	СБР-125	СБР-160	СБР-100	СБУ-125	СБУ-160	СБУ-200
1. Условный диаметр скважины, мм	160	200	250	320	400	125	160	100	125	160	200
2. Глубина бурения, м	35	55	75	110	150	10	25	4	10	30	40
3. Частота вращения долота (максимальная), об/мин	200	150	150	150	150	150	200	76	75	60	60
4. Нагрузка на долото (максимальная), кН	150	300	300	600	600	40	65-80	7	20	25	30
5. Энергия удара пневмоударника, Дж								90	150	280	420
6. Масса станка, т	35	55	75	110	150	10	25	4	10	30	40

Таблица 1.5

Типаж станков СБШ для бурения взрывных скважин на открытых горных работах

Модель базового станка	Д, мм	Н, м	а, град	Тк, ч	f	П, м/ч	М, кг/м ³	Э, МДж/м ³
Типоразмер СБШ-160								
СБШ-160-46	160	48	0;15;30	9000	8-10	20	14,2	1080
Типоразмер СБШ-200								
2СБШ-220-32	200	32	0	11000	8-10	20	7,2	936
4СБШ-200-40	200	40	0;15;30	11000	8-10	18	8,8	1026
2СБШ-200Н-40	200	40	0;15;30	11000	8-10	18	8,8	1026
3СБШ-200-60	200	60	0;15;30	12000	8-10	23	6,9	846
СБШ-200-55	200	55	0;15;30	15000	8-10	24	6,7	972
Типоразмер СБШ-250								
СБШ-250-МНА-32	250	32	0;15;30	11500	12-14	15	7,7	1044
СБШ-250-20*	250	20	0;15;30	16500	12-14	22	4,3	828
СБШ-250-55	250	55	0;15;30	16500	8-10	22	3,28	745
Типоразмер СБШ-320								
СБШ-320-36 (СБШ-320М)	320	36	0;15;30	20000	16-18	13	5,3	1548
Типоразмер СБШ-400								
СБШ-400-55 (СБШ-320/380НС)	400	55	0;15;30	22500	10-12	25	2,3	1002
СБШ-400-20*	400	20	0;15;30	22500	10-12	29	2,6	864

Примечание: Д – условный диаметр скважины, Н – глубина бурения, а – угол наклона скважины, Тк – ресурс до первого капитального ремонта, f – крепость горной породы, П – техническая производительность, М – удельная масса, Э – удельный расход электроэнергии при бурении, * - станки для бурения одной штангой длиной 20 м.

Для бурения на уступах, представленных крепкими породами крупноблочного строения, а также на объектах транспортного, гидротехнического строительства и на карьерах небольшой производственной мощности нужен легкий станок типа СБШ-160. Существуют легкие станки этого класса, типов БТС-2, БТС-150, БТС-150М, смонтированные на тракторе и имеющие прицепной компрессор. Был создан опытный образец двухшиндельного станка 2СБШ-160, не получивший развития. На некоторых карьерах для глубокого бурения скважин диаметром 110 - 125 мм использовали станки СБУ - 125 с погружными пневмоударниками, но их производительность была в два-три раза ниже, чем у шарошечных.

Фирмой “Транстехновация” и Московским университетом путей сообщения созданы опытные образцы станков СБШ-160 и БТС-150К с установленными на платформе компрессором и мачтой с механизированной сборкой-разборкой бурового става. Эти станки при использовании противовибрационных буровых ставов могут бурить с высокими скоростями вращения долот (табл. 1.6).

В 2002 г. ОАО “Рудгормаш” изготовил и поставил на испытания буровой станок СБШ-160 “Доломит”.

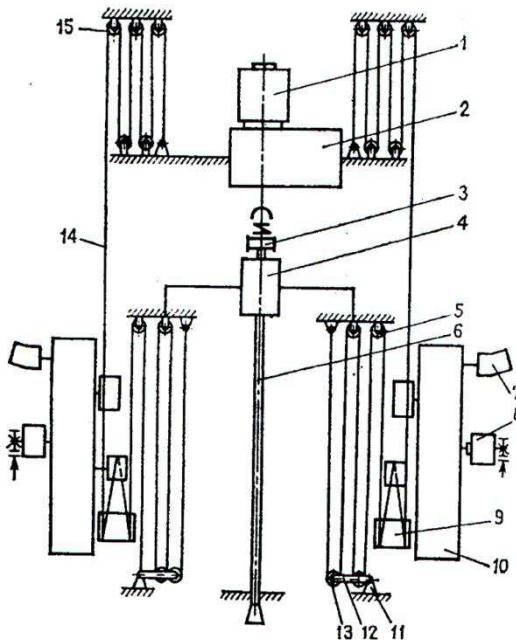
До настоящего времени окончательно не решена проблема создания конструкций станков тяжелого типа. На отдельных карьерах находятся в эксплуатации тяжелые станки для бурения скважин диаметром 320 мм с роторной схемой – БАШ-250 (320), с торцовой схемой – СБШ-320, опытные модели станков “Руслан” на пневмоколесном ходу, СБШ-400 для долот диаметром 395 мм.

Таблица 1.6

Технические характеристики станков шарошечного бурения с повышенной скоростью вращения долота

Технические данные	БТС-150М	СБШ-160	БТС-160К
Диаметр скважины, мм	150	160	160;190
Глубина бурения, м	32	32	32
Максимальное усилие подачи, кН	120	150	180
Частота вращения бурового става, мин	130;360	0 - 200	0 - 350
База станка	Трактор T170M01	Трактор T170M01	Тележка экскаватора ЭО-4225
Масса, т	21	25	35

Кинематическая схема ВПМ станка СБШ-320 показана на рис. 1.4. Такую же систему подачи имеет станок СБШ-РД-10. В станке СБШ-320 усилие подачи создается лебедками 10 и передается на опорный узел 4 через канал 14, огибающий последовательно несколько раз приводные барабаны лебедки 10. В период бурения усилие подачи создается гидромотором 7. Тяговое усилие в канатах возникает за счет их трения о барабаны. При спуско-подъемных операциях лебедка 10 работает от электродвигателя. Принятая система подачи имеет большую эластичность, чем у станков СБШ-200 и СБШ-250.



1 – электродвигатель, 2- редуктор, 3 – шинно-шлицевая муфта, 4 - опорный узел, 5 – блоки натяжных устройств, 6 – штанга, 7 – гидромотор, 8 – электродвигатель, 9 – приводной барабан, 10 – лебедка, 11 – натяжное устройство, 12 – рычаг, 13 – блоки натяжных устройств, 14 – канат, 15 – верхние блоки

Рисунок 1.4 - Кинематическая схема вращательно-подающего механизма станка СБШ-320

Потребности отечественных карьеров в мощных буровых станках удовлетворялись приобретением зарубежных машин. На ряде угольных разрезов Кузбасса и Якутии станки 60R фирмы “Бюсайрус Ири” и М-4 фирмы “Марион” успешно работали более 15 лет, а на некоторых разрезах находятся в эксплуатации и сейчас. Сменная и месячная производительность этих станков была в 3 - 5 раз выше, чем отечественных СБШ-250МН и СБШ-320. Более высокая производительность зарубежных машин достигается, прежде всего, за счет качества изготовления, надежности, эффективности технического обслуживания и эксплуатации, применения электронных систем управления и диагностики.

Фирма “Бюсайрус Ири” (США) выполняет в основном мощные электроприводные шарошечные станки 47-R, 60-R, 65-R, 67-R и другие для долот диаметром, главным образом, 273, 311, 381, 405 мм, массой 140 - 180 т,

мощностью 600 - 770 кВт. Длина штанг составляет 15 - 19,8 м. Тип ВПМ шпиндельный (торцовый) с перемещением каретки вращателя вдоль мачты с помощью зубчато-реечного механизма. Станки 60/61-R имеют реечно-цепную подачу.

Таблица 1.7

Сравнение показателей ряда станков фирмы “Ингерсол-Ранд” со станком СБШ-250

Показатели	СБШ-250	ДМ-М2	ДМ-Н
1	2	3	4
Диаметр скважины, мм	244,5; 270	229; 270	229-381
Глубина бурения, м	32	53,4	76
Угол наклона скважины, град.	0; 15; 30	0,5;10;20;30	0,5;10;20;25;30
Осьевое давление на забой, кН	300	340	497
Частота вращения долота, мин ⁻¹			
Момент на долоте, кН·м	0-150	0-150	0-150
Скорость вращения бурового снаряда, м/мин:			
-подъем	7	25,6	до 20
-спуск	8	25,6	до 20
Производительность, км/год	50	120	102 - 140
Установленная мощность, кВт	398	130	373
Длина штанг, м	8	10,7	9;13, 7;16,8;19,8
Масса, т	66-71	56,7	111

Станки шарошечные фирмы “Марион” (США) имеют верхний электрический вращатель, цепную подачу, действующую от гидромоторов. На разрезе “Нерюнгринский” эксплуатировались станки М4-СС (диаметр долота 311 мм, три штанги длиной по 16,7 м, общая мощность 410 кВт, масса

120 т). На этом же разрезе в 1997 г. введен в эксплуатацию станок шарошечного бурения типа ДМ-Н фирмы “Ингерсол-Ранд” (США). Технические характеристики ДМ-Н показаны в табл. 1.7. Машины рассчитаны на возможность бурения скважин различного диаметра от 229 до 381 мм, они могут комплектоваться как дизельным, так и электрическим приводом, штангами длиной 13,7; 15,24; 16,7 и 19,8 м, компрессорами производительностью 29,7; 39,6 и 73,6 м³/мин. Вращение долота осуществляется от двух аксиальных поршневых гидравлических двигателей переменной производительности, мощностью по 231 кВт каждый. Скорость вращения плавно изменяется от 0 до 150 об/мин при максимальном моменте 17890 Н · м. Имеются системы мокрого и сухого пылеподавления, центральной смазки и пожаротушения, дистанционного управления перемещением установки, автоматического горизонтирования и бурения. Машинист работает с двумя системами управления: с экраном дисплея на жидкких кристаллах и ручным терминалом. Системы легко переключаются с автоматического на ручное управление.

Тяжелые зарубежные станки имеют высокую стоимость (от 1,5 до 2,5 млн. долларов США и более). Стоимость отечественного станка РД-10 составляет 370 тыс. долларов США, а опытный тяжелый станок СБШ-320 производства Ижорского завода имеет стоимость 625 тыс. долларов США. Однако, по мнению специалистов [5], несмотря на более высокую производительность и надежность в эксплуатации зарубежных машин (не менее чем в 4 - 5 раз) по сравнению с отечественными станками, расходы на обуриивание 1 м³ пород будут примерно одинаковыми.

Подводя итог рассмотренных отечественных станков типа СБШ, следует отметить, что в эксплуатации находятся наиболее отработанные и серийные станки средней массы СБШ-200Н, ЗСБШ-200-60 и СБШ-250 МНА. Их основные параметры и характеристики даны в табл. 1.8. Станки СБШ-320 и СБШ-160 находятся в стадии освоения, имеется несколько опытных переходных моделей, работа над которыми не завершена.

Таблица 1.8
Технико-эксплуатационная характеристика станков типа СБШ

Показатели	Типы станков			
	СБШ-200Н (СБШ-200-32)	ЗСБШ-200-60	СБШ-250- МНА	СБШ-320М (опытный)
Диаметр скважин, мм	215,9;244,5	215,9;244,5	244,5;269,9	320
Глубина бурения, м	32	60	32	36
Длина штанги, м	8	12	8/12	17,5
Ход непрерывной подачи, м	1	1	8	17,5
Усилие подачи, кН	250	300	300	500
Частота вращения, с ⁻¹	0,2-4	0,2-2,5	0,2-2,5	0-2,1
Мощность привода, кВт:				
-вращателя	52	68	68	100
-компрессора	150	200	200	400
Расход сжатого воздуха, м ³ /с	0,41	0,53	0,53	0,83
Масса станка, т	50	62	71,5	110
Среднемесячная производительность {на разрезах}, тыс. м	2,6	5,3	3,8	2,5
Годовой объем работ, тыс. км	2,28	2,44	0,73	0,03

Станки вращательного бурения резанием

Обратимся к рассмотрению станков вращательного бурения резанием (СБР). Среди станков вращательного бурения резанием со шнековой очисткой скважин длительное время (даже к началу 80-х годов) основным являлся станок СВБ-2М, созданный на основе станка СВБ-2 и имеющий весьма низкую степень механизации. Станок СВБ-2М имеет короткие шнеки (1,85 м), наращиваемые и разбираемые вручную. Осевое усилие на долото у

первых моделей составляло всего 18 кН (СВБ-2), затем 50 кН, число оборотов долота – 120 и 200 об/мин по условиям обеспечения шнековой очистки скважины. Техническая характеристика станка вращательного бурения резанием приведена в табл. 1.9.

Таблица 1.9
Техническая характеристика станков вращательного бурения резанием

Показатель	СБР-160А-24	СБР-160Б-32	2СБР-160-24	СВБ-2М
1	2	3	4	5
Диаметр скважины, мм	160	160	160	160
Глубина скважины, м	24	32	24	25
Направление бурения к вертикали, град	0;15;30	0;15;30	0;15;30	0
Частота вращения долота, с-1	1,7;2,2;3,3	1,7;2,2;3,3	0,7;1,4;2,1;3	2;3,3
Длина штанги, м	8	8	4	1,85
Установленная мощность, кВт	184	184	112	72
Мощность вращателя, кВт	36/40/50	36/40/50	-	40
Крутящий момент, кН.м	12	12	-	10
Усилие подачи, кН	80	80	70	50
Скорость подъема става, м/с	0-0,05	0,05	0,09	0-0,16
Скорость опускания става, м/с	0,5	0,5	0,37-0,53	-
Масса, т	25	35	18	9,25

Взамен станка СВБ-2М был создан станок СБР-160, а затем его модификация СБР-160А-24, в 3 раза тяжелее и 5 раз дороже своего предшественника (табл.1.9). Длина штанги была увеличена до 8,25 м, усилие подачи увеличено до 80 кН. Трудоемкие операции по сборке-разборке бурового става облегчились, но не исключили ручных операций из-за

сохранения пальцевого соединения штанг. Производительность выросла незначительно, а себестоимость бурения возросла в 1,5 - 2 раза. Модернизированный вариант станка СБР-160А-24, выпускаемый под маркой СБР-160Б-32, имеет глубину бурения до 32 м и оснащен кабельным барабаном.

Более совершенным является станок 2СБР-160-24, рассчитанный на применение высокомоментного гидродвигателя вращателя. Используются укороченные шнековые штанги длиной 4 м с резьбовым соединением, что позволило полностью механизировать процесс сборки-разборки бурового става, как и в станках типа СБШ. Эти станки могут переоборудоваться для использования шнекопневматической очистки скважин с подачей сжатого воздуха на забой скважины через внутренний канал штанг от компрессора. Совершенствование станков СБР продолжается. Конкуренцию им составляют рассмотренные выше станки типа БТС и осваиваемый станок СБШ-160.

Станки комбинированного бурения

Практические работы по созданию станков комбинированного бурения начали интенсивно развиваться в угольной промышленности в связи с освоением Канско-Ачинского угольного бассейна. Принципы комбинированности заключаются в применении на одном станке не только различных способов бурения (шарошечного, режущего и ударно-вращательного), но и различных способов очистки скважин (шнекового, пневматического и шнекопневматического). Новый подход к созданию буровых станков обусловлен необходимостью повышения эффективности бурения скважин в сложноструктурных массивах горных пород, а в настоящее время становится одним из перспективных направлений развития буровой техники для карьеров.

В Канско-Ачинском угольном бассейне, где во многих вскрышных уступах, в толще водонасыщенных, вязких глинистых фракций, залегают

линзы и прослои крепких песчаников (мощностью от 0,3 до 6 м) с $f = 6 - 12$, шарошечное бурение даже с многократным увеличением крутящего момента и повышенным расходом сжатого воздуха не дает хороших результатов. Вынос из скважины влажных и липких пород при глубине скважины 2 - 3 м не происходит и бурение прекращается. Бурение станками СВБ-2М и СВБ-2 в этих условиях также не эффективно (низка их производительность, высок расход бурового инструмента и интенсивный рост мощности вращателя с увеличением глубины скважины). Производительность этих шнековых станков при наличии включений крепких песчаников ($f = 10$) 75, 50 и 25 % составляла соответственно 14, 30 и 50 м/смену. В 1966 г. НИИОГРом на разрезе “Ирша-Бородинский” были проведены первые промышленные эксперименты по бурению скважин на сложноструктурных уступах с шнекопневматической (шнековоздушной) очисткой скважин [2, 26]. Для экспериментов использовали станок СВБК-200, переоборудованный для бурения как со шнековыми штангами с каналами для подачи сжатого воздуха, так и с гладкоствольными. Бурение велось шарошечными и режущими долотами (типа ДР и ДРВ) диаметром 190-214 мм при различных комбинациях способов очистки скважин и производительности компрессоров 9, 12 и 17 м³/мин. Осевая нагрузка на долото изменялась от 20 до 120 кН, а частота вращения – от 80 до 124 мин⁻¹. Величины режимных параметров, скорость проходки и мощность вращателя фиксировались в процессе бурения на самопищащих приборах. Результаты экспериментального бурения представлены на рис. 1.5.

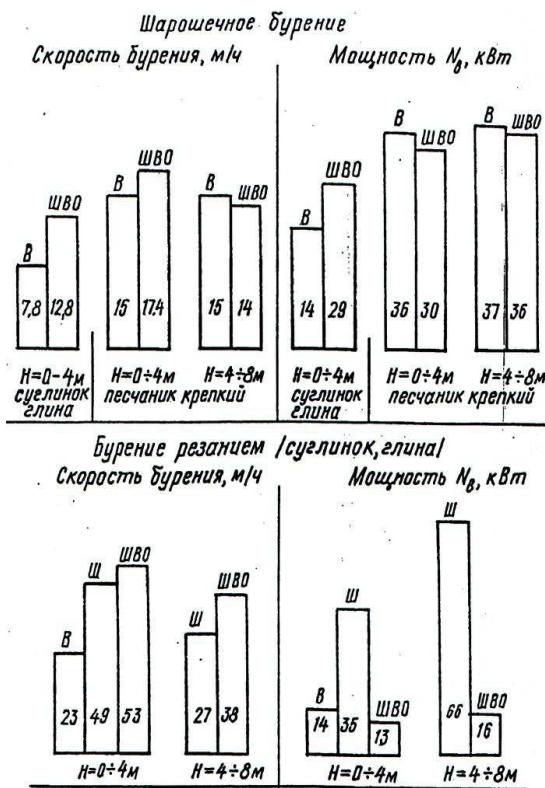


Рисунок 1.5 - Сравнение способов бурения на разрезе “Ирша-Бородинский” при пневматическом (воздушном) В, шnekовом Ш и шнекопневматическом ШВО способах очистки скважины (промышленные эксперименты на станке СБШК-200): а – шарошечное бурение, б – бурение резанием (в суглинках и глинах)

Наиболее рациональным по скорости бурения и удельной энергоемкости оказался шнекопневматический способ очистки скважин с помощью специальных шнеков диаметром 190 мм, имеющих центральный продувочный канал и герметически соединенных между собой. При бурении устанавливались силовые режимы бурения (высокие осевые нагрузки и умеренные числа оборотов долота). Режущие долота образовывали крупные частицы породы пластинчатой формы, а шарошечные (типа ТК) – частицы меньших размеров, форма которых приближается к изометрической. В исследованных условиях по скорости бурения и мощности шнекопневматическая очистка намного эффективнее пневматической в слабых и влажных породах, при переходе в крепкие породы разница по мере роста глубины бурения уменьшается.

На базе выполненных исследований были созданы и приняты к производству новые станки комбинированного бурения СБШК-200 (рис. 1.6) и 2СБР-125 (рис. 1.7), параметры и показатели которых даны в табл. 1.10. Станки СБШК-200 и 2СБР-125 имеют гидравлические вращатели с увеличенными величинами мощности и крутящего момента и рассчитаны на силовое резание горных пород. У станка СБШК-200 удельная нагрузка на долото составляет 9,3 кН/см против 1,2 кН/см у станка СВБ-2М. Впоследствии принцип комбинированности способов бурения, а затем и способов очистки скважин, нашел отражение в станках БТС-150, БТС-500 и других, применявшимся на горных работах при строительстве БАМ.



Рисунок 1.6 – Комбинированный буровой станок СБШК-200

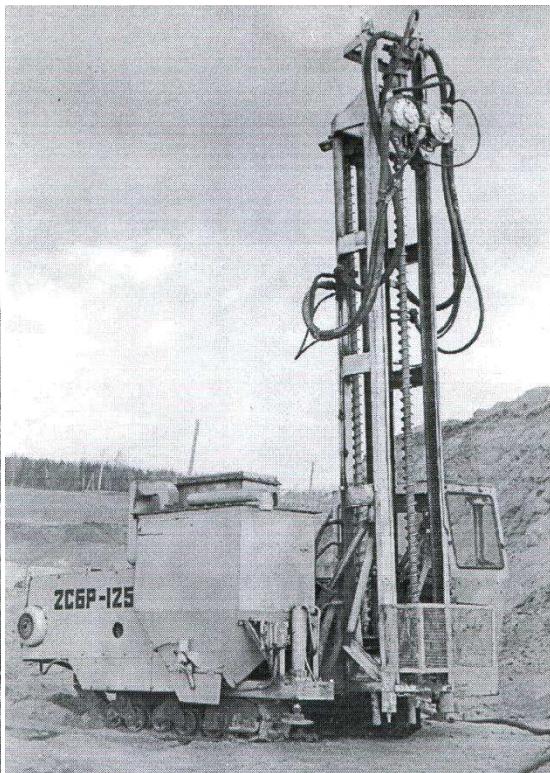


Рисунок 1.7 - Комбинированный буровой станок 2СБР-125

Таблица 1.10

Основные параметры и показатели станков комбинированного бурения

Показатели	Новые станки		Прежний станок
	СВБК-200	2СБР-125	СВБ-2М
Диаметр долота, мм	190; 214	118; 125	160
Глубина бурения, м	до 50	до 30	до 25
Длина штанги, м	12	4,2	1,85
Осевая нагрузка, кН	до 200	до 45	-
Частота вращения долота, мин ⁻¹	до 180	до 340	120-200
Расход сжатого воздуха, м ³ /с	0,416	0,11	-
Номинальный крутящий момент на долоте, кН·м	4,4-9,7	1,6	10
Установленная мощность, кВт	337	98	72
Диаметр штанг, м:			
-гладкой	168	95	-
-шнековой	208	120	155
Способ очистки скважины *	Ш, П, ШП	Ш, П, ШП	Ш
Тип бурового инструмента **	Р, Ш, К	Р, Ш, К	Р
Масса станка, т	48,2	12	9,85
Производительность, м/смену	140-270	135-260	50,2 ***
Стоимость бурения, %	68	31	100

Примечание: * - Ш – шнековый, П – пневматический, ШП – шнекопневматический, ** - Р – режущий, Ш – шарошечный, К – комбинированный. *** - при 60 % включений.

Исследования Н.Н. Мотыля (1978 г.) показали, что шнекопневматическая очистка скважин имеет ряд преимуществ при бурении и в неосложненных условиях. Он предложил применять шнекопневматическую очистку в режиме псевдоожижения бурового шлама в забойном пространстве скважины, что существенно повысило скорость

бурения и снизило энергоемкость шнековой очистки. Этот способ привлекателен и тем, что при поддержании режима псевдоожижения (в отличие от режима пневмотранспорта) буровой мелочи в пределах скважины можно исключить необходимость установки на станке громоздкой системы пылеулавливания.

Большой объем исследований по бурению скважин со шнекопневматической очисткой проведен под руководством проф. Б.А. Катанова. Известны работы в этой области Ю.Е. Воронова, Е.М. Каракулова, В.И. Кузнецова, М.П. Латышенко. Обобщая результаты этих работ, следует отметить, что шнекопневматическая очистка скважин по сравнению со шнековой повышает стойкость бурового инструмента и скорость бурения, снижает потребляемую мощность, а по сравнению с пневматической очисткой {при трубчатых штангах} требует меньшего расхода сжатого воздуха и снижает энергоемкость бурения. В осложненных горно-геологических условиях шнекопневматическая очистка скважин особенно эффективна, а иногда является незаменимой. Вместе с тем шнекопневматическая очистка скважин еще не нашла широкого применения. Это объясняется не только известным консерватизмом и организационной нестабильностью перехода к рыночной экономике, но и незавершенностью исследований в этом направлении с экономической стороны, особенно в области скважин большого диаметра (250 - 320 мм) в крепких породах.

1.3 Конструктивные особенности шарошечных долот

Шарошечные долота

Основным породоразрушающим инструментом, которым в настоящее время бурится свыше 80 % скважин на открытых горных работах, являются шарошечные долота. Шарошечные долота представляют собой наиболее универсальный породоразрушающий буровой инструмент, поскольку

область его применения охватывает практически все многообразие горных пород: от очень мягких до очень крепких. Согласно ГОСТ 20692-2003 долота изготавливают следующих видов: I – одношарошечные; II – двухшарошечные; III – трехшарошечные. Существуют многошарошечные долота для бурения скважин диаметром 600 мм и более.

Трехшарошечные долота

Наибольшее распространение получили трехшарошечные долота (рис. 1.8). Это объясняется тем, что их конструкция отвечает наилучшим образом двум основным требованиям: прочность опорного узла шарошки и устойчивость бурового става с шарошечным долотом на поверхности забоя скважины.

Долота изготавливаются посредством сварки трех штампованных лап 2, на цапфах 4 которых смонтированы свободно вращающиеся шарошки 5 (рис. 1.8). Опоры шарошек снабжены роликами 6 и шариками 7. Наружные поверхности шарошек оснащены зубцами различных типов, называемыми вооружением шарошек. Верхняя часть 1 долота выполнена в виде конуса и имеет стандартную замковую коническую резьбу для соединения со штангой бурового става.

Все шарошечные долота в качестве одной из опор имеют шариковую опору 7, которая служит для фиксации шарошки на цапфе. Шарики заводятся в кольцевую проточку через специальный канал, закрываемый затем пальцем 3 и завариваемый.

Для подачи сжатого воздуха на забой скважины с целью ее очистки от продуктов разрушения в хвостовике и лапах долота имеются каналы. Для бурения взрывных скважин на карьерах применяют долота с продувкой. По расположению и конструкции продувных узлов (каналов) долота для открытых горных работ изготавливают с центральной продувкой – П (рис. 1.9, б); боковой продувкой – ПГ (рис. 1.9, а).

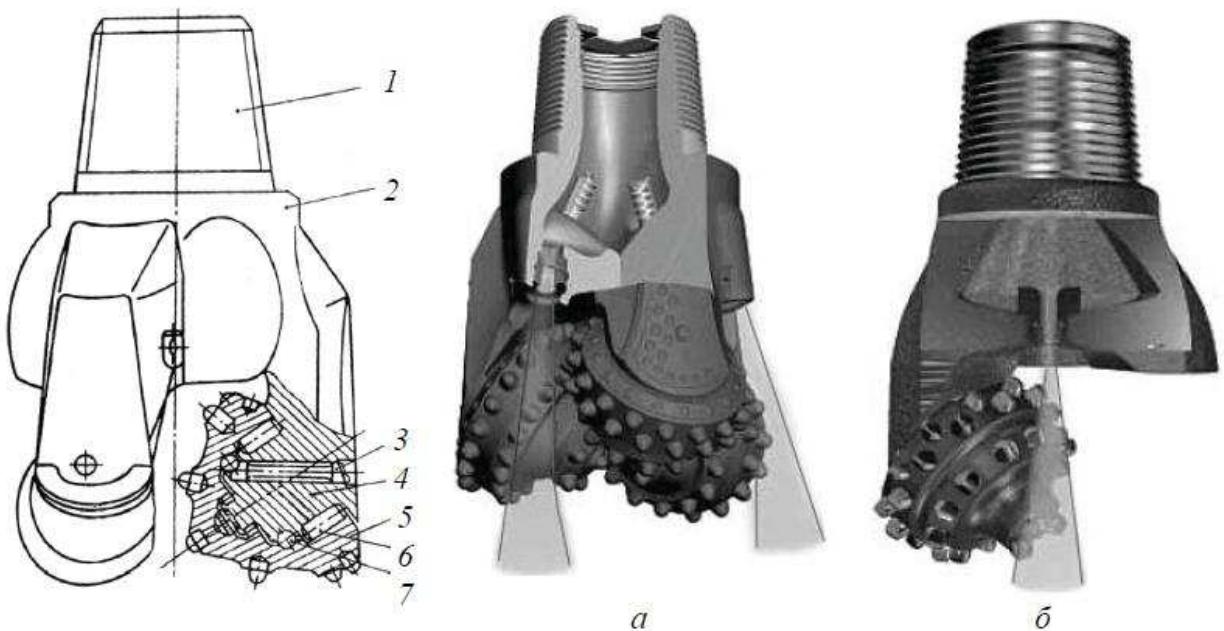


Рис. 1.8. Трехшарошечное долото

Рис. 1.9. Способы продувки:
а -боковая; б – центральная

У долот с центральной продувкой основная часть воздуха непосредственно направляется на забой скважины. Однако в последнее время преимущественное распространение получают долота с боковой продувкой, у которых воздух из центрального канала поступает к соплам, направляющим воздушные струи на зубья шарошек, что способствует их очистке и охлаждению. Часть воздуха (от 5 до 25 %) поступает в каналы лап и цапф и подводится к опорам шарошек для их охлаждения, смазки и предотвращения попадания в опоры буровой пыли и воды. Воздушные потоки в долоте с центральной продувкой показаны на рис. 1.10. Основная часть воздуха (75–95 %) поступает через центральный канал 1 или сопла на очистку скважины и зубьев шарошек, а поступающий через каналы 2 в опоры шарошек воздух выходит в скважину через зазоры 3 между шарошкой и лапой.

При бурении обводненных пород стойкость шарошечных долот резко снижается из-за попадания воды и частиц буровой мелочи в опоры через продувочные каналы при прекращении продувки во время наращивания штанг, поэтому используют обратные клапаны, обеспечивающие увеличение

стойкости долот в этих условиях в 1,5–2 раза. Наилучшие результаты показал клапан КОП-2 (рис. 1.11) конструкции ВНИИБТ. Клапан 1 устанавливается в продувочном канале долота 2. Его подпружиненные створки 3, отжимаясь внутрь клапана, пропускают воздух к забою. При прекращении продувки створки клапана препятствуют поступлению воды к опорам через каналы 4.

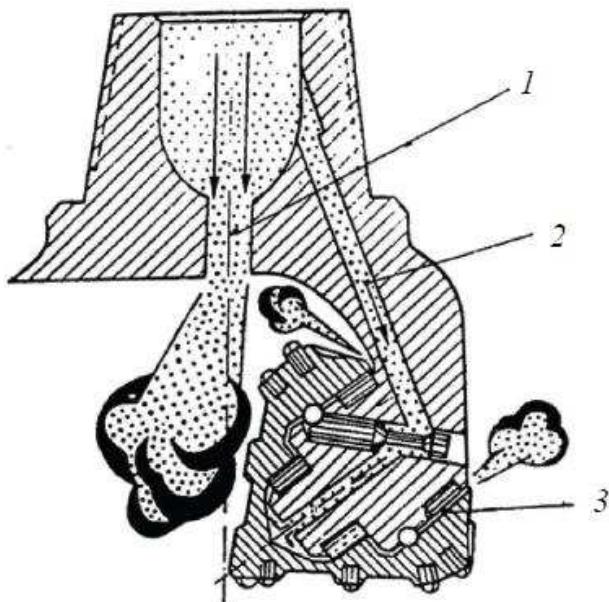


Рис. 1.10. Схема продувки опор шарошек

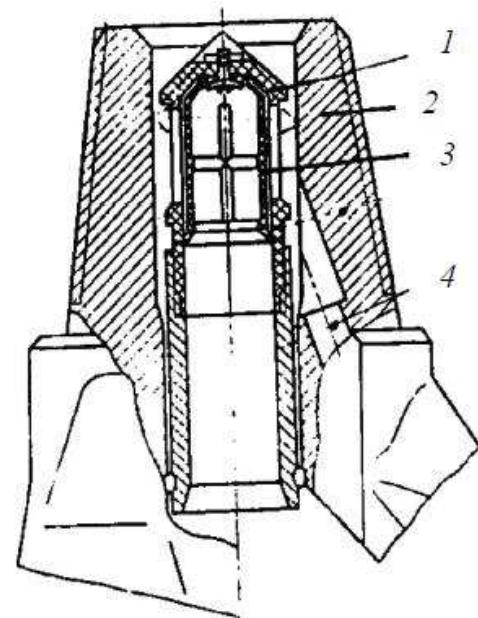


Рис. 1.11. Клапан КОП -2

Для получения наилучших показателей при бурении необходимо использовать долота с параметрами, соответствующими горно-геологическим условиям работы и физико-механическим свойствам буриемых пород. Поэтому существуют типы шарошечных долот для разных условий применения (табл. 1.11) с разными типами вооружения шарошек (табл. 1.12). Зубья шарошек фрезеруются в теле конуса шарошки и наплавляются твердым сплавом. Вставки-штыри запрессованы в отверстия в корпусе шарошек.

Таблица 1.11

Типы шарошечных долот для разных условий применения

Тип долота	Геологические условия проходки	Исполнение шарошки
М	Бурение мягких пород	Сфрезерованными зубьями*
МЗ	Бурение мягких абразивных пород	Совставныи твердосплавными из зубьями**
МС	Бурение мягких пород с пропластками пород средней твердости	Сфрезерованными зубьями
МСЗ	Бурение мягких абразивных пород с пропластками пород средней твердости	Сфрезерованными зубьями и твердосплавными зубьями
С	Бурение пород средней твердости	Сфрезерованными зубьями
СЗ	Бурение абразивных пород средней твердости	Совставныи твердосплавными из зубьями
СТ	Бурение пород средней твердости с пропластками твердых пород	Сфрезерованными зубьями
Т	Бурение твердых пород	Сфрезерованными зубьями
ТЗ	Бурение абразивных твердых пород	Совставныи твердосплавными из зубьями
ТК	Бурение твердых пород с пропластками крепких пород	Сфрезерованными зубьями и твердосплавными зубьями
ТКЗ	Бурение твердых абразивных пород с пропластками крепких пород	Совставныи твердосплавными из зубьями
К	Бурение крепких пород	Совставныи твердосплавными из зубьями
ОК	Бурение очень крепких пород	Совставныи твердосплавными из зубьями

* – фрезерованные зубья выполнены за одно целое с телом шарошки;

** – вставные твердосплавные зубья – обычно карбит-вольфрамовые вставки.

Таблица 1.12

Рациональное сочетание типа шарошечного долота
и разбуриваемой породы

Тип долота	Литологическая характеристика разбуриваемой породы
М	Глины плотные, слоистые и неслоистые, известковистые и неизвестковистые, частопесчанистые и слюдистые, иногда спиритомиконкремация мисидеритов, спрособлениями рыхлых глинистых песчаников и алевролитов, глинистых слюдистых хемогелей и известняков. Глины спрособлены мелкозернистого песка и вулканического пепла. Известняки и ракушечники
МЗ	Переслаивания плотных глин, алевролитов, глинистых или карбонатных песчаников и мергелистых известняков. Чертежование аргиллитов известковистых и неизвестковистых, алевролитов, песчаников разнозернистых кварцевых сиз-вестково-ангидритовых цементом, глинистых сланцев. Известняки органические и спрособлены разнозернистых песчаников, слюдистых глинистых алевролитов
МС	Глины песчанистые, аргиллитоподобные, опоковидные. Аргиллиты спрособлены разнозернистых песчаников, глинистых алевролитов, известняков и конгломератов, сцементированных известково-глинистым цементом

Продолжение таблицы 1.12

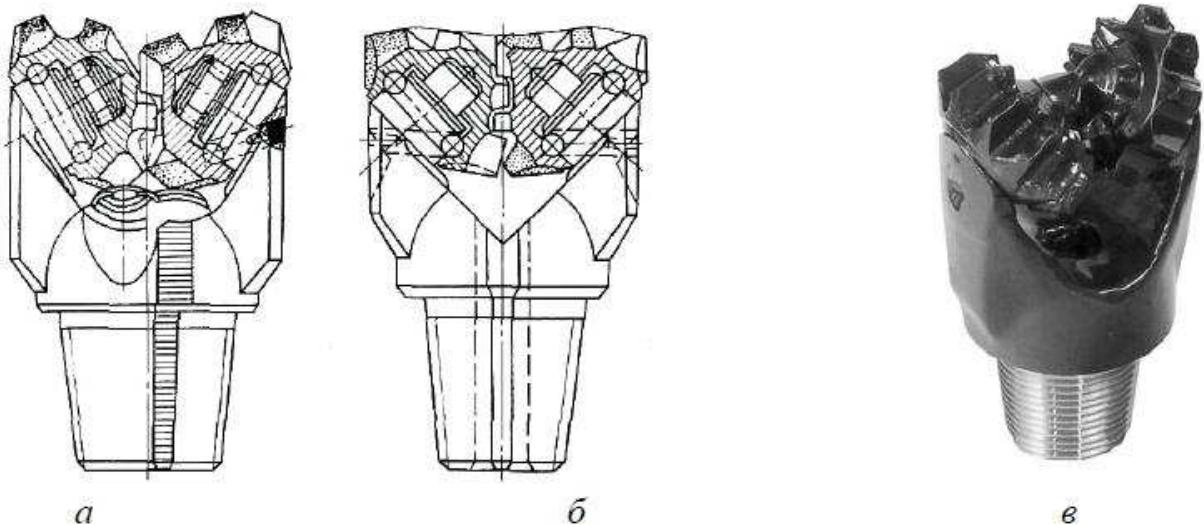
МС3	Глиныпестроцветныеиалевролитыспрослоямиизвестняков.Чередованиеаргиллитовизвестковистыххинеизвестковистыхсалевролитамиипесчаникамиразнозернистыми,известковистыми,кварцевыми,слабослюдистыми.Аргиллиты,алевролиты,песчаникиразличногосоставаспрослоямипесчанистыхдоломитов.Конгломератыразногалечные,местамикруновалунные,спрослоямипесчаниковиглин.Известнякиорганогенные,глинистые,доломитизированныеспрослоямидоломитов,мергелей,ангидритовилиаргиллитов.Переслаиваниепесчаниковразнозернистых,кварцевых,глинистых,плотныхаргиллитов,иногдаизвестковистых,местамипереходящихвмер-гель;аргиллитовтонкослоистых,кварцевых
C	Известнякиидоломитыпелитоморфныемелкоクリсталлические,местамибрекчиевыевидные,слабодоломитизированные;известняки-ракушечники;мелписчий.Глиныплотные,тонкослоистые,опоковидные,аргиллитоподобные,алевритистые,известковистые,слюдистые,иногдазагипсованные.Аргиллитыслойистые,известковистые;мергелипесчанистые.Песчаникиразличнойплотности,разнозернистые,частоизвестковистыеиглинистые;алевролитыплотныеирыхлые,слюдистые,известковистые.Конгломератыразногалечные,местамикруновалунные.Каменнаясолькруновокристаллическая,спрослоя
СТ	Известнякиидоломитыразнозернистые,иногдабрекчиевыевидные,неравно-мерно глинистые, участкамиокремнелые. Переслаивание глин алевритистых,алевролитов,песчаниковслабосцементированных,аргиллитовизвестковистых,ангидритов,гипсов,мергелей.Каменнаясолькруновокристаллическая,с
С3	Известнякиорганогенно-обломочные,местамиперекристализованные,иногдадоломитизированные,спрослоямиаргиллитов.Переслаиваниеплотныхглин,иногдааргиллитоподобных,вразличнойстепенипесчанистых,известковистых,загипсованныхспесчаникамиразнозернистыми,кварцевыми,известковистыми,глинистыми,аргиллитамилюдистыми,иногдаокремнелыми,алевролитамикварцевыми,песчанистыми,известковистыми
T	Известнякимелко-итонкозернистые,местамиперекристализованные,частодоломитизированные,вразличнойстепениокремнелые.Доломитымелко-итонкозернистые,пелитоморфные,плотные,иногда массивные,загипсованные,ангидритизированные.Переслаиваниеглинглинистыхланцевпесчанистых,слюдистых,алевролитовкварцевых,глинистыхипесчаниковразнозернистых,кварцевых,полимиктовых,слюдистых.Встречаютсяконгломератыигравеллиты
ТЗ ТК3	Известнякиорганогенные,тонкозернистые,пелитоморфные,участкамиокремнелые,доломитизированные.Доломитымелко-итонкозернистые,участкамиокремнелые,свключениямигипса.Аргиллитыиногдаокремнелые.Алевролитыипесчаникимелкозернистые,кварцевые.Роговики,андезиты,андезитобазальты
K	Известнякиидоломиты окремнелые
ОК	Алевролитытонкослоистые.Сланцыуглисто-глинистые,филлитизированные.Песчаникикварцевые,кварцитовидные.Андезиты,андезитобазальты

Двухшарошечные долота

Двухшарошечные долота (рис. 1.12) ранее выпускались в более широком ассортименте, чем одношарошечные. Их применяют главным образом при бурении геологоразведочных скважин. Например, долото В112МГ выполняется двухсекционным. Секции этого долота, похожие на секции трехшарошечного долота, сопрягаются плоскостями на фиксирующих штифтах и соединяются сварными швами. Угол наклона цапф к оси долота 57A30'. Опора каждой шарошки имеет подшипник скольжения, шарикоподшипник (замковый) и роликовый подшипник. Шарошки – самоочищающиеся со смещением их осей относительно осей долота на 3 мм.

В определенных геолого-технических условиях эти долота обеспечивают превосходство над трехшарошечными на 15–20 % по механической скорости бурения. Каждая отдельная секция двухшарошечного долота имеет большие диаметры шарошек по сравнению с трехшарошечным, что позволяет иметь на шарошке увеличенное число зубчатого или твердосплавного вооружения при увеличенном шаге между зубьями. Зубья, расположенные на шарошке с увеличенным шагом, наносят по забою более интенсивные удары со сколом более крупных частиц разбуриваемой породы.

Преимуществом двухшарошечных долот над трехшарошечными является упрощение технологии их изготовления. Двухшарошечные долота имеют меньшую стоимость. К недостаткам двухшарошечных долот относится недостаточно мощное калибрующее вооружение – насыщенность зубьями снижена на 30 % по сравнению с трехшарошечными долотами.



а – В112МГ; б – 2В39С; в – II 112 М-ЦВ ОАО ВБМ-групп

Рис. 1.12. Двухшарошечные долота

Это приводит к преждевременному износу долота по диаметру, а также является причиной вибрации при бурении, приводящей к более интенсивному искривлению скважины, чем при бурении трехшарошечными долотами.

Одношарошечные долота

Одношарошечные долота нашли широкое применение для бурения геологоразведочных скважин (рис. 1.13), состоят из корпуса 2 с присоединенной головкой, лапы 4 и сферической шарошки 1. Промывочное устройство выполнено в виде сквозного периферийного отверстия 3, просверленного в лапе недалеко от основания цапфы, направляющего струю жидкости по касательной к поверхности шарошки.

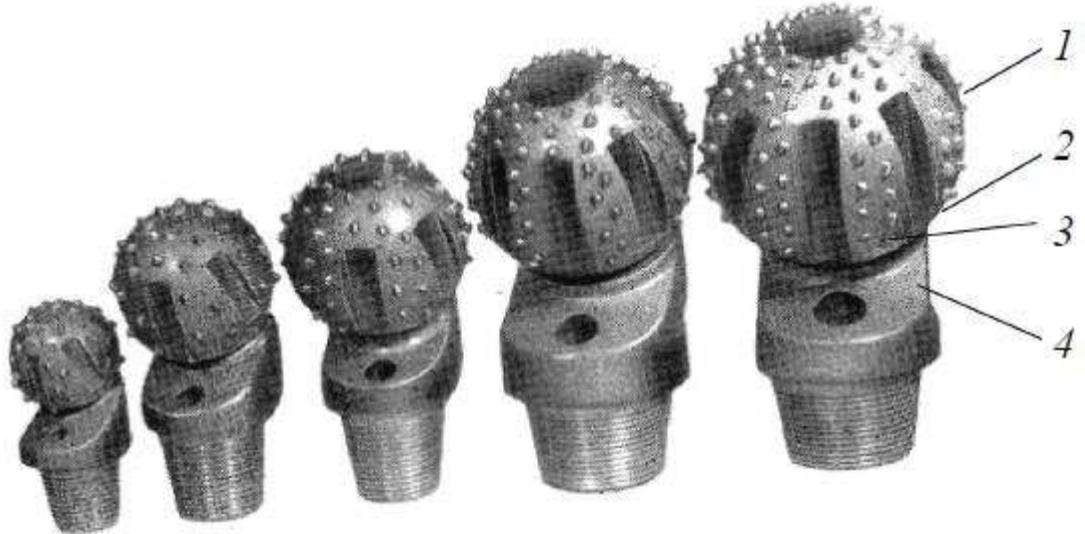


Рис. 1.13. Нормальный ряд одношарошечных долот СевКавНИИ

Шарошка выполняется с продольными вырезами на наружной поверхности, способствующими лучшей промывке долота, и оснащается вставными твердосплавными зубьями (ВК8ВК, ВК11ВК).

1.4 Причины и анализ износа шарошечных долот

Среди причин износа шарошечных долот, выделяют следующие:

1. Слом зубков(рисунок 1.14).

Слом зубков на шарошках заподлицо.

Причины:

- слишком высокие обороты вращателя;
- трещиноватые, разрушенные породы во время бурения или забуривания скважины;
- неправильный выбор долота;
- перемежаемость пород с включением очень крепких пород.

Рекомендации:

- уменьшите обороты вращателя;
- бурите интервалы с включением очень крепких пород с уменьшенной нагрузкой и оборотами вращателя;

- выберите долото с параметрами вооружения соответствующими условиям бурения.



Рисунок 1.14 -Слом Зубков

2. Скол зубков(рисунок 1.15)

Твердосплавные зубки имеют сколы.

Причины:

- слишком высокая нагрузка на долото;
- трещиноватые разрушенные породы во время бурения или забуривания скважины;
- неправильный выбор сорта твердосплавных зубков;
- взаимозацепление шарошек.

Рекомендации:

- проанализируйте условия бурения, нагрузку на долото;
- уменьшите нагрузку на долото и плавно уменьшайте обороты вращателя;
- подберите долото с зубками из более износостойкого твердого сплава.



Рисунок 1.15 - Скол Зубков

3. Выпадение зубцов (рисунок 1.16)

Выпадение твёрдосплавных зубков из тела шарошки.

Причины:

- наличие металла на забое скважины; эрозия матрицы шарошки;
- наличие трещин в шарошке, как следствие ослабления натяга зубков;
- превышение рекомендуемых нагрузок на долото;
- сложные условия бурения.

Рекомендации:

- снизьте нагрузку на долото или обороты вращателя (вариант - оба действия в комплексе);
- подберите долото с характеристиками более подходящими к данным условиям бурения.

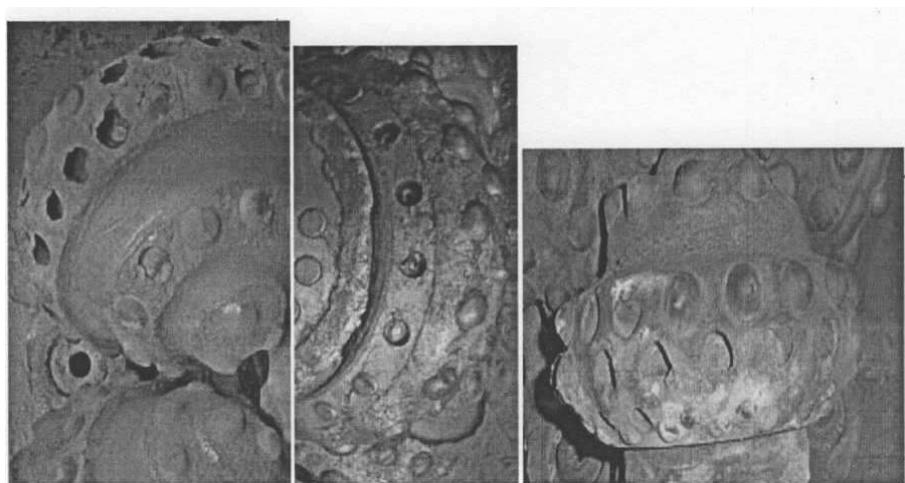


Рисунок 1.16 - Впадение зубков.

4. Скол зубков частичный (рисунок 1.17)

Твердосплавные зубки имеют сколы.

Причины:

- слишком высокая нагрузка на долото;
- трещиноватые разрушенные породы во время бурения или забуривания скважины;
- неправильный выбор сорта твердосплавных зубков;
- взаимозацепление шарошек.

Рекомендации:

- проанализируйте условия бурения, нагрузку на долото;
- уменьшите нагрузку на долото и плавно уменьшайте обороты вращателя;
- подберите долото с зубками из более износостойкого твердого сплава



Рисунок 1.17 - Скол зубков частичный.

5. Истирание зубков по высоте (рисунок 1.18)

Зубки имеют плоский износ, низкая скорость бурения.

Причины:

- завышенная нагрузка на долото;
- свойства сплава зубков не соответствуют свойствам разбуриваемых пород;
- изменились свойства разбуриваемых пород за счет крепких, абразивных включений;

- слишком высокие обороты вращателя;

Данный вид износа может характеризоваться как нормальный при высоких показателях проходки и часовой стойкости данного долота.

Рекомендации:

- снизьте нагрузку на долото или обороты вращателя (вариант - оба действия в комплексе);
- подберите долото с зубками другой формы, из более износостойкого твердого сплава;
- подберите долото с характеристиками более подходящими данным условиям бурения.

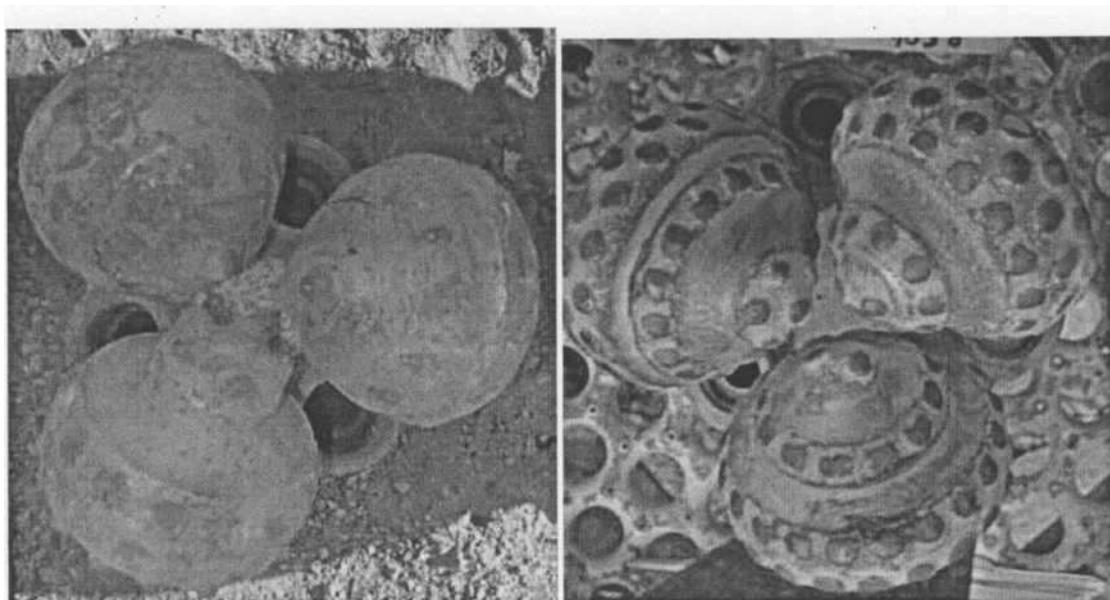


Рисунок 1.18 - Истирание зубков по высоте

6. Термическое разрушение зубков (рисунок 1.19)

На поверхности зубков появляется характерный вид износа «змеиная кожа». Часто это является причиной поломки зубков.

Причины:

- свойства сплава зубков не соответствует категории разбуриваемых пород;
- одновременное нагревание твердосплавных зубков в процессе бурения и охлаждение водой, нагнетаемой в скважину с воздухом и

- поступающей в скважину с притоком грунтовых вод.

Рекомендации:

- подобрать долото с зубками из сплава менее склонного к тепловому разрушению (более низким содержанием кобальта или большим размером зерен карбидов);
- снизить обороты вращателя и уменьшить подачу воды.

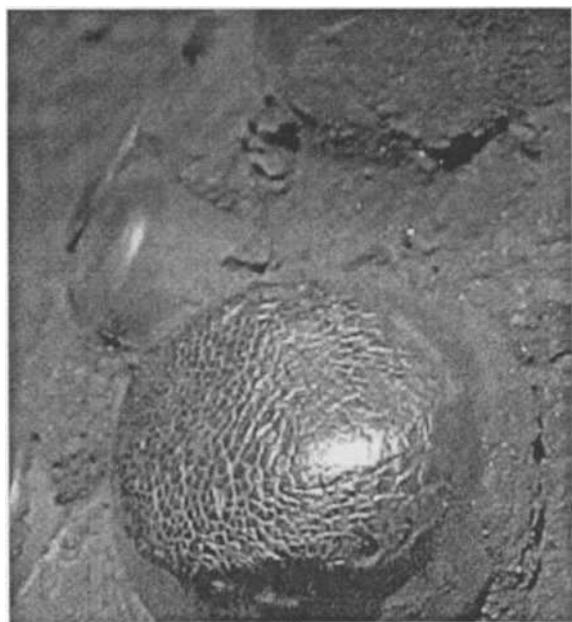


Рисунок 1.19- Тепловое разрушение зубков

7. Износ зубков по внешнему диаметру долота (рисунок 1.20)

Твердосплавные зубки скруглены к центру долота, низкая скорость бурения.

Причины:

- слишком высокие обороты вращателя;
- марка твердого сплава не соответствует твердости разбуриваемых пород.

Рекомендации:

- снизьте обороты вращателя так, чтобы зубки на рядах шарошек имели время войти в сцепление с поверхностью забоя скважины;
- используйте долото с более износостойким твердым сплавом зубков;
- используйте долото с меньшим смещением и большим углом

между осями цапфы и осью долота.

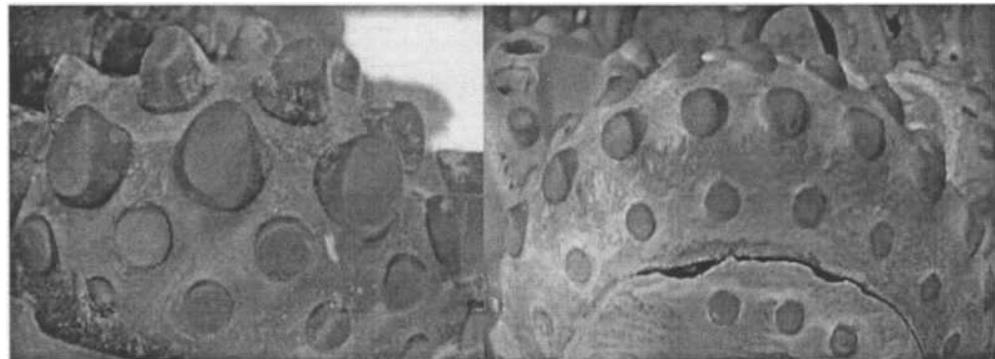


Рисунок 1.20 -Износ зубков по внешнему диаметру долота

8. Трекинг (рейкообразование)(рисунок 1.21).

Зубки имеют преимущественно односторонний износ.

Этот износ происходит в результате внедрения зубков в породу забоя подобно шестерне.

Причины:

- как правило, причиной является неправильно установленная нагрузка на долото и обороты вращателя;
- неправильный выбор долота;
- изменение литологической ситуации (пропластка).

Рекомендации:

- подберите нагрузку на долото и обороты вращателя так, чтобы достичь правильного дробления за определенный интервал времени;
- выберите долото, предпочтительное для данной породы или долото с зубками, расположенных с переменным шагом.

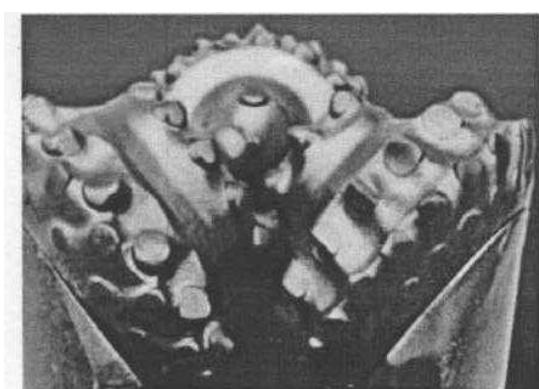


Рисунок 1.21 -Трекинг

9. Самозатачивание зубцов (рисунок 1.22).

Износ зубьев, обеспечивающий постоянное заострение торца зубков.

Этот вид износа подтверждает правильность подбора долота и параметров бурения.

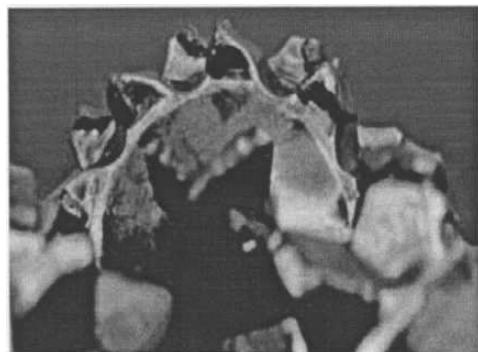


Рисунок 1.22 - Самозатачивание зубцов.

10. Эрозионный износ (рисунок 1.23).

Эрозионный износ металла шарошек между зубков, приводящий к выпадению зубков. Так же чрезмерный эрозионный износ лап может привести к выпадению зубков армировки лап и износу козырьков.

Причины:

- неправильный выбор долота;
- недостаточный объем воздуха, поступающий на забой через насадки;
- тяжелые (от притока грунтовых вод или чрезмерной подачи воды на станке), липкие, абразивные породы;
- чрезмерна высокая скорость воздушного потока продувки.

Рекомендации:

- подберите долото с зубками имеющими больший вылет над телом шарошки из более твердых сплавов;
- проверьте продувочную систему станка на наличие утечек; если на станке применяется водяное пылеподавление, уменьшите подачу воды. Убедитесь, что насадки в долоте не зашламованы;
- проверьте эффективность выноса шлама из скважины;

- увеличьте диаметр насадок для уменьшения давления воздуха;
продолжайте бурение без изменения параметров в случае высокой механической скорости бурения.

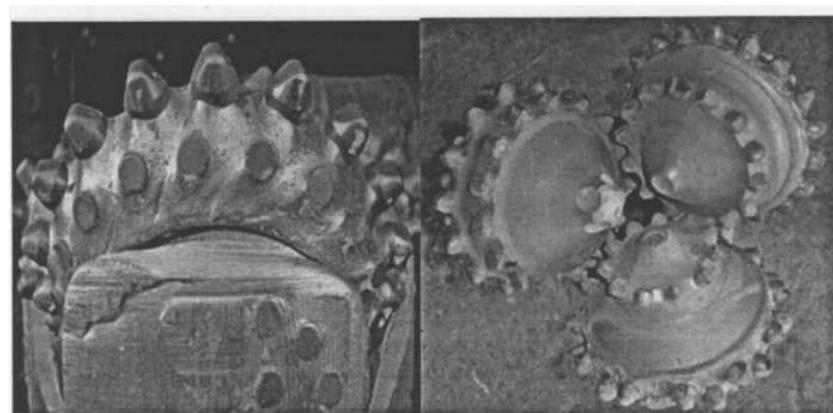


Рисунок 1.23 - Эрозионный износ.

11. Трешины в шарошке (рисунок 1.24).

Шарошка раскололась в осевом и радиальном направлении.

Причины:

- усталость металла шарошки;
 - межвенцовое зацепление шарошек явились причиной перегрева и образования трещин;
 - износ опоры в шарошке вызвал перегрев упорного торца и является причиной образования трещин;
 - внутренняя полость шарошки наезжает на козырек, что вызывает перегрев и растрескивание;
 - превышение осевой нагрузки на долото;
- высокая скорость контактов зубков о забой,
- падение бурового става в скважину.

Рекомендации:

- такой износ может быть допустим при длительной работе долота; уменьшите нагрузку на долото;
- проанализируйте условия бурения и убедитесь, что долото работает на забое мягко без ударов.

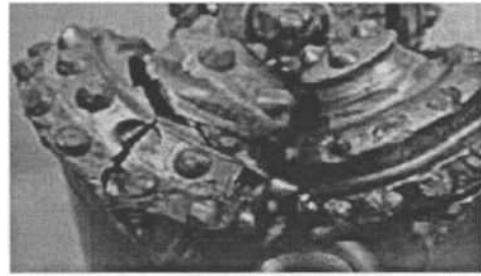


Рисунок 1.24 - Трешины в шарошке

12. Потеря шарошки (рисунок 1.25).

Одна или более шарошек могут быть потеряны. Шарошки оставлены на забое.

Причины:

- удар долота о забой;
- износ опоры (выпадение всех тел качения). Рекомендации
 - подберите долото с зубками из сплава, менее склонного к тепловому разрушению (более низким содержанием кобальта или большим размером зерен карбидов);
 - осматривайте долото после каждой пробуренной скважины.



Рисунок 1.25 - Потеря шарошки.

13. Взаимозацепление шарошек (рисунок 1.26)

Изношены подшипники опоры, в результате зубки одной шарошки задевают межвенцовое пространство другой шарошки. Это часто приводит к заклиниванию шарошки, истиранию зубков и радиальному расколу шарошек.

Причины:

- слишком большая нагрузка на долото, результирующая значительный изгибающий момент на цапфах лап;
- закупорка шламом воздушных каналов в опоре, в результате охлаждающий воздух не попадает в подшипник;
- подшипники качения изношены, чрезмерные удары или эксцентричное бурение изогнутой штангой, изношенная резьба или изношенные вкладыши ствола буровой установки, привели к поломке упорного бурта в шарошках;
- недостаточный объем воздуха перераспределяется в опору;
- разбуривание скважины с меньшим диаметром, чем долото;
- выпадение тел качения одной из опор.

Рекомендации:

- снизьте нагрузку на долото;
- удостоверьтесь, что долото очищается должным образом каждый раз перед началом бурения;
- проверьте состояние и пригодность буровых штанг и вкладышей, при необходимости замените;
- проверьте наличие обратного клапана, наличие и правильность подбора насадок в долоте.

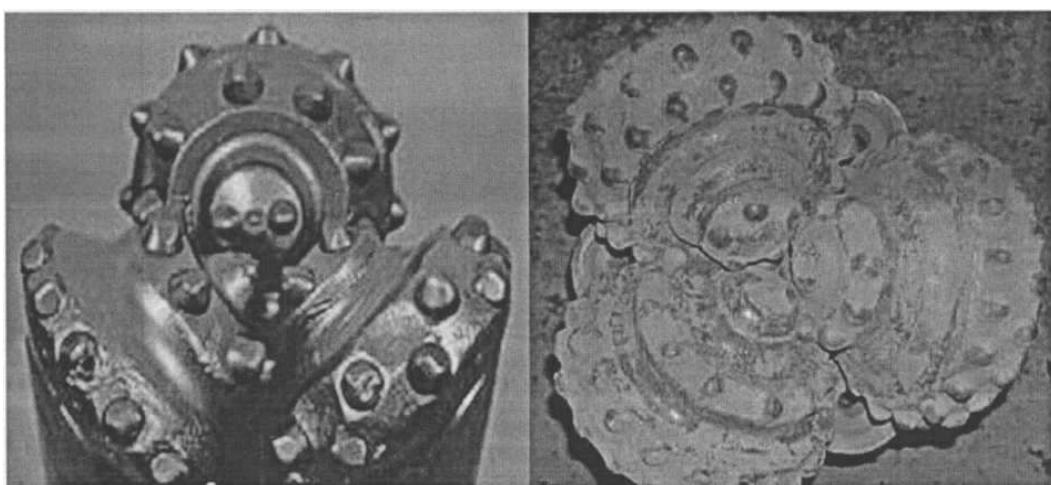


Рисунок 1.26 - Взаимозацепление шарошек.

14. Кернение долота (потеря вершин шарошек) (рисунок 1.27)

Вершины шарошек отсутствуют или изношены.

Причины:

- чрезмерно высокая нагрузка на долото, приводящая к контакту и удару тела шарошки о забой;
- для бурения в твердых породах подберите конструкцию долота, чтобы тело шарошки не контактировало и не ударялось о забой;
- слишком высокая нагрузка на долото, ставшая причиной скола или выпадения твердосплавных зубков;
- плохая очистка забоя, ставшая причиной чрезмерного эрозионного износа;
- в долотах с центральной продувкой при бурении абразивных пород сильный эрозионный износ вершин шарошек возникает вследствие пескоструйного эффекта, приводящего к выпадению зубков и истиранию вершин;
- попадание на забой посторонних предметов.

Рекомендации:

- уменьшите нагрузку на долото;
- подберите долото с вооружением (вылет зубка, форма, диаметр, количество на рядах), чтобы тело шарошки не контактировало и не ударялось о забой;
- проведите замеры фактической производительности компрессора, диаметра буровых штанг и проверьте правильность подбора насадок;
- долото с центральной продувкой замените на долото с боковой продувкой.

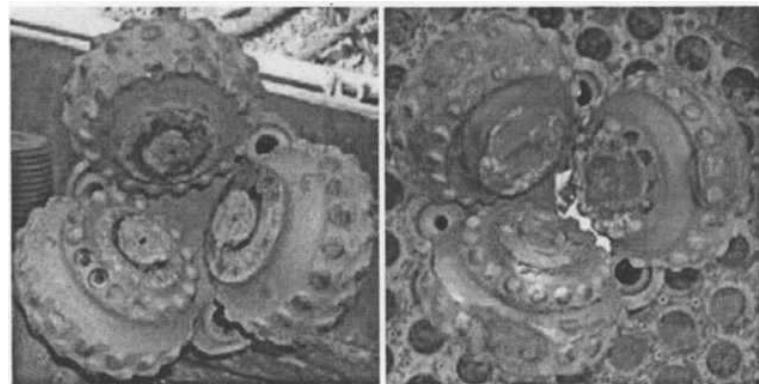


Рисунок 1.27 - Кернение долота.

15. Сальник на долоте (рисунок 1.28)

Налипание породы между шарошками (может быть ошибочно истолковано как заклинивание опор).

Причины:

- недостаточная очистка забоя;
- углубление долота в разбуренную породу при отключении компрессора;
- бурение вязких пород.

Рекомендации:

- увеличьте скорость потока продувки с помощью подбора насадок; при планировании отключения электроэнергии информируйте машинистов буровых станков за 30 минут до этого;
- используйте долота с более агрессивным вооружением;
- осматривайте долото после каждой пробуренной скважины.

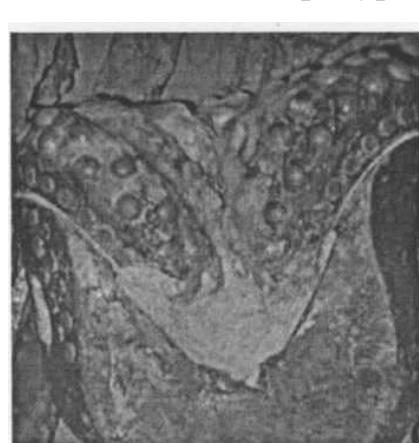


Рисунок 1.28 - Сальник на долоте

16. Слом лапы (рисунок 1.29)

Одна или несколько лап на долоте отсутствуют. Зачастую это происходит попричине ошибки оператора, либо неисправного оборудования.

Причины:

- падение бурового става в скважину при подъеме инструмента, либо при проведении ремонтных работ;
- критический эрозионный износ лап в опасном сочетании с максимальным изгибающим моментом.

Рекомендации:

- периодически проверяйте состояние резьбы на переходнике шпинделя
- вращателя. При обнаружении износа или повреждении витков на резьбе переходник заменить;
- рассмотрите возможность увеличения диаметра проходного сечения насадок с целью улучшения очистки при забойной зоны и снижения эрозионного износа лап;
- подберите долото с усиленной армировкой спинок лап в опасном сечении.

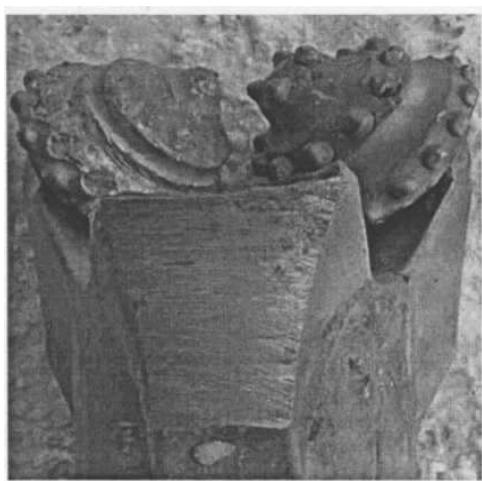


Рисунок 1.29 - Слом лапы

17. Механическое повреждение долота при СПО (сжатое долото) (рисунок 1.30).

На всех шарошках отсутствуют зубки периферийных рядов.

На внутренних рядах шарошек имеются отдельные сколы зубков.

На конусах между рядами имеются следы зубков соседней шарошки.

Причины:

- добуривание скважины новым долотом;
- чистка пробуренных скважин новым долотом;
- неисправность домкратов бурового станка.

Рекомендации:

- чистку или добуривание (при повторной установке бурового станка на скважину и повторном горизонтировании скважин на блоке) проводите изношенным долотом;
- при отсутствии изношенных долот бурите новую скважину параллельно старой;
- предусмотрите в заявке закупку долот меньшего диаметра для чистки скважин;
- на станках имейте отработанные долота, пригодные для добуривания и чистке скважин;
- проверьте исправность опорных домкратов (устранить утечки).



Рисунок 1.30 - Механическое повреждение долота при СПО

18. Закупорка насадок (рисунок 1.31)

Забитая насадка. Компрессор сбрасывает через клапан воздух. На долоте виден значительный эрозионный износ козырьков и спинок лап.

Причины:

- долото было оставлено на забое без подачи воздуха для проведения ремонтных работ или переключения ЛЭП;
- неисправность или отсутствие в долоте шламозащитного клапана;
- неисправность в работе компрессора, срыв воздушного шланга.

Рекомендации:

- при планировании ремонтных работ забуривание производите долотом, бывшим в употреблении;
- при планировании отключения электроэнергии информируйте машинистов буровых станков за 30 минут до этого;
- периодически осматривайте состояние обратного клапана на долоте, исправность работы и надежность крепления. При необходимости замените клапан на исправный;
- запретите эксплуатацию долот без шламозащитного клапана;
- отрегулируйте компрессор, устраните утечки воздуха в системе, очистите долото от шлама (насадки, воздушные каналы в лапах);
- перед навинчиванием долота продуйте буровую штангу.

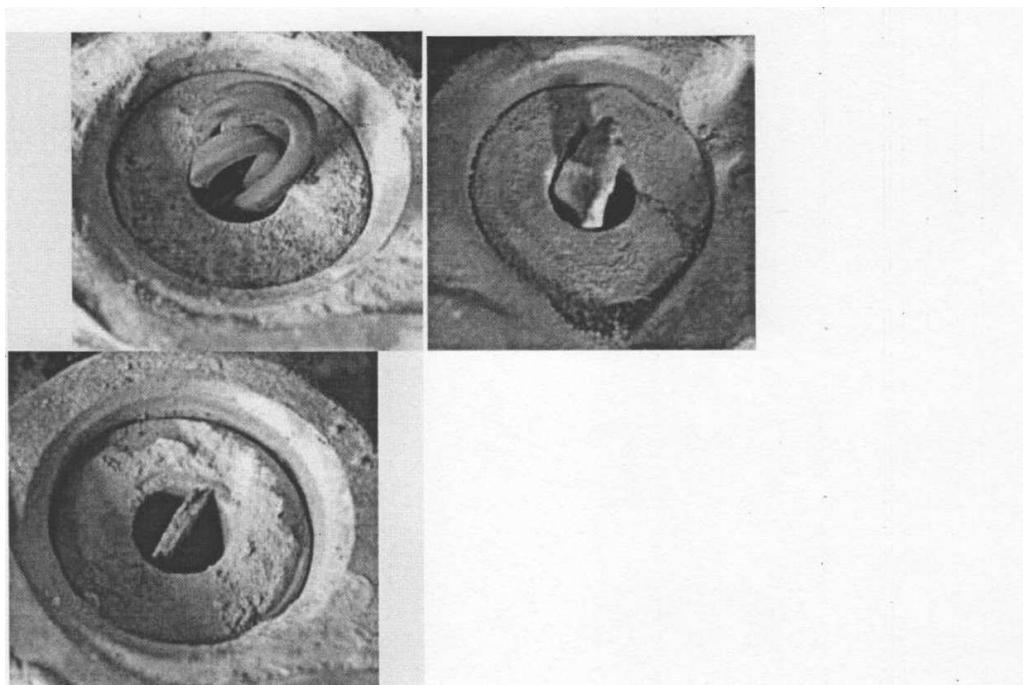


Рисунок 1.31 - Закупорка насадок.

19. Потеря насадки (рисунок 1.32)

Потеря насадки обычно сопровождается резким падением давления при бурении и требует немедленного подъёма долота.

Причины:

- нарушение правил установки насадок;
- механическое повреждение насадок или системы их крепления в корпусе долота;
- неправильный для данных условий бурения тип насадок;
- эрозия насадок или системы их крепления;
- зашламование долота.

Рекомендации:

- осматривайте долото после каждой скважины.

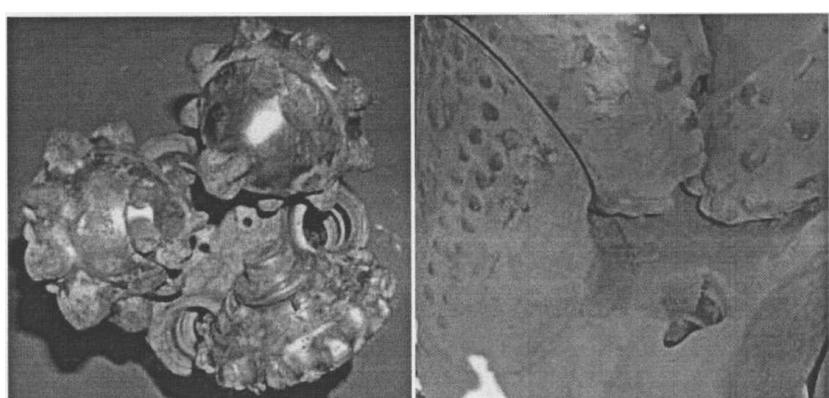


Рисунок 1.32 - Потеря насадки

20. Эксцентричный износ (рисунок 1.33)

Чрезмерный износ одной или двух лап (спинки, козырьки лап), одной или двух шарошек (тыльные и периферийные ряды на шарошках), сопровождается выходом из строя подшипников - заклиниванием шарошек и выпадением тел качения.

Причины:

- буровая штанга изогнута, в результате происходит эксцентричное вращение долота (радиальное биение);

- долото навинчено на переходник с перекосом, резьба на долоте повреждена.

Рекомендации:

- проверьте вращение бурового става на наличие эксцентрикитета;
- проверьте долото на наличие повреждения резьбы;
- проверьте и замените наддолотный переходник, если у него повреждена резьба.

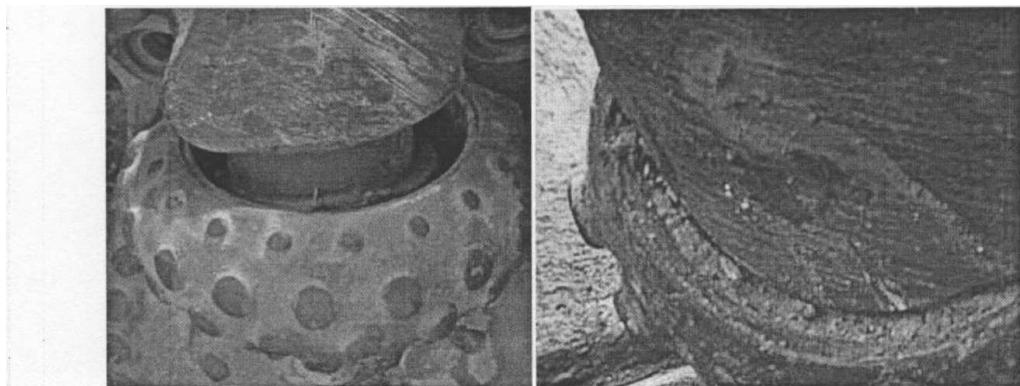


Рисунок 1.33 - Эксцентричный износ

21 .Износ козырька (рисунок 1.34)

Слом козырька лапы защищающего ролики опоры.

Причины:

- осевая составляющая нагрузки на подшипник приводит к тому, что козырек несет часть этой нагрузки;
- осевое биение при вращении долота;
- эрозионный износ ослабляет структуру козырька.

Рекомендации:

- уменьшите нагрузку на долото или подберите долото с меньшим значением угла оси цапфы и осью долота;
- проверите долото на эксцентричный износ, буровые штанги на изгиб;
- проверьте резьбу на долоте и на переходнике на наличие повреждений,

- проверьте буровой став, компрессор, нагнетательную воздушную линию на наличие утечек.

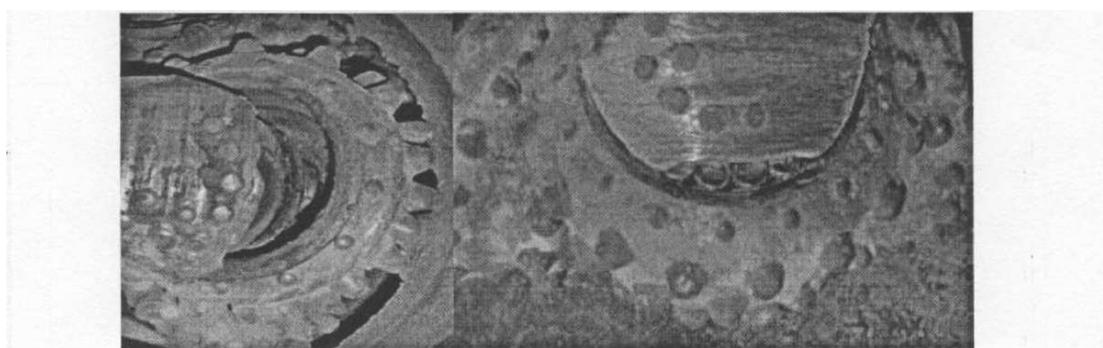


Рисунок 1.34 - Износ козырька.

22.3 ашламование опоры (рисунок 1.35)

Проникновение шлама в опору долота (может быть ошибочно истолковано как заклинивание опор).

Причины:

- недостаточная производительность компрессора;
- неправильно подобранные насадки;
- снятие обратного клапана;
- длительное оставление долота на забое.

Рекомендации:

- произведите ремонт или замену компрессора, на более производительный;
- произведите подбор насадок в соответствии с рекомендациями;
- при планировании отключения электроэнергии информируйте машинистов буровых станков за 30 минут до этого.

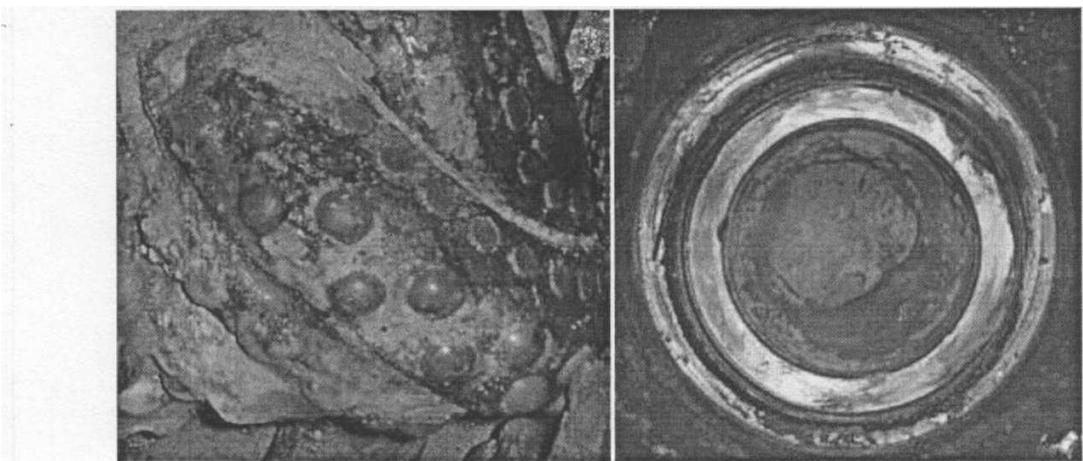


Рисунок 1.35 - Зашламовывание опоры.

23. Люфт в опоре долота (рисунок 1.36)

Причины:

- недостаточная производительность компрессора;
- неправильно подобранные насадки;
- износ тел качения, разрушение подшипников скольжения вследствие перегрева опоры.

Рекомендации:

- произведите ремонт или замену компрессора на более производительный;
- произведите подбор насадок в соответствии с рекомендациями;
- осматривайте долото после каждой пробуренной скважины.



Рисунок 1.36 - Люфт в опоре долота

1.5 Выводы

Буровые долота и бурильные головки изготавливают из прочных и износостойких материалов, т.к. в процессе бурения на долото действуют осевые и ударные нагрузки, врачающий момент, а также давление и химическая активность промывочной жидкости. Для секций (лап) и шарошек буровых долот применяют хромникельмolibденовые, хромникелевые и никельмolibденовые стали. Выпускаются буровые долота и бурильные головки, оснащённые природными или синтетическими алмазами .Некоторые типы долот изготавливают из сталей электрошлакового и вакуумно-дугового переплавов.

Совершенствование буровых долот осуществляется в направлении улучшения их конструкций: создания новых схем опор с герметизированными маслонаполненными опорами для низкооборотного и высокооборотного бурения. Применения новых форм твердосплавных зубков, изыскания более износостойких материалов, повышения точности изготовления деталей и сборки буровых долот, а также применения более совершенных схем подвода промывочной жидкости к забою скважины.

Поломка долот вызывается спуском дефектных долот при отсутствии надлежащей проверки их, чрезмерными нагрузками на долото и передержкой долот на забое. Заклинивание шарошек возникает вследствие прекращения вращения шарошек на забое скважины, т. е. происходит прихват их на осях. Основные признаки поломки долота во время бурения-прекращение углубления скважины и сильная вибрация бурильной колонны. Чаще всего происходит поломка подшипников шарошек колонковых и трехшарошечных долот. При этом забойный двигатель перестает принимать нагрузку, а при роторном бурении бурильная колонна начинает заклиниваться. Поломку долота при проработке ствола скважины очень трудно обнаружить до подъема бурильной колонны. Поэтому необходимо особенно тщательно проверять долота, применяемые для проработки, и ограничивать время их работы.

Чтобы предотвратить аварии, связанные с поломкой долот, необходимо:

- 1) Перед спуском долота в скважину проверить его диаметр кольцевым шаблоном, а также проверить замковую резьбу, сварочные швы лап и корпуса и промывочные отверстия - наружный осмотр, насадку шарошек на цапфах - вращением от руки;
- 2) Бурить в соответствии с указаниями геолого-технического наряда. Особое внимание должно быть обращено на очистку промывочной жидкости;
- 3) Поднятое из скважины долото отвинчивать при помощи долотной доски, вставленной в ротор, промывать водой, подвергать наружному осмотру и замеру.

После оценки работоспособности долот по статистическим данным необходимо провести сравнительный анализ износа и причин выхода из строя каждого типа отработанных долот. Результаты данного анализа важны, поскольку необходимо как можно точнее определиться с конфигурацией долота, наиболее соответствующей условиям бурения.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО И РЕЖУЩЕ-ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

2.1 Режущие долота для бурения со шнековой очисткой скважин

Режущие долота (коронки) со шнековой очисткой используются для бурения скважин преимущественно диаметром 160 мм (реже 125 мм) в слабых и средней крепости породах с $f < 5-6$, обеспечивая в этих условиях в 2–2,5 раза большую производительность, чем шарошечное бурение.

Их конструктивные особенности, применяемые режимы бурения и работоспособность существенно зависят не только от крепости буримых пород, но и в значительной степени от параметров и транспортирующей способности става шнековых штанг.

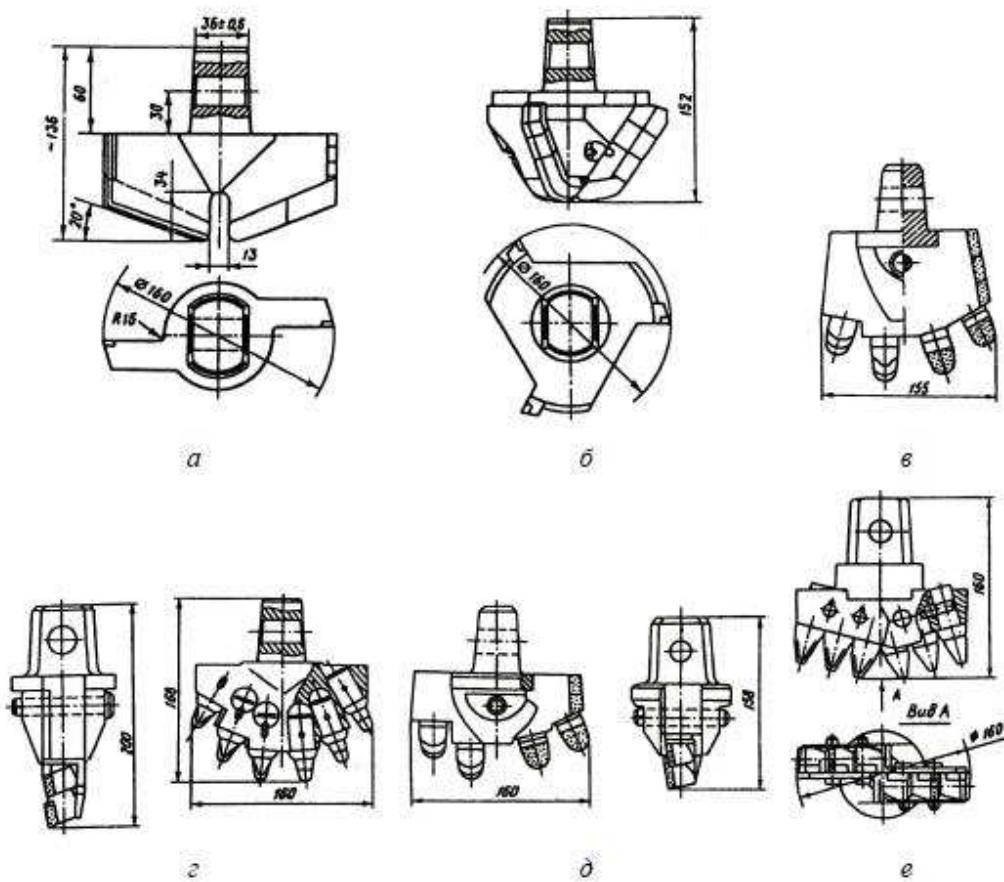
При шнековой очистке режущие долота в процессе работы на забое скважины погружены в буровой шлам, поэтому армируются твердым сплавом, как правило, на всю высоту корпуса, который выполняют как можно короче, чтобы облегчить поступление разрушенной породы на первый виток шнека.

Наиболее распространены режущие долота двух типов: СБВ-2-23-03Н2 (НПИ-2) и НПИ-6/160 (рис. 2.1, а), серийно выпускаемые Карпинским машиностроительным заводом. Первый из них (НПИ-2) имеет плоскую форму рабочей части, сплошную режущую кромку и наиболее эффективен при бурении слабых пород с $f = 1-4$, когда скорость бурения (подачи) имеет большие величины (до 4 м/мин), которые ограничиваются лишь транспортирующей способностью шнека мощностью вращателя. В более крепких породах долота НПИ-2 быстро изнашиваются и имеют стойкость 150–200 м.

Долото НПИ-6/160 (рис. 2.1, б) предназначено для проходки скважины в породах с $f = 2-5$ с прослойками песчаника ($f = 6-8$) в малоабразивных породах крепостью до $f = 8$. В пазы трехперого корпуса вставляются

несколько резцов неодинаковой конструкции, фиксируемых пальцами и шплинтами. Комплект из 60 опережающих, 45 боковых и 90 калибрующих сменных резцов рассчитан на пробуривание до 5 000 м скважин. Это долото в 3 с лишним раза дороже долота НПИ-2. Оно имеет большой коэффициент перекрытия скважины, обусловливающий повышенное сопротивление со стороны буровой мелочи.

В табл. 2.1 даны показатели шнекового бурения скважин в породах крепостью $f = 1\text{--}4$ с включениями (5–10 %) песчаника с $f = 6\text{--}8$ на разрезе Ирша-Бородинский (данные 1999 г.). Характерно (табл. 2.1), что затраты на шнеки превышают затраты на буровые долота. Затраты на бурение 1 м скважины станками БТС-150 и СБР-160 примерно равны.



a – СВБ2-23-03М2 (НПИ-2); б – НПИ-6/160 (оба Новочеркасского технического университета и Карпинского машиностроительного завода); в – 7РД-160Ш; г – 8РД-160Ш (оба Иркутского технического университета); д – КБЛ-160Е; е – КБ-160А (оба Кузбасского технического университета)

Рис. 2.1. Режущие буровые долота для бурения со шнековой очисткой скважин

Близкими к долоту НПИ-2 по конструкции и характеристике являются

долота типов РК-4м и 1РДМ-160Ш (Иркутского технического университета), а также ДЛ-160Ш, разработанные в НИИОГР. В абразивных и хрупких горных породах, например песчаниках, а также при бурении конгломератных залежей хорошие результаты показывают долота 7РД-160Ш и 8РД-160Ш (рис. 2.1, в, г), имеющие съемный корпус и комбайновые резцы РК-8Б.

Таблица 2.1

Средние показатели бурения долотами НПИ-2 и НПИ-6/160 на разрезе Ирша-Бородинский

Показатели	Всего	По типам долот		По типам станков	
		НПИ-2	НПИ-6/160	БТС-150	СБР-160
Годовой объем бурения, м	478 340	162 806	316 034	162 806	316 034
Затраты на буровые долота, млн руб.	0,846	0,678	0,168	—	—
Затраты на шнеки, млн руб.	1,4	—	—	0,3	1,1
Стоимость долота, руб.	—	746	2583	—	—
Затраты по буровому инструменту на 1 м скважины, руб./м	—	6	4	—	—
Средняя производительность (12 ч) в смену, м	300	—	—	270	330
Стоимость бурения 1 м, руб.	—	—	—	11,7	10,2
Стоимость машино-часа работы станка, руб.	—	—	—	131,2	176,3
Стойкость долот, м	—	156–200	4000–5000	—	—

Большое количество различных буровых долот со сменными комбайновыми резцами разработано в Кузбасском техническом университете. Для них (рис. 2.1, д, е) характерно симметричное дублированное расположение резцов. Долота для бурения со шнековой очисткой типов ДР-160Ш и ДР-160ШЭ, разработанные НИИОГР, отличаются использованием съемных резцов специальной конструкции, позволяющей экономить твердый сплав. Эти преимущества видны из табл. 2.2.

Таблица 2.2

Показатели применения режущих долот при шнековой очистке

Показатели	Типы долот				
	СВБ-2-23-03М2	ДР-160Ш (комплект)	ДЛ-160Ш (комплект)	НПИ-6/160	РК-4м
Коэффициент крепости пород, <i>f</i>	< 4	3–7	1–5	1–5	2–5
Скорость бурения, м/ч	120–160	12–40	60–170	90–155	68–130
Стойкость долота, м	250–400	30–50	2 000	3 000	5 000
Удельный расход сплава, г/м	0,5–0,8	6,67–4,0	0,475	0,7	1,47
Затраты на инструмент, на 1 м скважины	0,034–0,022	0,29–0,17	0,495	0,017	0,092
					до 150 2 500 –

Общая оценка рассматриваемого бурового инструмента сводится к следующему. Бурение режущими долотами со шнековой очисткой отличается простотой и надежностью, но ограничено породами большей крепости по условию стойкости вооружения долот и шнеков. При шнековой очистке режущее долото работает в заполненной буровой мелочью призабойной зоне скважины. Образуется тело волочения, и буровая мелочь поступает на шнек за счет ее выдавливания из забоя. В таких условиях происходит интенсивный нагрев режущих элементов из-за плохого теплоотвода и, как следствие, повышенный износ долота, особенно при встрече с пропластками твердых пород.

Удовлетворительная транспортирующая способность шнека при бурении некрепких пород обеспечивается при скоростях вращения 120, 200 об/мин и более, которые излишни с точки зрения стойкости долота. Происходят большие затраты энергии на вращение заполненного шламом бурового става и преодоление трения вращающегося тела о стенки скважины. По этой причине затраты мощности сильно возрастают с глубиной скважины. И при бурении влажных и вязких пород мощность вращателя (обычно 40–50 кВт) становится недостаточной для бурения скважины глубиной более 15–18 м.

Новые большие возможности бурения резанием открываются при использовании пневматической и шнекопневматической очистки. В этом случае конструкции режущих долот претерпевают значительные изменения.

2.2 Режущие долота для бурения с пневматической и шнекопневматической очисткой скважин

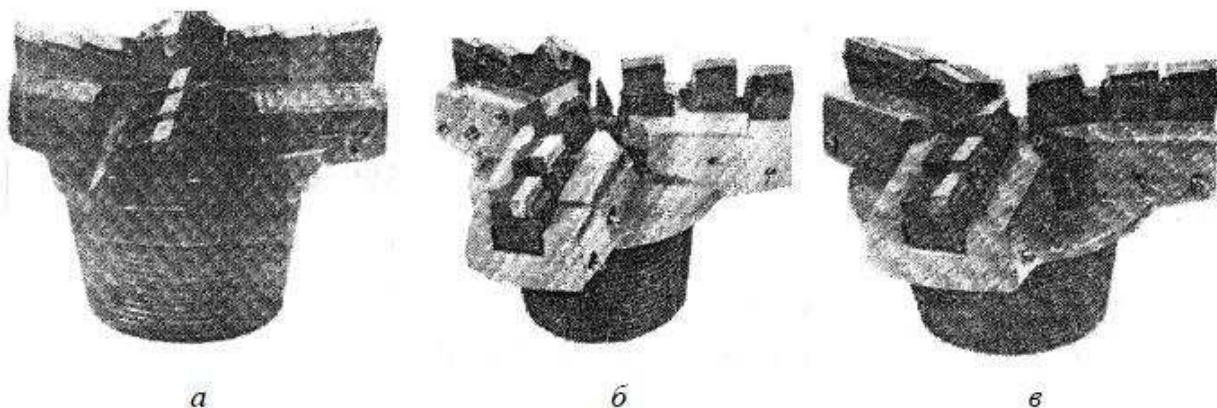
Применение режущих долот на шарошечных станках СБШ, начатое на основе исследований, выполненных в период 1961–1965 гг., ознаменовало новый важный этап в прогрессивном развитии не только технологии силового бурения резанием, но и характеристик карьерных буровых станков, придав им универсальность по способам бурения. Подача сжатого воздуха на забой скважины устраниет многие ранее отмеченные негативные явления в забойном процессе, присущие шнековой очистке, а также позволяет устанавливать рациональные скорости резания, которые не могли достигаться из-за вынужденно высоких скоростей вращения шнеков.

Одними из первых на шарошечных станках СБШ-200 применялись режущие долота диаметром 214 мм и 243 мм типов ДР214В, ДР214ВЭ и ДР243ВЭ (рис. 2.2), разработанные НИИОГР и внедренные в широком масштабе на Экибастузских разрезах.

По сравнению со шнековым бурением на режущие долота типа ДР удельная осевая нагрузка на 1 см диаметра долота была увеличена в 2,2 раза, а скорость резания крепких пород уменьшена в 1,3 раза. Такой силовой режим резания в сочетании с немедленным удалением буровой мелочи из забоя скважины и охлаждающим влиянием потока сжатого воздуха обеспечивает снижение интенсивности изнашивания резцов и удельного их износа. Тем самым при переходе на силовое резание с продувкой достигается

главное: существенно расширяется область эффективного использования режущих долот, становится экономически целесообразным применять бурение резанием в массивах, содержащих достаточно мощные

слои крепких пород. При этом исключаются большие затраты на шнеки, стойкость которых в несколько раз ниже стойкости зубчатых штанг. Основные показатели бурения перечисленными долотами приведены в табл. 2.3.



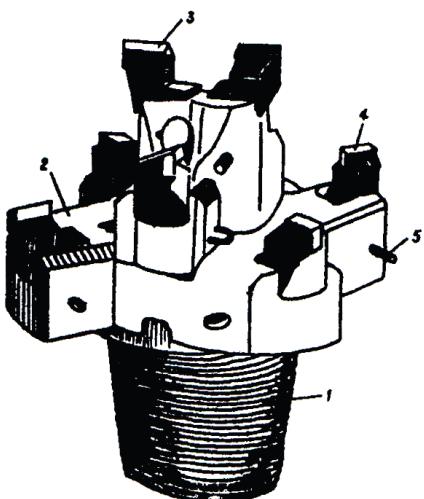
а – DR214В; б – DR214ВЭ; в – DR243ВЭ
Рис. 2.2. Режущие долота для бурения с пневматической и шnekопневматической очисткой

Таблица 2.3

Основные показатели бурения режущими долотами

Показатели	Типы долот			
	ДР-214В	ДР214ВЭ	ДР243В	ДР243ВЭ
Диаметр долота, мм	214	214	243	243
Масса долота (сборки), кг	10,3	9,6	12,1	11,4
Комплектность, шт:				
корпус	1	1	1	1
резцы	48	45	48	45
Механическая скорость бурения в породах с $f = 1\text{--}5$ с прослойками с $f = 6\text{--}8$, м/ч	90–150	100–150	90–150	95–150
Стойкость комплекта долота, м	3 000	3 000	3 000	3 000
Масса твердого сплава (на комплект), кг	2,05	1,89	2,05	1,89
Удельный расход твердого сплава, г/м	0,667	0,63	0,667	0,63
Затраты на инструмент, отнесенные к 1 м скважины (в допустимых ценах), руб.	0,077	0,073	0,079	0,078

Оригинальной и перспективной является конструкция режущего долота типа ДР-160-244 (рис. 2.3), разработанного НИИОГР и предназначенного для бурения скважин в малоабразивных породах крепостью $f = 1\text{--}6$, которые перемежаются со среднеабразивными породами (песчаниками т. п.) с $f < 8$ общей мощностью до 10 % от глубины скважины.



1 – ниппель; 2 – корпус; 3 – центральные резцы; 4 – боковые резцы; 5 – шплинт

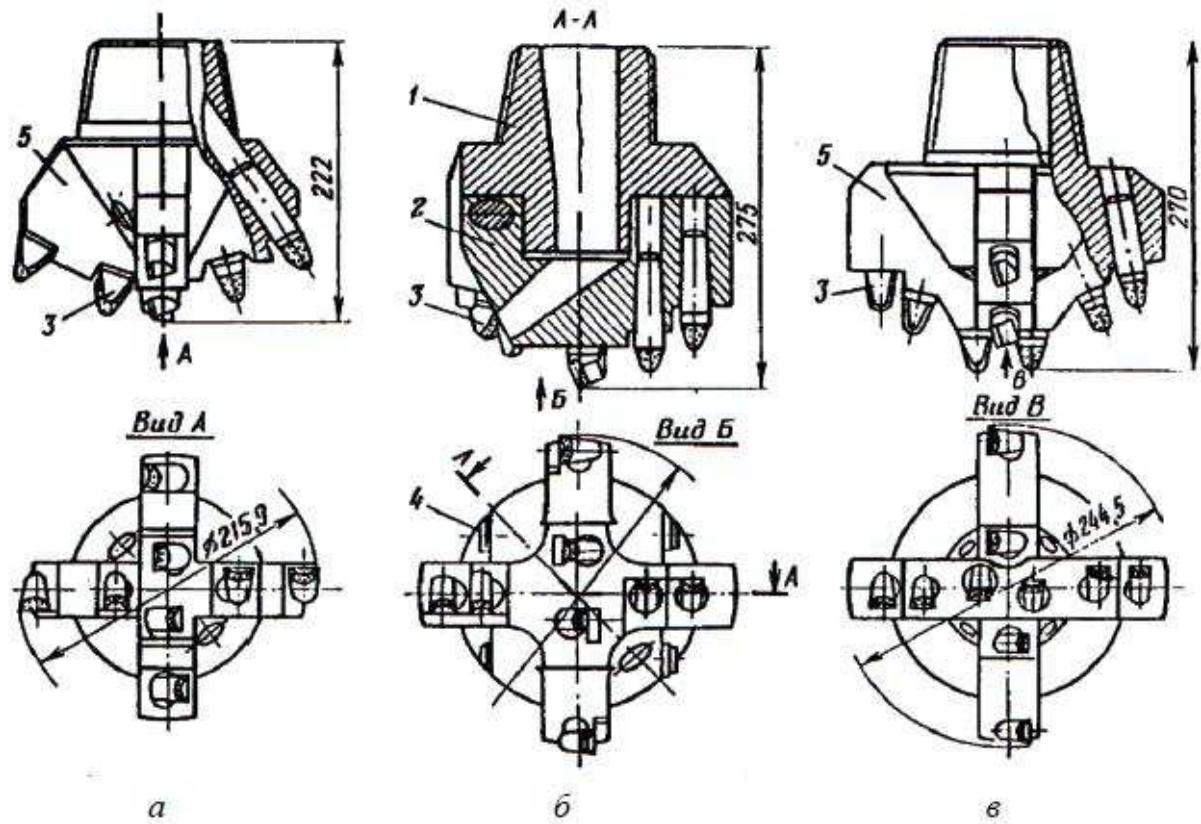
Рис. 2.3. Режущий буровой инструмент
ДР-160-244 конструкции НИИОГР:

В таких условиях бурения на станках ЗСБШ-200-60 инструментом ДР-160-244 диаметрами 216 и 244 мм обеспечивается увеличение скорости на 44–45 % по сравнению с трехшарошечными долотами типа 215,9МПГВ2. Этот инструмент может перестраиваться на бурение скважин различного диаметра и осуществлять разрушение горных пород крупным сколом, обеспечивая высокие эксплуатационные показатели. Так, в породах с $\sigma_{сж} < 60$ МПа скорость бурения достигает 3 м/мин, крупность штыба в отдельных случаях превышает 5–6 см. При этом осевое усилие бывает в 4–6 раз меньше, чем при бурении шарошечным инструментом (30–50 кН против 180–200 кН).

Большой комплекс исследовательских и проектно-конструкторских работ по созданию режущих долот для бурения с продувкой и внедрению их на карьерах промышленных объединений «Востсибуголь», «Якутзолото», «Северовостокзолото» и на алмазодобывающих карьерах выполнен в Иркутском государственном техническом университете. Основные конструкции созданных долот представлены на рис. 2.4, а их характеристики и показатели – в табл. 2.4. Как было установлено, применение разработанных долот взамен шарошечных в соответствующих условиях позволяет сменить загрузку двигателя в 2 раза, увеличить сменную производительность в 2,2 раза и снизить в несколько раз расход бурового инструмента. При бурении по песчаникам с коэффициентом крепости $f < 7$ переход на режущие долота дает

увеличение скорости бурения не менее чем в 1,5 раза и снижение энергоемкости процесса в 2–2,5 раза. При этом выход крупных фракций буровой мелочи (+3 мм) увеличивается в 1,9 раза.

В Кузбасском государственном техническом университете под руководством профессора Б. А. Катанова разработано и исследовано несколько образцов режущих долот для бурения с пневматической очисткой скважин с использованием их главным образом на станках СБР-160, оборудованных для шнекопневматической очистки скважин. Выполнены глубокие исследования в области бурения резанием с различными способами эвакуации буровой мелочи из скважины.



a – 3РД215,9; б – 1РД244,5; в – 3РД244,5; 1 – хвостовик; 2 – съемный корпус; 3 – сменный комбайновый резец; 4 – замковый палец; 5 – корпус долота
Рис. 2.4. Режущие долота для бурения с продувкой (конструкция Иркутского ГТУ)

Таблица 2.4

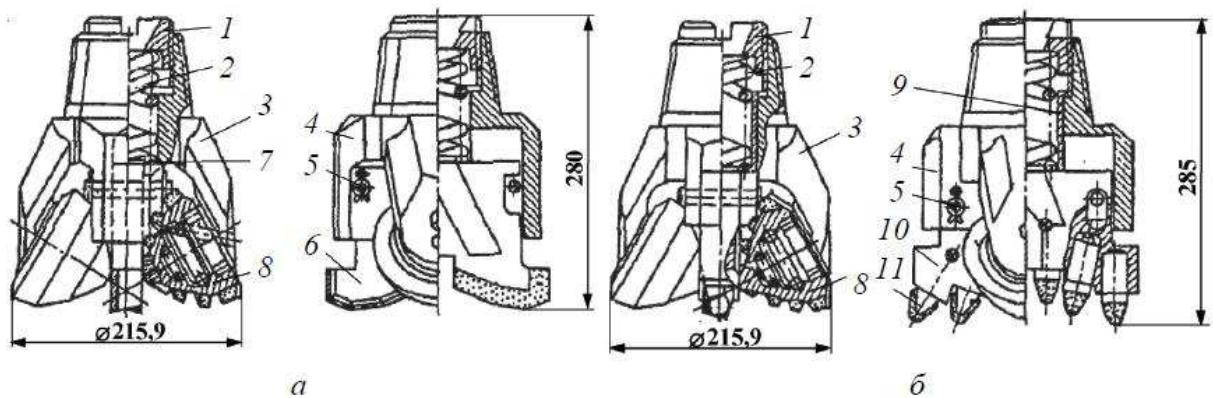
Характеристики и показатели режущих долот для бурения с продувкой

Показатели	Типы долот		
	ЗРД-215,9	ЗРД-244,5	4РД-244,5
Диаметр скважины, мм	216	245	245
Расположение резцов по диаметру	четырехлучевое	четырехлучевое	трехлучевое
Тип резцов	РК-8Б	РК-8Б	ШБМ2С
Число резцов	8	10	8
Число линий резания	6	8	8
Механическая скорость бурения, м/мин	до 2,5	до 1,5	до 2,0
Коэффициент крепости пород, f	до 7	до 7	до 7
Стойкость корпуса, м	до 3 000	до 2 000	до 2 000
Расход резцов, шт./м	0,03	0,035	0,03
Масса, кг	15	20	19

Особым видом режущего бурового инструмента являются буровые долота типа ДЗДШ (долота режущие с вращающимися резцами), оснащаемые зубчато-дисковыми шарошками, сочетающими принцип работы режущего бурового инструмента и шарошечных долот. Они существенно отличаются по конструкции и характеру забойного процесса в области возможного использования, поэтому их целесообразно рассмотреть отдельно.

2.3 Режуще-шарошечные долота

В режуще-шарошечных долотах может быть принята раздельная и совместная схема разрушения забоя (рис 2.5). Например, периферийная часть обрабатывается шарошками, а центральная – режущим органом. Обосновывается это тем, что зубья шарошек, расположенные на венцах, приближенных к вершине, наименее эффективно разрушают породу вследствие низких окружных скоростей и, соответственно, минимальной энергии удара зубьев по породе. В то же время резцы, находящиеся на максимальном радиусе, имеют наибольший путь трения, что приводит к увеличению интенсивности их износа. В такой конструкции опережающая часть скважины бурится режущим органом, а шарошки расширяют ее до нужного диаметра.



а – РШД 215,9;
б – 1РШД 215,9; 1 – гайка; 2 – пружина; 3 – лапа шарошки; 4 – лапа режущего органа; 5 – замковый палец; 6 – съемная режущая коронка; 7 – упорная шайба; 8 – шарошка; 9 – стакан; 10 – съемный корпус крепления резцов; 11 – сменный резец

Рис. 2.5. Комбинированные режуще-шарошечные долота ИрГТУ

Стойкость комбинированных режуще-шарошечных долот выше, чем шарошечных долот, применяемых в тех же условиях. Это объясняется тем, что при бурении скважины комбинированным долотом значительную долю работы по разрушению забоя выполняет режущий орган, заменяемый новым по мере его износа. Часть скважины может разрушаться при совместной обработке забоя режущим и шарошечным органами с распределением участия в разрушении забоя между рабочими органами долота в зависимости от условий бурения, что повышает работоспособность породоразрушающих органов для проходки по переслаивающимся породам разной крепости, когда мягкие, глиносодержащие породы чередуются с пропластками более крепких пород.

Долота РШД-215,9 и 1РШД 215,9 разработаны ИрГТУ (рис. 2.5), со временем они были доработаны с присвоением шифра РШД-244,5Т3. Инструмент представляет собой двухшарошечное долото со встроенной в него режущей лопастью, оснащенной сменными резцами типа РК-8Б, лопасть под действием пружины может перемещаться в направлении корпуса. При бурении слабых пород долото работает как режущее. С увеличением крепости пород пружина сжимается под действием осевого усилия, и в

работу вступают шарошки. При этом разрушение происходит под действием комбинированного воздействия режущего и шарошечного инструмента.

2.4 Технологические и конструктивные особенности специализированного бурового инструмента с зубчато-дисковыми шарошками

Долото режущего действия с зубчатодисковыми шарошками переменного диаметра

Известные долота режущего типа для бурения горных пород, состоящие их хвостовика, съемного корпуса, сменных резцов и замковых пальцев, а также долота, состоящие из корпуса с ребрами смонтированных между ними на осях и опорах скольжение режущих дисков, не позволяют бурить скважины различного из-за отсутствия возможности регулирования диаметра долот, что снижает их технологические возможности при бурении горных пород с различными физико-механическими свойствами.

Ограниченные технологические возможности указанных типов режущих долот позволяет компенсировать буровое долото режуще вращательного типа, оснащенное эксцентриковыми втулками» на которых установлены рабочие органы, выполненные в виде режущих зубчато-дисковых шарошек. Буровое долото состоит (рис. 2.6) из корпуса 1 с ребрами 2, режущих дисков 3, оснащенных твердосплавными зубками 4, шлицевых втулок 5 и шлицевых осей 6. Шлицевые оси 6 закреплены в шлицевых отверстиях ребер корпуса 1. На шлицевых осях 6 посажены шлицевые втулки 5, внутренние отверстия которых имеют шлицы и выполнены эксцентрично относительно окружности, образующей внешнюю поверхность этих шлицевых втулок.

На шлицевых втулках 5 свободно установлены режущие диски 3. Осями вращения режущих дисков 3 являются линии $O_1 - O_1$ проходящие через центры окружностей, образующие внешние поверхности шлицевых втулок 5.

Таким образом, между осями вращения $O_1 \sim O_1$ режущих дисков 3 и осями отверстий $O_2 - O_2$ шлицевых втулок 5 образуются эксцентрикитеты. При изменении положения эксцентрикитетов относительно оси вращения долота изменяется его диаметр. При этом обеспечивается возможность регулирования диаметра долота, а следовательно, и диаметра скважины при бурении горных пород с различными физико-механическими свойствами и применении разных схем (сеток) обучивания забоя.

Регулирование диаметра долота для бурения горных пород осуществляют перед бурением скважины. Шлицевую ось 6 вынимают из шлицевых отверстий ребер 2 корпуса 1.

Затем устанавливают шлицевые втулки 5 с расположенными на них режущими дисками поочередно между ребрами корпуса 1 и, размещая **эксцентрикитет в** нужном положении относительно оси вращения режущих диска 3 вводят шлицевые оси 6 в шлицевые отверстия ребер корпуса 1 и втулок 5. От выпадения шлицевые оси фиксируют шплинтами.

При изменении диаметра долота возможно регулирование действующего на него осевого усилия и частоты вращения. Это позволяет увеличить срок службы и повысить его надежность при односменном расширении технологических возможностей долота при бурении горных пород с различными коэффициентами крепости.

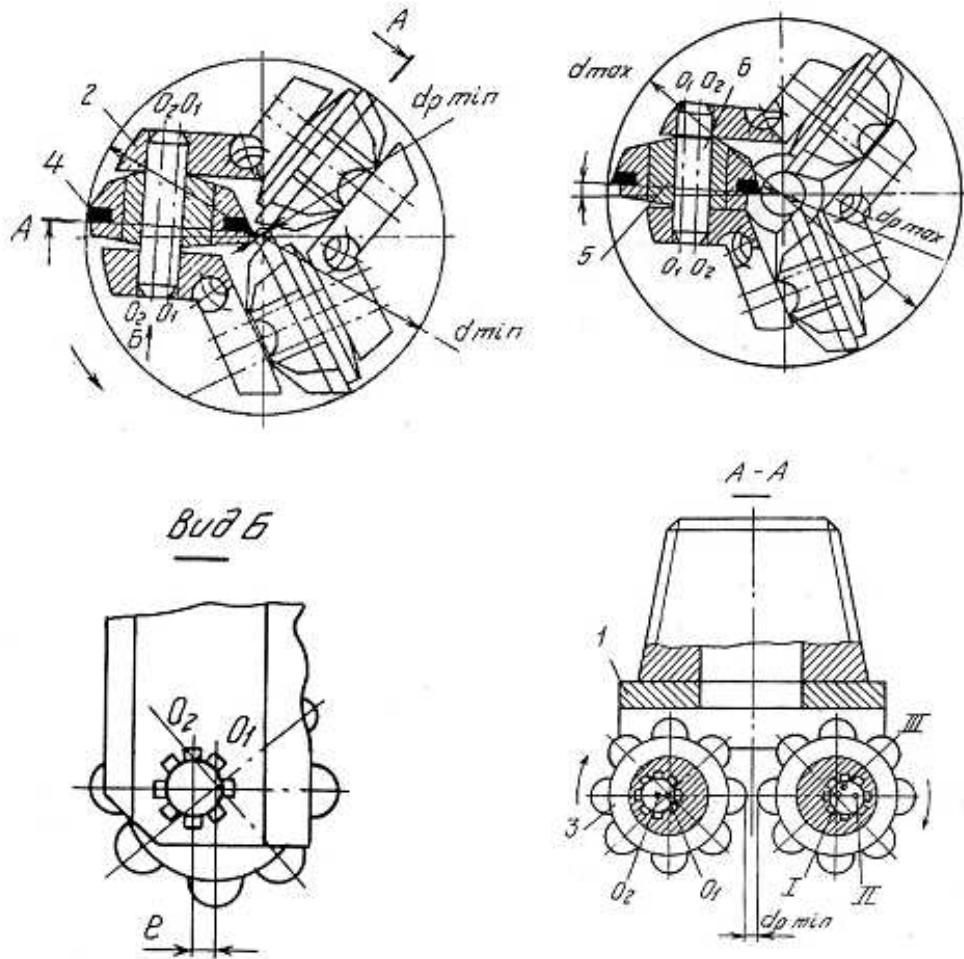


Рисунок 2.6 - Долото с зубчато-дисковыми шарошками режуще-вращательного типа

Дисковое долото фрезерного типа с регулируемым диаметром

В угольной и геологоразведочной отраслях нашли применение дисковые долота режуще-вращательного действия и фрезерного типа, которые отличаются простотой и надежностью конструкции, возможностью замены рабочих органов с различным вооружением. Буровые долота имеют корпус. Он снабжен смещенными относительно друг друга консольными осями, на которые установлены рабочие диски.

Однако диски в корпусе смонтированы на отдельных осях. На оси действуют значительные изгибающие моменты, т. к. они закреплены в лапах

одним концом. Это снижает область применения указанных долот в более крепких породах. Несимметричные лапы сложны в изготовлении. Использование долот не позволяет регулировать их диаметр и расстояние между дисками. При этом нет возможности бурения горных пород в широком диапазоне физико-механических свойств, компенсации уменьшения диаметра долота вследствие износа его зубков.

В результате исследований существующих конструкций породоразрушающих инструментов предложено буровое дисковое долото фрезерного типа, которое имеет следующие особенности: рабочие диски установлены на втулках, изготовленных с эксцентриком, направленным горизонтально в разные стороны от центральной оси вращения долота. Втулки свободно смонтированы на оси многогранного сечения, концы которой закреплены в лапах. Рабочие диски, таким образом, устанавливаются центрированно на одной оси, жестко закрепленной обоими концами в корпусе долота.

Долото состоит из корпуса 1 (рис. 2.7), в верхней части которого находится резьбовой присоединительный ниппель 2, а в нижней части расположены лапы 3, между которыми установлены рабочие диски 4, смонтированные на втулках 5, посаженных на ось 6. Между лапами 3 и дисками 4 установлены упорные шайбы 7. На оси 6 находятся регулировочные шайбы 8, которые при максимальном зазоре h_{\max} располагаются между дисками 4, а при минимальном зазоре h_{\min} – между упорными шайбами 7 и лапами 3. Оси 6 удерживают в корпусе с помощью штифтов 9.

Рабочие диски установлены на внешних поверхностях втулок 5 с образованием подшипников скольжения. Внутренние отверстия втулок 5 и ось 6 имеют некруглое сечение, например, шестиугольное. Втулки 5 посажены на ось 6 с возможностью горизонтального перемещения вправо или влево, но не имеют возможности вращения. Внутренние отверстия втулок 5

выполнены с эксцентрикитетом относительно внешних поверхностей этих втулок.

Регулируемый диаметр долота D определяется по формуле:

$$D = \sqrt{(d + e)^2 + h^2}, \text{мм}$$

где d – диаметр рабочих дисков, мм; e – эксцентрикитет втулок, мм; h – регулируемый зазор между рабочими дисками, мм.

Регулирование диаметра долота D и зазора h между рабочими дисками 4 осуществляют перед бурением скважины. Для образования максимального диаметра долота D_{\max} втулки 5 устанавливают с наибольшим эксцентрикитетом втулок e и зазором между рабочими дисками h_{\max} . Регулировочные шайбы 8 помещают между втулками 5.

Для уменьшения диаметра регулировочные шайбы 8 равномерно помещают между лапами 3 и упорными шайбами 7, а также уменьшают эксцентрикитет втулок e. Для более плавного регулирования диаметра долота выполняют несколько комплектов регулировочных шайб 8 и упорных шайб 7 с различной толщиной.

Для компенсации уменьшения диаметра долота вследствие износа его зубков подбирают регулировочные шайбы 8 и упорные шайбы 7 таким образом, чтобы был обеспечен требуемый зазор между рабочими дисками, который определяют по формуле (из Δ ACD, рис. 2.7)

$$h = \sqrt{D - (d + e)^2}, \text{мм}$$

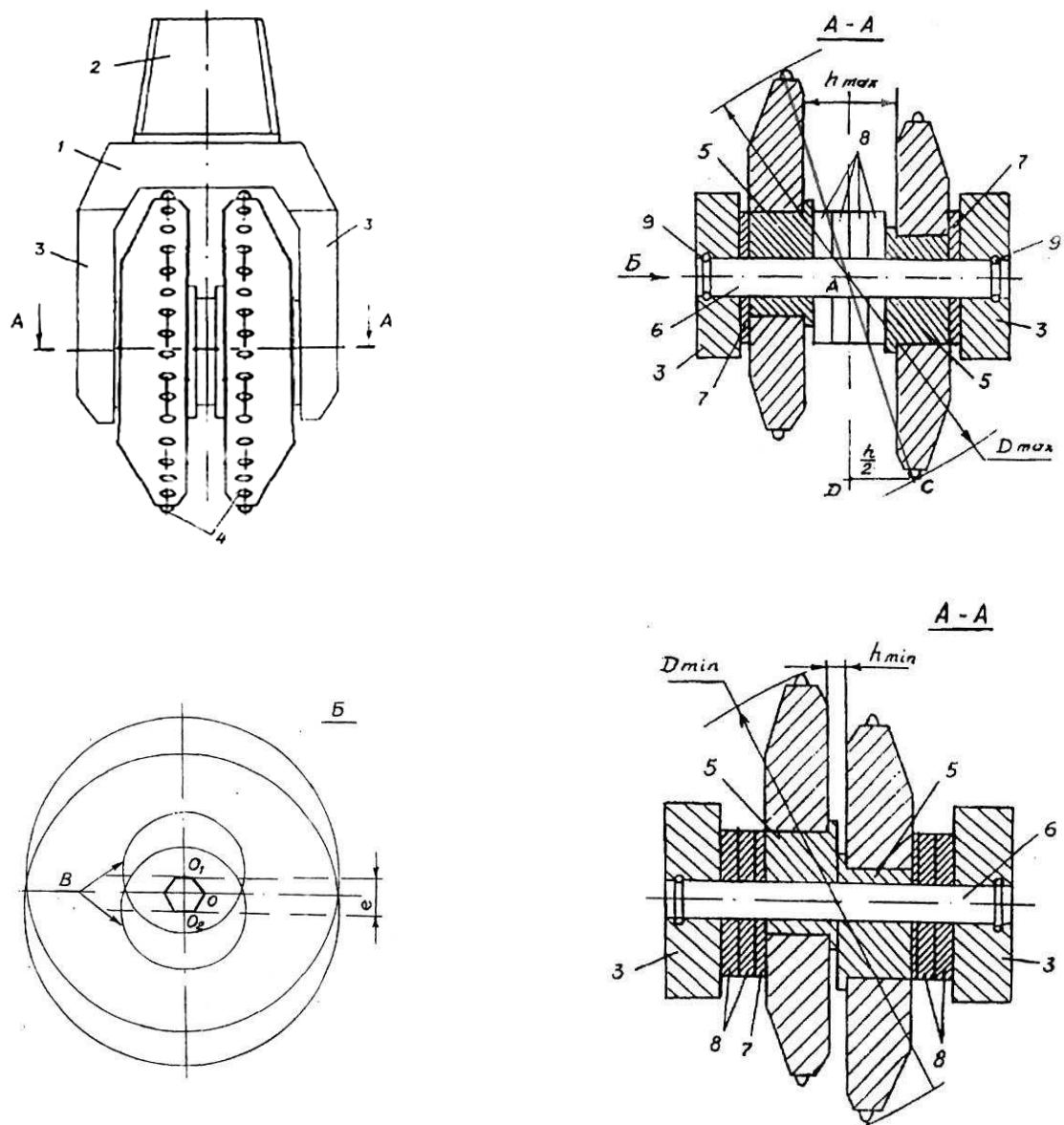


Рисунок 2.7- Дисковое долото фрезерного типа с регулируемым диаметром

Регулирование диаметра долота возможно также за счет изменения величины эксцентрикитета путем различного расположения втулок 5 на оси 6 (табл. 2.7), а также за счет применения сменных рабочих дисков 4 различного диаметра.

Таблица 2.5

Изменение диаметра долота D и зазора h в зависимости от величины эксцентричности E

$E = 30 \text{ мм}$						
$h, \text{мм}$	3 $D, \text{мм}$	10 230, 2	30 232	60 237, .7	80 243, .5	100 250, 8
$E = 60 \text{ мм}$						
$h, \text{мм}$	3 $D, \text{мм}$	10 260, 2	30 261, 5	60 266, .8	80 272	100 278, 6

Регулирование зазора между рабочими дисками расширяет технологические возможности долота фрезерного типа при бурении горных пород с различными физико-механическими свойствами. Так, при бурении горных пород небольшой крепости ($f = 4\text{--}6$) целесообразно устанавливать средний зазор h между максимальным и минимальным при сохранении того же диаметра долота, что обеспечивается изменением величины эксцентричности e . Для крепких пород (при $f > 6$) следует устанавливать минимальный зазор h при сохранении того же диаметра долота. Возможность регулирования диаметра повышает калибрующую способность вооружения рассматриваемого дискового долота фрезерного типа.

Дисковое долото фрезерного типа с регулируемой частотой вращения

Существующие дисковые долота режуще-вращательного действия и дисковые долота фрезерного типа кроме указанных выше недостатков имеют еще один: рабочие диски, посаженные на оси и образующие с ними подшипники скольжения, не могут разрушать забой скважины с регулируемым проскальзыванием, создающим различную скорость вращения рабочих дисков. При бурении скважин этими долотами в горных породах с различ-

ными физико-механическими свойствами происходит саморегулирование частоты вращения рабочих дисков. Проскальзывание осуществляется за счет возникновения сил трения о породу. При одинаковом усилии на долото величина проскальзывания увеличивается с повышением крепости горных пород. Это является отрицательным фактором, т.к. при бурении крепких пород необходимо иметь меньшее проскальзывание рабочих дисков. Они должны работать в режиме качения (как шарошки) или близком к нему. При бурении некрепких пород рабочие диски должны иметь большее проскальзывание и работать в режиме резания (как режущий буровой инструмент) или близком к нему.

Такие режимы работы обеспечивает предложенное в настоящей работе дисковое долото фрезерного типа с упорным стопором. Долото состоит (рис. 2.8) из корпуса 1, в центральной части которого установлен упорный сектор 2 со стержнем 3, а в его пазах на оси 4 смонтированы рабочие диски 5. Верхний конец стержня 3 свободно помещен во внутреннее отверстие регулировочной гайки 6, которая с помощью резьбы крепится в корпусе 1. На стержне 3 расположена пружина 7, на которую посажена защитная втулка 8. В верхней части корпуса 1 изготовлены продувочные каналы 9.

Перед бурением скважины регулировочной гайкой 6 с помощью резьбы и пружины 7 создают усилие на пяту упорного сектора 2. Регулировочная гайка 6 градуирована: поворот гайки на определенный угол соответствует конкретному значению создаваемого усилия. Упорный сектор 2 цилиндрическими поверхностями скольжения соприкасается с поверхностями опор скольжения, образованных на ступицах рабочих дисков 5, и передает на них усилие, создаваемое с помощью пружины 7. При этом в опорах скольжения возникает трение и торможение. Это позволяет регулировать вращение рабочих дисков 5, а следовательно, и их проскальзывание по поверхности забоя.

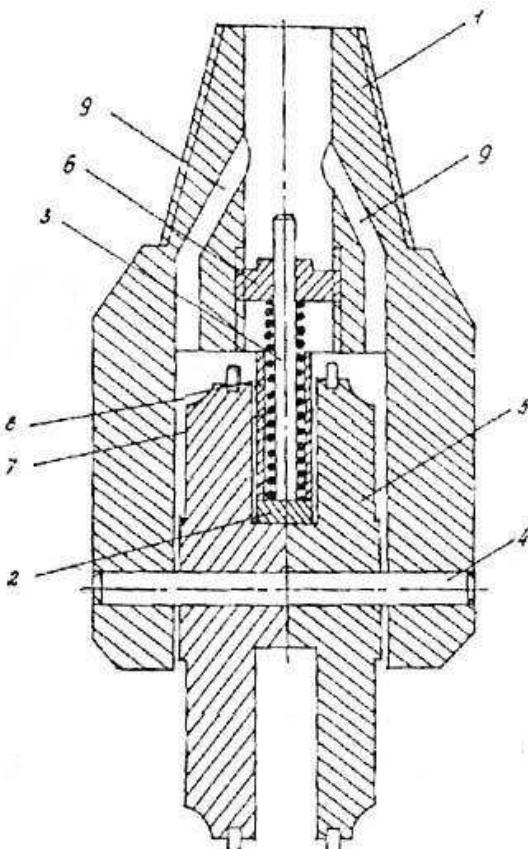


Рисунок 2.8 - Дисковое долото фрезерного типа с регулируемой частотой вращения

Перед бурением скважины регулировочной гайкой 6 с помощью резьбы и пружины 7 создают усилие на пяту упорного сектора 2. Регулировочная гайка 6 градуирована: поворот гайки на определенный угол соответствует конкретному значению создаваемого усилия. Упорный сектор 2 цилиндрическими поверхностями скольжения соприкасается с поверхностями опор скольжения, образованных на ступицах рабочих дисков 5, и передает на них усилие, создаваемое с помощью пружины 7. При этом в опорах скольжения возникает трение и торможение. Это позволяет регулировать вращение рабочих дисков 5, а следовательно, и их проскальзывание по поверхности забоя.

При бурении горных пород небольшой крепости регулировочную гайку 6 затягивают, сжимая при этом пружину 7 и создавая большие усилия и силы трения в опорах скольжения. Рабочие диски 5 при этом вращаются относительно забоя скважины с большим проскальзыванием.

При бурении крепких пород регулировочную гайку 6 и пружину 7 ослабляют, создавая меньшие усилия и силы трения в опорах скольжения.

Рабочие диски 5 при этом вращаются относительно забоя скважины с меньшим проскальзыванием. При бурении рассматриваемым долотом диаметром $D = 244,5$ мм, усилии на долоте $P = 0,3$ МН и частоте его вращения $n = 60$ мин⁻¹ процесс бурения характеризуется различными параметрами, представленными в табл. 2.6.

Таблица 2.6
Изменение параметров бурения при регулировании сил трения в опорах скольжения (диаметр долота 244,5 мм)

P_p , кН	0 0	0,1 0	0,2 0	0,3 0	0,4 0
$f_{\text{пр}}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{0,6}{0,4}$	$\frac{0,7}{0,3}$	$\frac{0,8}{0,2}$	$\frac{0,9}{0,1}$
n_g	$\frac{30}{30}$	$\frac{24}{36}$	$\frac{18}{42}$	$\frac{12}{48}$	$\frac{6}{54}$
f	10	8	6	4	2

Примечание. P_p обозначает регулируемое усилие, создаваемое пружиной и действующее на опоры скольжения; $f_{\text{пр}}$ – коэффициент проскальзывания рабочих дисков относительно вращения долота; $f_{\text{пр}} = P_{\text{тр}}/P$, где $P_{\text{тр}}$ – силы трения в опорах скольжения, кН; P – усилие на долото, кН; n_g – частота вращения рабочих дисков, мин⁻¹; f – коэффициент крепости горных пород. В числителе даны значения для долота с упорным сектором, в знаменателе – значения для долота без упорного сектора.

Таким образом, использование регулируемого стопора в дисковых долотах фрезерного типа позволяет расширить их технологические возможности при бурении горных пород с различными физико-механическими свойствами.

Буровое долото режуще-скальвающего действия

Существующие многошарошечные долота скальвающе-дробящего действия состоят из корпуса, крепящейся к нему крестовины, четырех лап и шарошек, две из которых боковые наклонные, а две другие малые. Смонтированы они на горизонтальной оси и имеют коническую форму, как и боковые, а также опоры качения (шариковые и роликовые). Образующие зубков боковых шарошек не пересекаются на оси долота, а в малых шарошках зубцы нарезают породу по спирали. Благодаря этим особенностям долота производят скальвающе-дробящее действие с элементами резания породы.

Однако использование этих долот не позволяет устраниить такие недостатки, как сложность конструкции, трудоемкость изготовления, высокую стоимость по сравнению с долотами режущего типа.

У предлагаемого долота (рис. 2.9) имеются следующие особенности: корпус оснащен двумя парами породоразрушающих дисков (периферийными и диаметрально расположенными), в каждом из которых диски установлены на двухпорных осях под углом к горизонтальной плоскости с наклоном в сторону оси вращения долота так, чтобы их зубья контактировали с забоем вблизи стенки скважин; диаметрально расположенная пара дисков установлена в общих ребрах по одной линии (в известных долотах ребра для каждого диска находятся под углом); периферийные диски больше диаметрально расположенных дисков в 1,5–2 раза; ребра имеют отверстия для закрепления внутренних концов двух наклонных осей вращения периферийных дисков.

Периферийные диски, имеющие форму усеченного конуса, установленные в лапах под углом к плоскости забоя, в отличие от диаметрально установленных дисков, перекатываются по периферии забоя скважины, разрушая породу смятием и сколом, создавая обширную

свободную дополнительную кольцевую поверхность. Диаметрально расположенные по одной линии диски, установленные в ребрах, имея высокий коэффициент скольжения, разрушают породу в центре забоя не только резанием, но и сколом, т.к. эта часть забоя предварительно оконтурена кольцевым обнажением и находится в напряженном состоянии от непрерывного возмущения периферийными дисками.

Использование дисков, соотношение диаметров которых меньше 1,5 и больше 2 раз, приводит к неэффективной схеме разрушения забоя и не позволяет расширить область применения долот. Линейная ориентация ребер диаметральных дисков не только упрощает конструкцию корпуса, но и облегчает его изготовление, дает возможность размещения мощных опор периферийных дисков и обеспечивает создание высоких осевых нагрузок на них. Благодаря этим особенностям в сочетании с возможностью изменения с помощью эксцентрикита вылета дисков по вертикали долото приобретает новые свойства для эффективного разрушения крепких пород.

Долото состоит (рис. 2.9) из корпуса 1 с ребрами 2, двух малых породоразрушающих (режущих) дисков 3, шлицевых втулок 4 и шлицевых осей 5 режущих дисков. По обе стороны от ребер находятся лапы 6 с закрепленными наклонными осями 7 для установки пары периферийных дисков 8.

Эксцентрики опор используются не только для изменения диаметра бурения, но и по новому назначению: для повышения эффективности разрушения горных пород. В крепких породах диаметральные диски с помощью эксцентрика устанавливают с отставанием от периферийных дисков на величину h , поэтому диски 3 разрушают часть забоя 9, ослабленную кольцевым вырубом 10 с эффектом крупного скола.

В слабых породах диаметральные диски с помощью эксцентрика устанавливают с опережением периферийных дисков на величину h , легко проникая в забой резанием и ослабляя участки забоя 9, которые благодаря

образующемуся центральному вырубу активно разрушаются дисками 8 с элементами скола.

В целом долото создает комбинированное режуще-скалывающее действие на забой скважины, расширяя область использования в сторону крепких пород и в то же время являясь более простым по конструкции, чем многошарошечное долото.

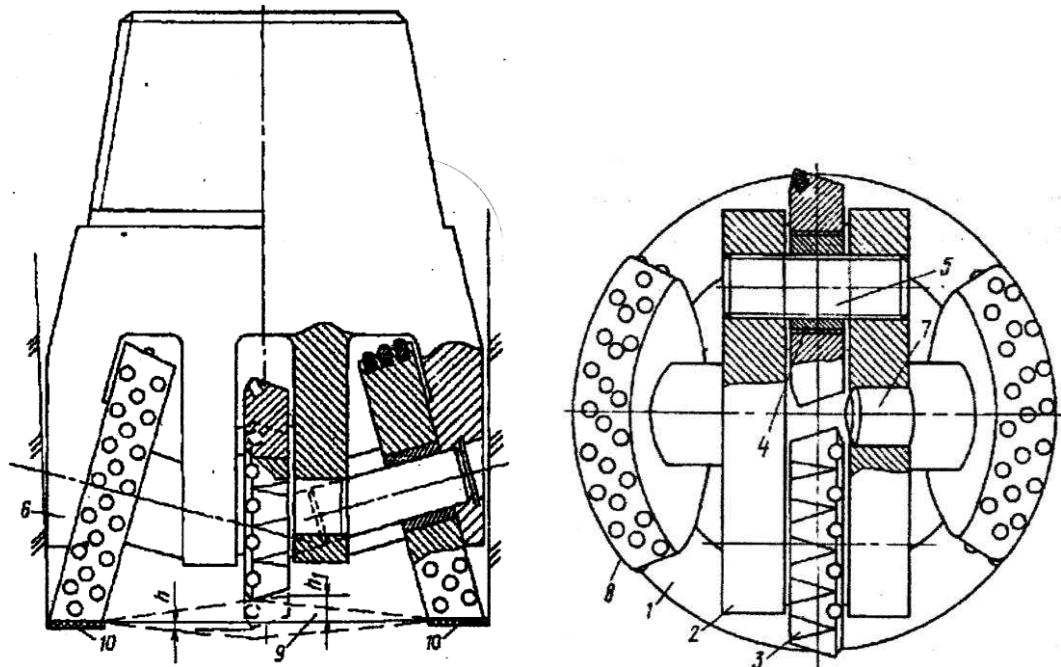


Рисунок 2.9 - Буровое долото режуще-скалывающего действия
(ДЗДШ-УК)

Долото с зубчато-дисковыми шарошками, устанавливаемыми под различными углами к плоскости забоя

Для эффективного бурения скважин в сложноструктурных породных массивах в буровом долоте (рис. 2.10) внешние поверхности эксцентриковых втулок выполнены под углом наклона к оси а, обеспечивающим расположение на них зубчато-дисковых шарошек под углами наклона к вертикальной плоскости α_v и горизонтальной плоскости α_g забоя скважины с

возможностью их изменения в зависимости от физико-механических свойств буримых пород. Причем соотношение углов отвечает условию $\alpha = \alpha_B + \alpha_\Gamma$. При этом угол между боковыми гранями зубчато-дисковых шарошек $\alpha_0 = 2\alpha$. Зубчато-дисковые шарошки имеют продольные пазы с сечением трапециевидной формы у основания, в которые установлены с чередованием твердосплавные зубья и промежуточные секции, имеющие аналогичную трапециевидную форму сечений своих оснований. Количество твердосплавных зубьев N определяют в зависимости от крепости буримых пород f по выражению:

$$N = 0,5 \cdot D_{ш} \cdot \sqrt{f}/D_3$$

где $D_{ш}$ – диаметр зубчато-дисковой шарошки; D_3 – диаметр рабочей части твердосплавного зуба.

Следует отметить, что для удаления налипающей породы при бурении скважин в закарстованных массивах в корпусе выполнены продувочные каналы, которые обеспечивают подачу высокоскоростных струй сжатого воздуха непосредственно в рабочую зону зубчато-дисковых шарошек.

Долото, представленное на рис. 2.10 содержит (рис. 2.10, *a, б*) корпус 1 с ребрами 2, в которых расположены зубчато-дисковые шарошки 3, оснащенные твердосплавными зубьями 4 и установленные на эксцентриковых втулках 5, посаженных на оси 6. Между боковыми гранями зубчато-дисковых шарошек 3 и ребер 2 на осях 6 расположены защитные шайбы 7. В корпусе 1 выполнены центральное продувочное отверстие 8 и продувочные каналы 9.

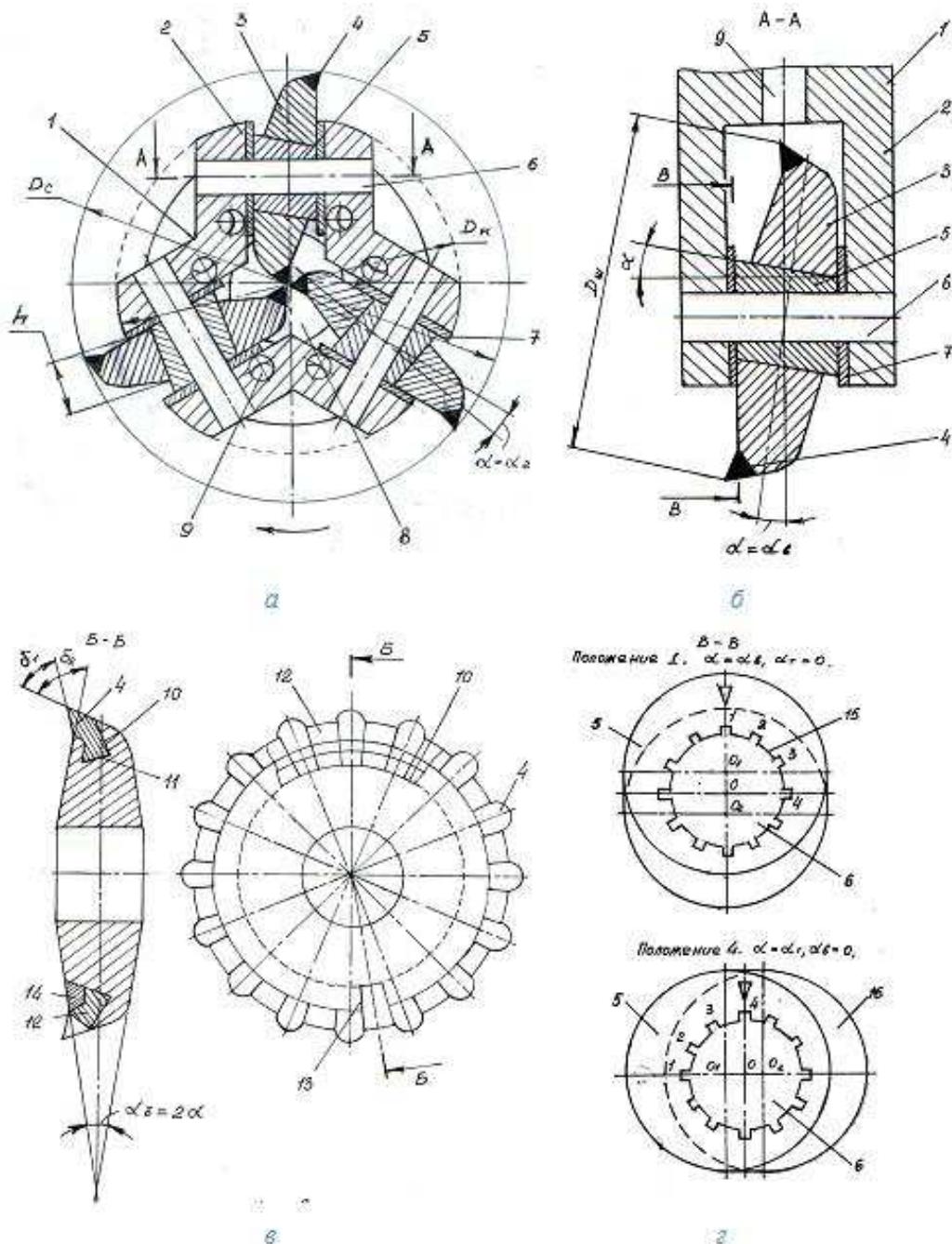


Рисунок 2.10 - Буровое долото с зубчато-дисковыми шарошками, устанавливаемыми под различными углами к плоскости забоя (ДЗДШ-РУ): *а* – в горизонтальной плоскости; *б* – в вертикальной плоскости; *в* – расположение элементов вооружения на зубчато-дисковой шарошке; *г* – расположение эксцентриковой втулки на оси при регулировании углов наклона зубчато-дисковой шарошки

Зубчато-дисковые шарошки *3* имеют продольные пазы *10* (рис. 1.22, *в*) с сечением трапециевидной формы у основания *11*, в которых установлены твердосплавные зубья *4* и промежуточные секции *12*. Продольный паз *10*

оснащен загрузочным окном 13, перекрываемым клином 14. Втулки 5 установлены на осях 6 посредством шлицевых соединений 15 и имеют выполненные с углом наклона к этим осям внешние поверхности 16 (рис. 2.10, *г*).

Работа долота заключается в следующем. Углы наклона зубчато-дисковых шарошек 3 в вертикальной плоскости α_v (рис. 2.10, *б*) и горизонтальной плоскости α_r (рис. 2.10, *а*) забоя скважины выбирают в зависимости от коэффициента крепости буриемых пород f , который определяет глубину внедрения долота h в породу за один оборот, а следовательно, и скорость проходки, зависящую от режимов бурения – осевого усилия, частоты вращения и условий очистки скважины от бурового шлама. С учетом принятых режимов бурения рациональные значения углов наклона зубчато-дисковых шарошек к забою скважины выбирают по табл. 2.7.

Перед бурением скважины необходимые углы наклона зубчато-дисковых шарошек 3 устанавливают с помощью шлицевых соединений 15 эксцентриковых втулок 5 (рис. 2.10, *г*), придавая им соответствующее положение путем перемещения на шлицах осей 6.

Номер положения эксцентриковой втулки 5 соответствует определенному значению коэффициента крепости буриемых пород и принимается по табл. 2.7. Например, для бурового долота диаметром 244,5 мм (ДЗДШ-244,5) положение 1 эксцентриковой втулки 5 соответствует $\alpha_v = \alpha = (10-14)^\circ$ при $\alpha_r = (0-2)^\circ$.

В таком положении зубчато-дисковые шарошки 3 имеют максимальный угол наклона в вертикальной плоскости забоя скважины (рис. 2.10, *г*). Положение 4 эксцентриковой втулки 5 соответствует $\alpha_r = \alpha = (10-14)^\circ$ при $\alpha_v = (0-2)^\circ$. В таком положении зубчато-дисковые шарошки 3 имеют максимальный угол наклона в горизонтальной плоскости забоя скважины (рис. 2.10, *а*).

Таблица 2.7

Рациональные значения углов наклона зубчато-дисковых шарошек.

f	10–8	8–6	6–4	4–2
h, мм/об	5–10	10–15	15–20	20–25
α_r , град	0–2	6–8	8–10	10–12
α_b , град	10–12	4–6	2–4	0–2
α , град	10–14	10–14	10–14	10–14
Номер положения эксцентриковой втулки	1	2	3	4

Перед сборкой долота в продольные пазы 10 зубчато-дисковых шарошек 3 устанавливают с чередованием твердосплавные зубья 4 и промежуточные секции 12 через загрузочное окно 13. Количество твердосплавных зубьев 4 выбирают в зависимости от диаметра их рабочей части и диаметра долота, который определяет диаметр зубчато-дисковых шарошек 3, а также от крепости бурильных пород. Так, например, для долота диаметром $D_d = 244,5$ мм (ДЗДШ-244,5) с диаметром зубчато-дисковых шарошек $D_{ш} = 110$ мм оптимальное число N твердосплавных зубьев 4, диаметр рабочей части которых $D_3 = 10$ мм, имеет значения, указанные в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Рациональное число твердосплавных зубьев для долота ДЗДШ-244,5

f	10–8	8–6	6–4	4–2
N	16	13	11	10

После установки полного комплекта твердосплавных зубьев 4 и промежуточных секций 12 в продольные пазы 10 зубчато-дисковых шарошек 3 загрузочное окно 13 перекрывают клином 14, который прикрепляют к корпусу зубчато-дисковых шарошек 3 с помощью пайки. Разборку элементов

вооружения (твердосплавных зубьев 4 и промежуточных секций 12) зубчато-дисковых шарошек 3 осуществляют в обратной последовательности.

В процессе работы твердосплавные зубья 4 и промежуточные секции 12 за счет трапециевидных форм сечений своих оснований удерживаются от выпадения из продольных пазов 10, основания 11 которых выполнены с аналогичной трапециевидной формой сечения.

Для конкретного числа твердосплавных зубьев 4 имеется отдельный комплект промежуточных секций 12 со своими размерами. При этом твердосплавные зубья 4 имеют различные размеры, в зависимости от физико-механических свойств буримых пород, в том числе и разные углы заострения δ . Например, для мягких пород ($f = 4-2$) угол заострения $\delta_1 = (35-40)^\circ$, а для крепких пород ($f = 8-10$) угол заострения $\delta_2 = (85-90)^\circ$ (рис. 2.10, ε).

При бурении скважин в закарстованных массивах с наличием влажных глин в центральное продувочное отверстие 8 долота вставляют насадку (на рисунке не показана) с меньшим сечением продувочного отверстия. При этом количество сжатого воздуха распределяется по продувочным каналам 9 (рис. 2.10, a, δ) со значительным повышением его скорости, что обеспечивает эффективную очистку рабочей поверхности зубчато-дисковых шарошек 3, защитных шайб 7, пазов между ребрами 2 корпуса 1 и забоя скважины.

Защитные шайбы 7 установлены на осях 6 посредством шлицевых соединений 15. Они не врачаются и предохраняют внутренние поверхности ребер 2 корпуса 1 от преждевременного изнашивания.

Механическое крепление твердосплавных зубьев 4 на зубчато-дисковых шарошках 3 позволяет быстро и без дополнительных затрат осуществлять их извлечение. Изношенные твердосплавные зубья 4 отправляют на переработку, а пригодные к дальнейшей эксплуатации – на повторное использование. Тем самым экономятся расходы на дорогие металлокерамические твердые сплавы.

Следует отметить, что для каждого твердосплавного зуба 4 при вращении зубчато-дисковой шарошки 3 вокруг своей оси знаки и величины углов наклона α_v и α_r изменяются.

Так, при перемещении в вертикальной плоскости для каждого твердосплавного зуба 4 угол наклона α_v изменяется от $+\alpha_v$ (твердосплавной зуб 4 находится в нижнем положении) до $-\alpha_v$ (твердосплавной зуб 4 находится в верхнем положении). При перемещении в горизонтальной плоскости для каждого твердосплавного зуба 4 угол наклона α_r изменяется от $+\alpha_r$ (в периферийной части забоя скважины) до $-\alpha_r$ (в центральной части забоя скважины).

Твердосплавной зуб 4, совершая сложную траекторию движения, разрушает породу в забое скважины с постоянно изменяющимся углом резания. Кроме того, углы наклона α_v и α_r могут быть не только положительными, когда зубчато-дисковые шарошки 3 имеют наклон в сторону направления их вращения вокруг вертикальной оси долота, но и отрицательными, когда зубчато-дисковые шарошки 3 имеют наклон в противоположную сторону по отношению к направлению их вращения вокруг вертикальной оси долота.

В этом случае эксцентриковые втулки 5 на осях 6 устанавливают таким образом, чтобы центры окружностей их боковых поверхностей располагались в последовательности, обратной от указанной на рис. 1.2.10 (a, б), а именно: точка O_2 – в верхней части (отрицательный вертикальный угол α_v , положение 1) и точка O_2 – слева (отрицательный горизонтальный угол α_r , положение 4). При этом величины углов наклона α_v и α_r зубчато-дисковых шарошек 3 к забою скважины могут быть удвоены.

2.5 Выводы

Рассмотренные режуще-вращательные буровые инструменты по сравнению с серийно изготавливаемыми шарошечными долотами обладают

высокой степенью разборности и ремонтопригодности, а также имеют значительную меньшую стоимость изготовления.

Конструктивные и кинематические параметры рассмотренных буровых инструментов режуще-вращательного обеспечивают расширение технической и технологической областей его применения по сравнению с режущими долотами имеющими стационарные резцы, а также позволяют осуществлять эффективное бурение скважин в сложноструктурных породных блоках с различными физико-механическими свойствами и закарстованных массивах.

К недостаткам этих буровых инструментов следует отнести их ограниченную область рациональной эксплуатации в горных породах до $f=7$.

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Сетевая модель выполнения работы

Работа выполнялась с использованием сетевой модели, что позволило рационально распределить время по видам работ и выполнить дипломную работу в установленные учебным графиком сроки.

В основе сетевого планирования и управления (СПУ) лежит сетевая модель – графическое изображение плана, которое получило название сетевого графика.

Целью применения СПУ является разработка оптимального или достаточно близкого к нему варианта выполнения работ, обеспечивающего рациональную увязку во времени и пространстве выполняемых работ, наилучшее использование ресурсов, а также эффективное управление процессом реализации этого плана.

Элементами сетевого графика, построенного в форме «работа-стрелка», являются работа, событие и путь.

Работа (операция) – основной элемент сетевого графика. Различаются действительная работа, работа-ожидание и фиктивная работа.

Действительная работа – это трудовой процесс, в котором участвуют люди, машины, потребляются материально-технические и денежные ресурсы. Она изображается в виде сплошной стрелки, над которой указывается наименование работы, а под стрелкой – продолжительность выполнения работы в выбранных единицах времени. Выбор единицы измерения продолжительности работы зависит от типа выполняемых работ, а также от уровня руководства, которому предназначен сетевой график. Так в проекте организации строительства в качестве единицы измерения принимаются месяц или квартал, в проектах производства работ – дни, недели, месяцы; при планировании работ комплексных бригад – смены, часы.

Продолжительности выполнения всех работ в одном сетевом графике должны быть определены в одних единицах. Предполагается, что время течет в направлении, указанном стрелкой: хвост стрелки – начало, а острие – окончание работы.



Работа-стрелка соединяет два события: i – предшествующее и j – последующее. Пара номеров событий образуют код (шифр) работы. Первым читается номер события читается номер события, стоящего в конце стрелки, а вторым – у острия. Как уже отмечалось, расчеты сетевых графиков и решение различных задач на их основе выполняется на ЭВМ, при этом машина различает работы только по их коду. Продолжительность работы обозначается t_{ij} .

Ожидание – работа, для выполнения которой требуется только время, ресурсы при этом не тратятся. Работа – ожидание изображается также, как и действительная работа.

Фиктивная работа – вспомогательный элемент сетевого графика, позволяющий сделать график более удобным для восприятия, правильно указать организационные и технологические связи между работами. Фиктивная работа не потребляет ресурсов и продолжительность ее равна нулю. Обозначается она пунктирной стрелкой.

Событие – есть факт окончания одной работы и начала другой. Событие обычно изображается кружком, в котором указан номер.

Событие не связано с потреблением ресурсов и продолжительность его равна нулю. Считается, что работа выходит из одного события и входит в другое.

Различают начальные и конечные события. Конечное событие иногда называют целью. По числу конечных событий различают одно- и многоцелевые сетевые графики.

Путь – это последовательность работ в сетевом графике, при которой окончание предшествующей работы совпадает с началом последующей.

Для работы или события существует предшествующий путь, ведущий из начального события к данному или из начального события к событию, предшествующему данной работе.

Аналогично для работы и события существуют последующие пути, связывающие данное событие с конечным или событие, последующее заданной работой с конечным.

Полный путь связывает начальное событие с конечным. Самый длинный полный путь называется критическим.

Сетевой график в форме «работа – стрелка» получил наибольшее распространение, так как содержит текстовую информацию (наименования работ, указанных над стрелками) и облегчает восприятие графика человеком.

Для обработки на ЭВМ график должен быть представлен в форме, «понятной» для машины. Наиболее распространенной является так называемая списочная форма задания сетевого графика.

Каждая строка таблицы содержит информацию об одной работе графика. Число строк равно числу работ в сетевом графике (для сети в форме работ - стрелка включается включаются и фиктивные работы). В первой колонке записаны начальные числа кодов работ I, во второй – конечные числа этих кодов j, в третьей колонке – продолжительность выполнения этих работ t_{ij} .

Число столбцов может быть большим: например, в дополнительном столбце можно указать число рабочей силы, занятой на выполнении работы, количество материально-технических ресурсов, потребляемых на работе, и т.д.

Все события (вершины) в сетевом графике в форме работы-стрелка должны быть пронумерованы. Предпочтительней является так называемая упорядоченная нумерация, при которой номер вершины, стоящей в начале дуги (в хвосте стрелки), будет меньше номера вершины, стоящей в конце дуги (у острия стрелки), т.е. для любой дуги $i < j$. Большинство алгоритмов, по которым производятся расчеты, связанные с сетевыми графиками, ориентированы именно на упорядоченную нумерацию вершин.

Упорядочение вершин может быть выполнено самой ЭВМ по специальной программе. При списочном задании сетевого графика упорядочение производится вручную до записи информации на машинные носители. Для этого применяется способ вычерчивания выходящих дуг который состоит в следующем: на графике отыскивается вершина (или вершины), не имеющая входящих дуг; этой вершине (вершинам) присваивается очередной порядковый номер (очередные порядковые номера); вычеркиваются все дуги, выходящие из отмеченной вершины (из отмеченных вершин) и в предположении, что вычеркнутых дуг больше нет, алгоритм начинают сначала, пока не будет пронумерована последняя вершина.

Формальные правила построения сетевых графиков являются общими для всех сетевых графиков независимо от того, какие проекты они моделируют; строительство гидроузла, разработку проекта турбогенератора или организацию учебного процесса в вузе. Соблюдение правил позволяет применять к обработке всех сетевых графиков одни и те же алгоритмы и программы для ЭВМ.

Правило 1. Ни одна работа в сетевом графике не может начаться прежде, чем будут окончены все без исключения предшествующие ей работы. Следствием этого правила является требование, чтобы в сетевом графике не было циклов.

Правило 2. В сетевом графике не должно быть двух и более работ, имеющих одинаковый код (это правило называют правилом изображения

параллельных работ, т.е. таких, которые могут выполняться одновременно). Так как ЭВМ различает работы только по коду, то она не сумеет отличить в данном случае одну работу от другой. Для правильного изображения этого фрагмента нужно ввести два дополнительных события и две фиктивные работы. В форме стрелка-связь фиктивных работ не требуется.

Правило 3. В сетевом графике не должно быть ни одного события, кроме начального, не имеющего предшествующих работ.

Правило 4. В одноцелевом сетевом графике не должно быть ни одного события, кроме конечного, не имеющего последующих работ.

Правило 5. Правило изображения сложных работ. Сложной может называться работа, выполнение части которой достаточно для начала одной из последующих работ. Для сокращения общей продолжительности выполнения проекта сложная работа должна быть поделена на простые, и последующие работы должны начинаться сразу, как только это физически окажется возможным.

Правило 6. Правило употребления фиктивных работ. Как уже отмечалось, фиктивные работы - это вспомогательный элемент при изображении сетевых графиков в форме работа-стрелка. В ряде случаев в сетевой график целесообразно ввести дополнительные фиктивные работы, которые будут избыточными, но позволят сделать график более наглядным. Однако при этом следует помнить, что увеличение числа фиктивных работ соответственно увеличит объем работы по подготовке исходных данных для расчета сетевого графика и время расчетов. Таким образом, следует стремиться к тому, чтобы минимизировать фиктивные работы.

Временной характеристикой всего сетевого графика является продолжительность критического пути T_{kp} . В одноцелевом графике существует по крайней мере один критический путь, хотя таких путей может быть и несколько. Возможны случаи, когда все пути в сетевом графике будут критическими. В многоцелевом сетевом графике минимальное количество

критических путей равно числу конечных событий (целей), причем продолжительности этих путей могут быть разными.

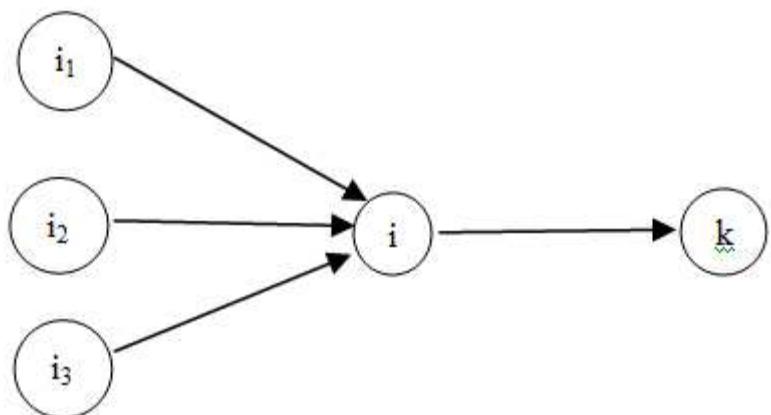
Для каждой работы в сетевом графике определяют 6 временных параметров: t_{ij}^{ph} - раннее начало; t_{ij}^{po} раннее окончание; $t_{ij}^{\text{пн}}$ - позднее начало; $t_{ij}^{\text{пo}}$ - позднее окончание; $R_{ij}^{\text{п}}$ - полный резерв времени; R_{ij}^{c} - свободный резерв времени.

Ранние начала и ранние окончания находятся в процессе расчета графика от начального события к конечному. Раннее окончание работы связано с ее ранним началом зависимость:

$$t_{ij}^{\text{po}} = t_{ij}^{\text{ph}} + t_{ij} \quad (4.1)$$

где t_{ij} - продолжительность выполнения работы.

Раннее начало работы есть самый ранний срок, в который работа может начаться. Численно он равен продолжительности самого длинного предшествующего данной работе пути. Как бы много ни было этих предшествующих путей им всегда будут принадлежать работы, непосредственно предшествующие данной.



Из рисунка и первого правила построения сетевых графиков следует, что

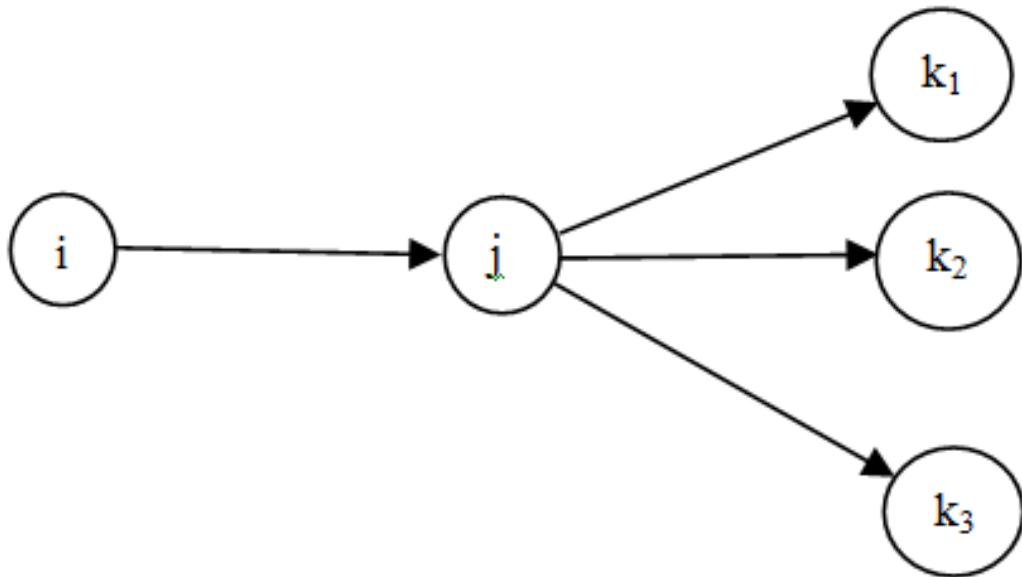
$$t_{ij}^{\text{ph}} = \max\{t_{ij}^{\text{po}}\} \quad (4.2)$$

Вычисления по этой формуле производятся шаг за шагом в направлении от начального события к конечному.

Поздние начала и поздние окончания отыскиваются в процессе расчета графика «ходом назад»- от конечного события к начальному. Они связаны зависимостью

$$t_{ij}^{\text{пн}} = t_{ij}^{\text{по}} - t_{ij} \quad (4.3)$$

Позднее окончание работы определяет самый поздний срок, в который работа может окончиться, не увеличивая продолжительности критического пути. Численно позднее окончание работы равно разности между продолжительностью критического пути и самого длинного последующего за данной работой пути. Как бы много ни было таких путей им всегда будут принадлежать работы, непосредственно следующие за данной.



В соответствии с определением и рисунком следует, что :

$$t_{ij}^{\text{по}} = \min\{t_{jk}^{\text{пн}}\} \quad (4.4)$$

Действительно, если из постоянной продолжительности критического пути вычесть длины разных по продолжительности путей, то минимум разности получится тогда, когда будет вычитаться путь максимальной длины. Вычисления по этой формуле происходят шаг за шагом от конечного события к начальному.

Полный резерв времени работы показывает, на какой промежуток времени можно отодвинуть сроки выполнения работы вправо (в сторону их увеличения), не увеличивая продолжительности критического пути:

$$R_{ij}^{\pi} = t_{ij}^{\text{по}} - t_{ij}^{\text{ро}} = (t_{ij}^{\text{пн}} + t_{ij}) - (t_{ij}^{\text{ро}} + t_{ij}) = t_{ij}^{\text{пн}} - t_{ij}^{\text{ро}} \quad (4.5)$$

Если на какой-то работе использован весь полный резерв времени, то по крайней мере один из последующих за данной работой путей станет критическим.

Свободный резерв времени определяет промежуток времени, на который можно отодвинуть сроки выполнения работы вправо, не меняя ранних начал последующих за ней работ, и вычисляется как:

$$R_{ij}^c = t_{ik}^{\text{ро}} - t_{ij}^{\text{по}} \quad (4.6)$$

Так как работы j_k , последующие за работой i_j , все равно не могут начаться раньше, чем это определено их ранним началом $t_{ik}^{\text{пн}}$, то использование свободного резерва на данной работе никак не отражается на сроках выполнения последующих работ.

Между резервами времени, которыми располагают работы, существует соотношение $R_{ij}^{\pi} \geq R_{ij}^c$

Кроме того, резервы не отрицательны: $R_{ij}^{\pi} \geq 0$ и $R_{ij}^c \geq 0$.

Работы, принадлежащие критическому пути, имеют резервы времени, равные нулю, т.е. для них $R_{ij}^{\pi} = R_{ij}^c = 0$.

При расчете сетевых графиков в табличной форме используется списочная форма задания сетевого графика, в котором указываются цифровые коды i,j и продолжительность работ, t_{ij} .

Обязательна упорядоченная нумерация событий. Работы заносятся в список в порядке возрастания первых чисел их кодов 1 , при этом вначале записываются все работы, выходящие из 1-го (начального) события и имеющие первое число кода 1 , затем все работы, выходящие из 2-го события (начальное число код -2); потом из 3-го и т.д. Работы, выходящие из одного события, заносятся в список в порядке возрастания вторых чисел их кодов j. Так, если из события 5 выходят работы 5-6, 5-9, 5-8, то в список они должны заноситься в порядке 5-6, 5-8, 5-9.

При упорядоченной нумерации событий (для всех работ) и соблюдении правил занесения работ в список для любой работы i,j вся информация о предшествующих работах будет расположена в строках таблицы, находящихся выше той, в которой записана информация о данной работе. При этом работы, непосредственно предшествующие данной, последним числом кода будут иметь i, т.е. начальное число кода данной работы. Вся информация о работах, последующих за работой i,j , будет записана в строках таблицы, лежащих ниже. При этом работы, непосредственно последующие за данной, первым числом кода будут иметь j, т.е. последнее число кода данной работы.

Цель расчета состоит в определении ранних и поздних сроков выполнения работ, резервов времени, которыми располагают работы, а также в индикации критического пути и определении календарных сроков выполнения работ, например, по их ранним началам.

Расчет ранних сроков выполнения работ производится «ходом вперед», что соответствует движению в направлении от первой строки к последней. Алгоритм расчета ранних сроков следующий:

- 1) определяются ранние начала работ, выходящих из начального события (первое число кода этих работ $i=1$);

2) по формуле находятся ранние окончания тех работ, для которых определены их ранние начала (если определено раннее окончание последней работы, переходят к п.4);

3) по формуле определяются ранние начала работ, первое число кода которых равно $i+1$ (переход к п.2);

4) завершение расчетов.

Продолжительность критического пути, равна максимальному из чисел 5-го столбца таблицы.

Расчет поздних сроков выполнения работ ведется сходом назад». Алгоритм расчета поздних сроков такой: j) определяется позднее окончание работ, входящих в последнее событие (последнее число кода этих работ равно числу событий в графике j) оно равно продолжительности критического пути; 2) по формуле находятся поздние начала работ, для которых найдены их поздние окончания, если определено позднее начало работы, код которой записан в первой строке, переходят к п.4;

3) по формуле находятся поздние окончания работ, последнее число кода которых равно $j-1$, переход к п.2;

4) завершение расчетов.

Далее следует расчет резервов времени, который можно выполнять в произвольном порядке. Однако, целесообразно вначале вычислить полные резервы времени и если они окажутся равными нулю, то для этих работ можно будет не вычислять свободных резервов, ибо последние будут равны нулю.

По формуле определяют свободные резервы для всех остальных работ.

Перечень работ по выполнению сетевой модели дипломной работы приведен в таблице 4.1.

4.1.1 Исходные материалы сетевого графика изготовление модели

Таблица 4.1 – Перечень работ

Код работы	Наименование работы	Код события	Наименование события	Продолжительность работы, дней
1-10	Изучение литературы, конструирование модели	1	Литература изучена, конструирование закончено	20
1-2	Подбор материалов и комплектующих	2	Материалы и комплектующие подобраны	6
2-3	Закупка материалов и комплектующих	3	Материалы и комплектующие закуплены	6
3-4	Изготовление заготовок корпуса валов, шайб и колес	4	Заготовки корпуса валов, шайб и колес изготовлены	5
4-5	Изготовление корпуса	5	Корпус изготовлен	7
4-6	Изготовление валов	6	Валы изготовлены	3
4-7	Изготовление шайб	7	Шайбы изготовлены	2
4-8	Изготовление колес	8	Колеса изготовлены	4
8-9	Установка двухрядного твердосплавного вооружения	9	Двухрядное твердосплавное вооружение установлено	6
8-10	Проведение слесарно-сборочной операции	10	Слесарно-сборочная операция проведена, макет изготовлен	3
1-11	Оформление пояснительной записи, графического материала дипломной работы	11	Дипломная работа сдана	15

Сетевой график построения модели приведен на рисунке 4.4.

Работа (i,j)	Количество предшествующих работ						Продолжительность t_{ij}			Ранние сроки: начало t_{ij}^{RN}			Ранние сроки: окончание t_{ij}^{PO}			Поздние сроки: начало t_{ij}^{PN}			Поздние сроки окончания t_{ij}^{PO}			Резервы времени: полный R_{ij}^{II}			Независимый резерв времени R_{ij}^{I}			Частный резерв вI рода R_{ij}^{I}			Частный резерв вII рода											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36					
(1,2)	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6				
(1,10)	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20				
(1,11)	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15				
(2,3)	1	6	6	6	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12			
(3,4)	2	5	12	17	15	20	12	17	15	20	12	17	15	20	12	17	15	20	12	17	15	20	12	17	15	20	12	17	15	20	12	17	15	20	12	17	15	20				
(4,5)	3	7	17	24	18	25	17	24	18	25	17	24	18	25	17	24	18	25	17	24	18	25	17	24	18	25	17	24	18	25	17	24	18	25	17	24	18	25				
(4,6)	3	3	17	20	22	25	17	20	22	25	17	20	22	25	17	20	22	25	17	20	22	25	17	20	22	25	17	20	22	25	17	20	22	25	17	20	22	25				
(4,7)	3	2	17	19	23	25	17	19	23	25	17	19	23	25	17	19	23	25	17	19	23	25	17	19	23	25	17	19	23	25	17	19	23	25	17	19	23	25				
(4,8)	3	4	17	21	21	25	4	17	21	21	25	4	17	21	21	25	4	17	21	21	25	4	17	21	21	25	4	17	21	21	25	4	17	21	21	25	4	17				
(8,9)	4	6	21	27	21	27	4	6	21	27	21	27	4	6	21	27	21	27	4	6	21	27	21	27	4	6	21	27	21	27	4	6	21	27	21	27	4	6	21	27	21	27
(8,10)	4	3	21	24	24	27	4	3	21	24	24	27	4	3	21	24	24	27	4	3	21	24	24	27	4	3	21	24	24	27	4	3	21	24	24	27	4	3	21	24	24	27

Таблица 4.2 – Анализ сетевой модели по времени.

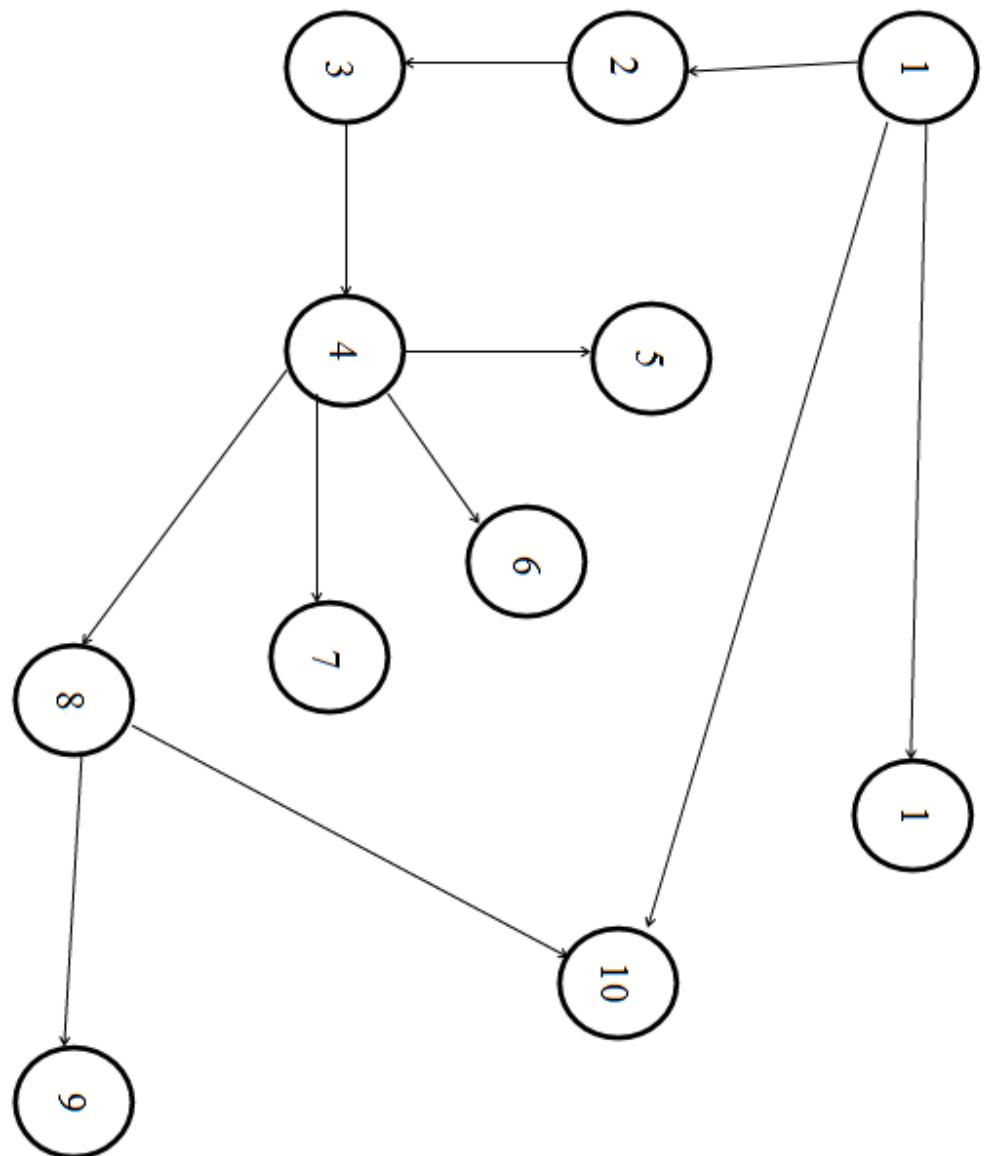


Рисунок 4.4 – Сетевой график

В таблице 4.2 приведен расчет параметров сетевого графика табличным методом, где:

i – предшествующее событие; j – последующее событие; t_{ij} – продолжительность работы; $t_{\text{п.н.}(ij)}$ – ранее начало работ; $t_{\text{п.н.}(ij)}$ – позднее начало работ; $t_{\text{п.о.}(ij)}$ – позднее окончание работ; $R_n(ij)$ – полный резерв времени работ; $R_{(ij)}$ – частный резерв времени работ.

Для расчета полного и частного резервов времени работ используются следующие формулы:

$$R_n(ij) = t_{\text{п.о.}(ij)} - t_{\text{п.н.}(ij)}$$

$$\chi_{(ij)} = t_{\text{п.н.}(jh)} - t_{\text{п.о.}(ij)}$$

где $t_{\text{п.н.}(jh)}$ – ранее число последующей работы.

Выводы: Сетевой график изготовления модели имеет минимальный путь – 6 дней и критический путь – 24 дня.

Таблица 4.3 - Расчет ранних и поздних сроков свершения событий и резервов времени событий

Работа (i,j)	Кол-во предшеству- ющих работ	Продолжи- тельность t_{ij}	Ранние сроки: начало Р.Н. t_{ij}	Ранние сроки: окончание Р.О. t_{ij}	Поздние сроки: окончание П.О. t_{ij}	Минимальны- й разрез
(1,2)	0	6	0	6	6	6
(1,10)	0	20	0	20	27	20
(1,11)	0	15	0	15	27	15
(2,3)	1	6	6	12	14	12
(3,4)	2	5	12	17	20	17
(4,5)	3	7	17	24	25	24
(4,6)	3	3	17	20	25	20
(4,7)	3	2	17	19	25	19
(4,8)	3	4	17	21	25	21
(8,9)	4	6	21	27	27	27
(8,10)	4	3	21	24	27	24

ГЛАВА 5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Анализы несчастных случаев в бурении свидетельствует о том, что большая часть их происходит вследствие применения неправильных приемов труда. При ведении работ нередко нарушают действующие правила по технике безопасности. Это обусловлено или неудовлетворительным инструктажем, или не правильной организации труда, или недостаточным техническим надзором со стороны инженерно-технических работников.

Значительное число несчастных случаев связано с тем, что при ведении работ применяется неисправный инструмент и оборудование, не используются защитные средства, недостаточно используются приспособления по технике безопасности и малой механизации, облегчающие труд и предотвращающие опасности, возникающие во время выполнения работ. Для того чтобы максимально снизить травматизм, необходимы высокая квалификация рабочих, знания или технологических особенностей бурения скважин, назначения, конструкция и правил эксплуатации оборудования и механизмов, правильных и безопасных приемов выполнения работ, а также высокий уровень технического надзора со стороны руководителей работ.

Улучшение организации труда, механизация тяжелых и трудоемких работ, рационализация технологических процессов, внедрение новых, более совершенных видов оборудования, механизмов и инструмента - основные направления по повышению производительности труда и создания здоровой и безопасной производственной обстановки на буровых предприятиях.

За последние годы достигнуты значительные успехи в области создания безопасных условий труда в бурении вследствие внедрения новой техники, пневматических систем управления, разработки и оснащения производств контрольно-измерительной, регистрирующей, ограничительной

и другой аппаратурой многих видов. Дальнейшее внедрение новых видов оборудования, автоматизация и механизация технологических процессов бурения сыграют немалую роль в деле снижения травматизма.

При бурении нефтяных и газовых скважин значительное число несчастных случаев происходит в процессе эксплуатации оборудования. Правильный монтаж, своевременный осмотр оборудования и уход за ним создают условия для последующей безопасной работы. Поэтому перед вводом в эксплуатацию вновь смонтированной буровой установки необходимо проверить укомплектованность ее приспособлениями и устройствами по технике безопасности, элементами малой механизации, КИП и запасными емкостями.

Безопасность работы будет обеспечена, если буровое оборудование и инструмент будут соответствовать нормам и правилам техники безопасности.

5.1 Общие требования

1. Каждое горное предприятие должно иметь:
 - а) утвержденный проект разработки месторождения полезных ископаемых независимо от производительности, включающий разделы техники безопасности и охраны окружающей среды, в том числе рекультивацию нарушенных земель;
 - б) установленную маркшейдерскую и геологическую документацию;
 - в) план развития горных работ, утвержденный главным инженером предприятия и согласованный с местными органами Госгортехнадзора Российской Федерации в части обеспечения принятых проектных решений безопасного ведения горных работ и охраны недр;
 - г) лицензию (разрешение) на ведение горных работ, выданную органами государственного управления России.

Примечания:

1. Разработка породных отвалов и некондиционных руд шахт, карьеров, гидроотвалов обогатительных фабрик, золоотвалов ТЭЦ, а также металлургических предприятий должна производиться по специальному проекту.

2. Разработка естественных богатств континентального шельфа должна осуществляться по специальным проектам и в соответствии с инструкциями по безопасному производству работ, которые утверждаются Госгортехнадзором России.

3. При проведении и эксплуатации подземных горных выработок надлежит, кроме того, руководствоваться соответственно Едиными правилами безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах и Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

4. Вновь построенные или реконструированные карьеры, разрезы, драги, прииски, а также отдельные промышленные объекты и сооружения, вводимые в работу на действующих предприятиях, должны приниматься комиссией с участием представителей Госгортехнадзора и технической инспекции труда в соответствии со СНиП 3.01.04-87. Это требование не распространяется на объекты, систематическое перемещение которых связано с технологией ведения горных работ (передвижные железнодорожные пути, линии электропередачи, контактные сети, водоотливные установки, трубопроводы и др.).

5. Все рабочие и инженерно-технические работники, поступающие на предприятие, подлежат предварительному медицинскому освидетельствованию, а работающие непосредственно на открытых горных работах - периодическому освидетельствованию на предмет их профессиональной пригодности. Медицинское освидетельствование и заключение о состоянии здоровья лиц, поступающих на предприятие, проводится в соответствии с действующими нормативными документами.

6. Лица, поступающие на горное предприятие (в том числе и на сезонную работу), должны пройти с отрывом от производства предварительное обучение по технике безопасности в течение трех дней (ранее работавшие на горных предприятиях, разрабатывающих месторождения открытым способом, и рабочие, переводимые на работу по другой профессии, - в течение двух дней), должны быть обучены правилам оказания первой помощи пострадавшим и сдать экзамены по утвержденной программе комиссии под председательством главного Инженера предприятия или его заместителя.

При внедрении новых технологических процессов и методов труда, а также при изменении требований или введении новых правил и инструкций по технике безопасности все рабочие должны пройти инструктаж в объеме, устанавливаемом руководством предприятия. При переводе рабочего с одной работы на другую для выполнения разовых работ, не связанных с основной специальностью, он должен пройти целевой инструктаж по технике безопасности на рабочем месте. Запрещается допускать к работе лиц, не прошедших предварительного обучения. Повторный инструктаж по технике безопасности должен проводиться не реже двух раз в год с регистрацией в специальной книге.

Примечание:

Студенты высших и средних горнотехнических заведений, а также учащиеся профессионально - технических училищ перед производственной практикой должны пройти двухдневное обучение и сдать экзамены по технике безопасности экзаменационной комиссии предприятия. Перед последующими производственными практиками студенты высших учебных заведений и учащиеся техникумов должны пройти инструктаж по технике безопасности, а учащиеся профессионально - технических училищ - проверку знаний по технике безопасности в объеме программы предварительного обучения как лица, ранее работавшие в карьере.

5. Каждый вновь поступивший рабочий после предварительного

обучения по технике безопасности должны пройти обучение по профессии в объеме и в сроки, установленные программами, и сдать экзамен. Лиц, не прошедших обучение и не сдавших экзамена, запрещается допускать к самостоятельной работе. Всем рабочим под расписку администрация обязана выдать инструкции по безопасным методам ведения работ по их профессии.

6. К управлению горными и транспортными машинами допускаются лица, прошедшие специальное обучение, сдавшие экзамены и получившие удостоверение на право управления соответствующей машиной.

7. Машинисты и помощники машинистов горных и транспортных машин, управление которыми связано с оперативным включением и отключение электроустановок, должны иметь квалификационную группу по технике безопасности в соответствии с Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правилами техники безопасности яри эксплуатации электроустановок потребителей:

- при напряжении до 1000 В;
- машинисты - не ниже III группы;
- помощники машинистов не ниже II группы;
- при напряжении выше 1000 В: машинисты - не ниже IV группы; помощники машинистов - не ниже III группы.

Наличие указанных квалификационных групп по технике безопасности дает право машинистам и их помощникам производить оперативные переключения и техническое обслуживание только в пределах закрепленной за ними горной и транспортной машины и ее приключательного пункта. Разрешается машинистам и их помощникам производить переключения кабеля у приключательного пункта по наряду или лица, им уполномоченного (энергетика участка, сменного энергетика, энергодиспетчера).

При временном переводе машинистов и их помощников на другие экскаваторы (бурстанки) выполнение указанные работы разрешается после ознакомления их с системой электроснабжения этих горных машин.

8. Проверка знания безопасных методов работы машинистами и помощникам машинистов горных и транспортных машин должна проводиться ежегодно комиссиями, назначаемыми предприятием.

9. К техническому руководству горными работами допускаются лица, имеющие законченное высшее или среднее горнотехническое образование или право ответственного ведения горных работ. Руководящие и инженерно-технические работники предприятий, разрабатывающих месторождения полезных ископаемых опытным способом, а также организаций, разрабатывающих для этих предприятий проекты, оборудование, обязаны не реже одного раза в 3 года проходить проверку знания ими Правил безопасности и инструкций в вышестоящей организации или органах Госгортехнадзора. Примечание. На карьерах производительностью менее 10000 куб. м горной массы в год без проведения подземных или взрывных работ к техническому руководству горными работами могут быть допущены лица, не имеющие права ответственного ведения горных работ, но со стажем работы на карьерах не менее двух лет. Инженерно-технические работники, поступающие на карьер (в том числе и переводимые с другого карьера), обязаны сдать экзамен по настоящим Правилам.

10. Каждое рабочее место перед началом работ или в течение смены должно осматриваться, мастером или по его поручению бригадиром (звеньевым), а в течение суток - начальником участка или его заместителем, которые обязаны не допускать производство работ при наличии нарушений правил безопасности, кроме работ по нарядам для устранения этих нарушений. На производство работ должны выдаваться наряды. Выдача нарядов и контроль за производством работ осуществляются в соответствии с положением о парадной системе, утвержденным предприятием. Запрещается выдача нарядов на работу в места, имеющих нарушения правил безопасности, кроме работ по устранению этих нарушений. На производство работ, к которым предъявляются повышения требования по

технике безопасности должны выдаваться письменные наряды - допуски. Перечень этих работ устанавливаются предприятием.

11. Каждый рабочий до начала работы должен удостовериться в безопасном состоянии своего рабочего места, проверить исправность предохранительных устройств, инструмента, механизмов и приспособлений, требующихся для работы. Обнаружив недостатки, которые он сам не может устранить, рабочий, не приступая к работе, обязан сообщить о них лицу технического надзора.

12. Запрещается отдых непосредственно в забоях и у откосов уступа, в опасной зоне работающих механизмов, на транспортных путях, оборудовании и т.п.

13. Перед пуском механизмов и началом движения машин, железнодорожным составов или автомобилей обязательна подача звуковых или световых сигналов, с назначением которых инженерно-технические работники обязаны ознакомить всех работающих. При этом сигналы должны быть слышны (видны) всем работающим в районе действия машин, механизмов и др. Каждый неправильно поданный или непонятный сигнал должен восприниматься как сигнал "стоп". Перед началом работы или движения машины, механизма и др. машинист обязан убедиться в безопасности членов бригады и находящихся поблизости лиц. Таблица сигналов вывешивается на работающем механизме или вблизи от него.

14. Рабочие и специалисты в соответствии с утвержденными нормами должны быть обеспечены и обязаны пользоваться специальной одеждой, специальной обувью, исправными защитными касками, очками и другими средствами индивидуальной защиты, соответствующими их профессии и условиям работы.

15. Каждый работающий на предприятии, заметив опасность, угрожающую людям или предприятию (неисправность железнодорожных путей, машин и механизмов, электросетей, признаки возможных оползней, обвалов уступов, возникновения пожаров и др.), обязан наряду с принятием

мер по ее устраниению сообщить об этом лицу технического надзора, а также предупредить людей, которым угрожает опасность.

16. Горные выработки карьеров в местах, представляющих опасность падения в них людей, а также провалы, зумпфы и воронки следует ограждать предупредительными знаками, освещаемыми в темное время суток. Дренажные скважины, недействующие шурфы и другие вертикальные и наклонные выработки должны быть надежно перекрыты.

17. Запрещается загромождать рабочие места и подходы к ним породой и какими-либо предметами, затрудняющими передвижение людей и механизмов.

18. В рабочее время горные, транспортные и дорожные строительные машины должны быть отведены от забоя в безопасное место, рабочий орган (ковш и др.) опущен на землю, кабина заперта и с питающего кабеля снято напряжение.

19. Запыленность воздуха и количество вредных газов на рабочих местах не должны превышать величин, установленных санитарными нормами. Места отбора проб и их периодичность устанавливаются графиком, утвержденным главным инженером карьера (предприятия), но не реже одного раза в месяц. Во всех случаях, когда содержание вредных газов или запыленность воздуха в карьере превышают установленные нормы, необходимо принять меры по обеспечению безопасных и здоровых условий труда. При возникновении пожара все работы на участках карьера, атмосфера которых загрязнена продуктами горения, должны быть прекращены, за исключением работ, связанных с ликвидацией пожара.

20. На карьерах, разрабатывающих самовозгорающиеся или легковоспламеняющиеся полезные ископаемые, необходимо предусматривать специальные профилактические и противопожарные мероприятия, утвержденные главным инженером предприятия.

21. Передвижение людей в карьере (разрезе) допускается по специально устроенным пешеходным дорожкам или по обочинам автодорог

со стороны порожнякового направления движения автотранспорта.

В темное время суток пешеходные дорожки и переходы через железнодорожные пути и автодороги должны быть освещены. Передвижение людей с уступа на уступ по взорванной горной массе допускается только при особой производственной необходимости и с разрешения в каждом отдельном случае лица технического надзора.

22. В карьерах должна быть организована доставка рабочих к месту работ на специально оборудованном для этой цели транспорте, если расстояние до места работ превышает 2 км и глубина работ более 100 м. Запрещается перевозка людей в саморазгружающихся вагонах, кузовах автосамосвалов и грузовых вагонетках канатных дорог.

23. Для сообщения между уступами следует устраивать прочные лестницы с двусторонними поручнями и наклоном не свыше 60 градусов или бульдозерные съезды с уклоном не более 20 градусов, освещаемые в темное время суток. Маршевые лестницы при высоте более 10 м должны быть шириной не менее 0,8 м. с горизонтальными площадками на расстоянии друг от друга по высоте не более 15 м. Расстояние и места установки лестниц по длине уступа устанавливаются планом развития горных работ. Ступеньки и площадки лестниц необходимо систематически очищать от снега, льда, грязи и при необходимости посыпать песком. Допускается использование для перевозки людей с уступа на уступ механизированных средств (эскалаторы и др.), допущенных Госгортехнадзором.

24. Переход через ленточные конвейеры разрешается только по переходным мостикам шириной не менее 0,8 м, оборудованным перилами высотой не менее 1 м. В местах прохода и проезда под конвейерами необходимо устанавливать защитные полки для предохранения людей от возможного поражения падающими с ленты кусками транспортируемого материала.

25. Запрещается: находиться людям в пределах призмы обрушения на уступах и в непосредственной близости от нижней бровки откоса уступа; работать на уступах при наличии нависающих "козырьков", глыб, крупных валунов, а также нависей из снега и льда. В случае невозможности произвести ликвидацию заколов или оборку борта все работы в опасной зоне должны быть приостановлены, люди выведены, а опасный участок огражден предупредительными знаками.

26. Проезд в железнодорожных составах и кабинах локомотивов разрешается лицам, сопровождающим составы, а также надзору и отдельным рабочим при наличии у них письменного разрешения администрации.

27. Проезд через железнодорожные пути в карьере бульдозерам, автомашинам и другим колесным, гусеничным или шагающим машинам разрешается в установленных местах, специально оборудованных и обозначенных указателями. Переезд через железнодорожные пути, связанный с технологией ведения горных работ, допускается по утвержденному главным инженером предприятия регламенту с осуществлением необходимых мер безопасности.

28. При проведении и эксплуатации подземных выработок карьеров надлежит руководствоваться Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах и Едиными правилами безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. Взрывные работы на открытых горных разработках должны производиться с соблюдением Единых правил безопасности при взрывных работах. При выполнении строительно - монтажных и специальных строительных работ на горных предприятиях по добыче полезных ископаемых открытым способом, кроме настоящих Правил, следует соблюдать требования действующих строительных норм и правил.

29. Устройство, установка и эксплуатация грузоподъемных кранов, паровых котлов и сосудов, работающих под давлением, должны отвечать

требованиям Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, и Правил устройства, и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

30. Все несчастные случаи на производстве подлежат расследованию, регистрации и учету в соответствии с Положением о расследовании и учете несчастных случаев на производстве.

5.2 Буровые работы

1. Буровой станок должен быть установлен на спланированной площадке уступа вне призмы обрушения и при бурении первого ряда расположен так, чтобы гусеницы станка находились от бровки уступа на расстоянии не менее чем 2 м, а его продольная ось была перпендикулярна бровке уступа. Под домкраты станков запрещается подкладывать куски руды и породы. При установке буровых станков шарошечного бурения на первый ряд скважин управление станками должно осуществляться дистанционно.

2. Перемещение бурового станка с поднятой мачтой по уступу допускается только по спланированной горизонтальной площадке. При передвижении станка под линиями электропередачи мачта должна быть опущена. При перегоне буровых станков мачта должна быть опущена, буровой инструмент снят или надежно закреплен.

3. Бурение скважин следует производить в соответствии с инструкциями, разработанными предприятиями на основании типовых для каждого способа бурения (огневого, шарошечного и др.).

4. Запрещается бурение скважин станками огневого (термического) бурения в горных породах, склонных к возгоранию и выделению ядовитых газов.

5. Каждая скважина, диаметр устья которой превышает 250 мм, после окончания бурения должна быть перекрыта. Участки пробуренных скважин обязательно ограждаются предупредительными знаками. Порядок ограждения зоны пробуренных скважин утверждается главным инженером предприятия.

6. Шнеки у станков вращательного бурения с немеханизированными сборкой и разборкой бурового става и очисткой устья скважины должны иметь ограждения, сблокированные с подачей электропитания на двигатель вращателя.

7. Запрещается работа на станках вращательного и шарошечного бурения с неисправными ограничителями переподъема бурового снаряда, при неисправном тормозе лебедки и системы пылеподавления.

8. При применении самовращающихся канатных замков направление свивки прядей каната и нарезка резьбовых соединений бурового инструмента должны быть противоположными.

9. Подъемный канат бурового станка должен рассчитываться на максимальную нагрузку и иметь пятикратный запас прочности. При выборе каната необходимо руководствоваться заводским актом - сертификатом. Не менее одного раза в неделю механик участка или другое специально назначенное лицо должен проводить наружный осмотр каната и делать запись в журнал о результатах осмотра.

Выступающие концы проволок должны быть обрезаны. При наличии в подъемном канате более 10% порванных проволок на длине шага свивки его следует заменить.

10. При бурении перфораторами и электросверлами ширина рабочей бермы должна быть не менее 4 м. Подготовленные для бурения негабаритные куски следует укладывать устойчиво в один слой вне зоны всевозможного обрушения уступа.

5.3. Охрана труда

Состав атмосферы карьера должен отвечать установленным нормативам по содержанию основных составных частей воздуха и вредных примесей (пыль, газы), с учетом действующих ГОСТов.

Воздух рабочей зоны должен содержать по объему 20 % кислорода и не более 0,5 % углекислого газа.

В целом продуктивная толща известняков содержит 4,12 % SiO₂, при этом допускается концентрация пыли в рабочей зоне должна быть не более 4 мг/м. .

В карьере и на отвалах на рабочих местах должен проводиться отбор проб для анализа воздуха на содержание вредных газов, не реже одного раза в квартал, в соответствии с «Инструкцией по контролю содержания пыли воздухе на предприятиях горнорудной и нерудной промышленности». Допуск рабочих и технического персонала в карьер после производства массовых взрывов разрешается только после проверки и снижения ядовитых газов в атмосфере до санитарных норм, но не ранее, чем через 30 минут после взрыва.

Все машины и механизмы с двигателями внутреннего сгорания должны быть оборудованы нейтрализаторами вредных газов.

Для снижения пылеобразования при ликвидации горной массы в период положительных температур, необходимо проводить систематическое орошение взорванной горной массы водой.

Для снижения пылеобразования на автодорогах при положительной температуре воздуха должна проводиться поливка дорог водой с применением при необходимости связующих добавок.

На карьере и отвалах должны быть оборудованы закрытые туалеты в удобных для пользования местах, а также вагон-бытовки для обогрева рабочих зимой и укрытия от дождя. Вагон-бытовки должны иметь столы,

скамьи для сидения, умывальник с мылом, бачок с кипяченной питьевой водой, вешалку для верхней одежды, аптечку первой помощи.

Температура воздуха в вагон-бытовках должны быть не менее 20°C.

Аптечки первой помощи должны быть на каждом участке, в цехах, мастерских, а также на всех горнотранспортных машинах и механизмах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной дипломной работы стало исследование технико-экономических показателей бурения взрывных скважин отечественными и зарубежными буровыми станками и инструментами. В ходе выполнения дипломной работы для достижения указанной цели были решены все поставленные задачи.

В первой главе дипломной работы рассмотрены объемы и способы бурения на карьерах. Также рассмотрено современное состояние эксплуатируемых в настоящее время буровых станков и инструментов. Таким образом отмечены следующие недостатки серийно выпускаемых шарошечных долот: сложность конструкции; дороговизна изготовления; неразборность конструкции и как следствие ее одноразовость (при отказе одной хоть одной из шарошек долото бракуется и отправляется в утиль). Также следует отметить, что для раскрытия потенциала шарошечных долот, необходима их своевременная замена при меняющихся горно-геологических условиях (крепости горных пород), соблюдение чего приведет к значительному (2-3 раза) сокращению сменной производительности буровых станков.

Наиболее целесообразным при бурении горных пород средней крепости (на угольных предприятиях) является применение режущих и режуще-вращательных буровых инструментов. Эти долота имеют ряд преимуществ по сравнению с шарошечными долотами: простота конструкции; относительная дешевизна изготовления; возможность замены изношенных резцов, т.е их разборность. Но эти долота имеют и недостатки, основным из которых является ограниченная область рациональной эксплуатации, т. е. возможность бурения горных пород с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова $f = 6-8$.

Во второй главе рассмотрены режущие буровые инструменты и режуще-вращательные буровые инструменты. Проведено их сравнение с

серийно изготавливаемыми шарошечными долотами и выявлены пути совершенствования режуще вращательных буровых инструментов. Также выявлены их достоинства: относительная простота конструкции; высокая технологичность изготовления, относительная дешевизна конструкции, высокая степень разборности, что обеспечивает полную выработку ресурса базовых деталей (ниппель и корпус) на которые приходится 50-60% стоимости долота; и недостатки: ограниченная область рациональной эксплуатации, т. е. возможность бурения горных пород с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова $f = 6-8$.

В третьей главе обосновано и спроектирована конструкция разборного режуще-вращательного бурового долота фрезерного типа с многорядным вооружением. Разработаны чертежи и технологический процесс изготовления долота. Также произведен расчет и анализ напряженного состояния (НДС) узлов и элементов долота. На основании анализа НДС сделаны выводы о том, что долото выдерживает прилагаемые к нему нагрузки со стороны бурового станка, т. е. обладает высокой степенью надежности и износстойкости при бурении сложноструктурных породных массивов с $f = 8-10$.

В четвертой главе произведено сравнение долот эксплуатируемых на Восточно-Байском угольном разрезе по сравнению с разработанным долотом. В результате сравнения выявлено, что эксплуатация разработанного бурового долота режуще-вращательного долота фрезерного типа, даст минимальный годовой экономический эффект 714980 руб. по сравнению с долотами ТЗ-ПГВ и максимальный 2749980 руб. по сравнению с долотами МГПВ, эксплуатируемыми на горнодобывающем предприятии.

В пятой главе рассмотрены общие правила безопасности при производстве буровзрывных работ и предложены соответствующие меры и способы для ее обеспечения.

Таким образом, в результате написания дипломного проекта, была достигнута его цель и решены все поставленные задачи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техника, технология и опыт бурения скважин на карьерах [Текст] / под ред. В. А. Перетолчина. – М.: Недра, 1993. – 286 с.
2. Буткин, В. Д. Основы техники и технологии бурения горных пород на карьерах [Текст]: учеб. пособие / В. Д. Буткин, А. В. Гилев; ГАЦМиЗ. – Красноярск, 1995. – 208 с.
3. Подэрни Р. Ю. Анализ конструкций и технологических возможностей современных станков вращательного бурения взрывных скважин на открытых горных работах. Каталог–справочник. Горная техника, 2008, – С.114 – 123.
4. Гилев А. В. Повышение эффективности эксплуатации буровой техники на горных предприятиях/ А. В. Гилев, А. О. Шигин и [др.]. - Красноярск. Сиб. Федер. ун-т, 2013. - 372 с.
5. Буткин В. Д. Буровые долота с вращающимися резцами для разрезов / В. Д. Буткин, А. С. Телешов, Е. Ф. Брюхов. – М.: ЦНИИЭИуголь, 1976. – 44 с.
6. Буткин В. Д. Выбор типомоделей и рациональная эксплуатация шарошечных долот на карьерах: учеб. пособие/ В. Д. Буткин, Д. Б. Нехорошев; ГАЦМиЗ. – Красноярск, 2006. – 81 с.
7. Шигин А. О. Методология проектирования адаптивных вращательно-подающих органов буровых станков и технологий их применения в сложноструктурных породных массивах / А. О. Шигин, А. В. Гилев, А. А. Шигина. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2017. – 266 с.
8. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров: Учеб. для ВУЗов. – 8–е изд. Перераб. и доп. – М.: Издательство "Майнинг Медиа Групп", 2013. – 593 с.

9. Дусев В. И. Шаршечные долота для бурения взрывных скважин / В. И. Дусев, П. Г. Чекулаев. – М.: Цветметинформация, 1963. – 94 с.
10. Техника, технология и опыт бурения скважин на карьерах / под ред. В. А. Перетолчина. М.: Недра, 1993. 286 с.
11. Катанов Б. А. Комбинированные режуще-шарошечные буровые долота со встроеннымми упругими элементами // Горный информ.-аналит. бюл. – 2005. – №2. – С. 88 – 90.
12. Гилев А. В., Шигин А. О. и др. Методы расчетов прочности при проектировании рабочих органов буровых станков / Современные научноемкие технологии. -2011. -№ 1. -3 с.
13. Справочник. Открытые горные работы / К. Н. Трубецкой [и др.]. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.
14. Калашников А. Г. Приоритетные направления создания техники для бурения взрывных скважин на открытых горных работах / А. Г. Калашников, Б. Н. Кутузов // Горный журнал. – 1997. – № 8. – С. 28 – 34.
15. Шигин А. О. Методология проектирования адаптивных вращательно-подающих органов буровых станков и технологий их применения в сложноструктурных породных массивах [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / Шигин Андрей Олегович – Красноярск., 2015. – 355 с.
16. Решетняк С. П. Основные направления развития техники для бурения взрывных скважин на открытых горных работах / С. П. Решетняк, Н. И. Паладеева // Горная техника. – 2012 – № 1. С. 2 – 8.
17. Подэрни Р. Ю. Анализ конструкций и технологических возможностей современных станков вращательного бурения взрывных скважин на открытых горных работах. Каталог–справочник. Горная техника, 2008, – С.114 – 123.
18. Решетняк С. П., Самолазов А. В., Паладеева Н. И. Буровое и горнотранспортное оборудование железорудных карьеров России и стран СНГ. Горная промышленность, 2009, № 5. – С. 18-25.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Горного дела, геологии и геотехнологий
институт
Горные машины и комплексы
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Гилев А.В. Гилев

подпись инициалы, фамилия

« 17 » 01 2019 г.

КОМПЛЕКСНАЯ ДИПЛОМНАЯ РАБОТА
21.05.04.09 - «Горные машины и оборудование»
код и наименование специальности

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗБОРНОГО БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА
ФРЕЗЕРНОГО ТИПА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ РАЗБОРНОГО БУРОВОГО
ИНСТРУМЕНТА ФРЕЗЕРНОГО ТИПА

тема

Научный руководитель *Гилев* д.т.н., проф. А.В. Гилев
подпись, дата должностная степень инициалы, фамилия

Выпускник *Бочкарев* И.С. Бочкарев
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент *Л. Ашесимов* подпись, дата 21.01.19, должность, ученая степень инициалы, фамилия

Консультанты:
Безопасность жизнедеятельности *Н.М. Капличенко* Н.М. Капличенко
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия

Экономическая часть *А.Д. Бурменко* А.Д. Бурменко
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер *А.В. Гилев* А.В. Гилев
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия