

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. И. Раззакова**

**ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
им. академика У. Асаналиева**

**КАФЕДРА «ГОРНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ»**

**ГОРНЫЕ МАШИНЫ  
ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ И ОТКРЫТЫХ РАБОТ**

**БУРЕНИЕ СКВАЖИН ШАРОШЕЧНЫМИ ДОЛОТАМИ**

*Учебно-методическое пособие для студентов  
специальности 551801.01 «Горные машины и оборудование»*

**Бишкек 2014**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. И. Раззакова**

**ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
им. академика У. Асаналиева**

**КАФЕДРА «ГОРНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ»**

**ГОРНЫЕ МАШИНЫ  
ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ И ОТКРЫТЫХ РАБОТ**

**БУРЕНИЕ СКВАЖИН ШАРОШЕЧНЫМИ ДОЛОТАМИ**

*Учебно-методическое пособие для студентов  
специальности 551801.01 «Горные машины и оборудование»*

**Бишкек 2014**

УДК 622.143

**А.В. Анохин**

**БУРЕНИЕ СКВАЖИН ШАРОШЕЧНЫМИ ДОЛОТАМИ**

Методические указания и пособие для студентов горной специальности 551801.01.

г. Бишкек, Институт горного дела и горных технологий им. академика У. Асаналиева. КГТУ им. И. Раззакова, 2014. 24 с.

Методическое пособие является составной частью программы обучения студентов, по курсу «Горные машин», и является вспомогательным учебно-методическим материалом для студентов всех форм обучения, по специальности 551801.01 «Горные машины и оборудование».

Таблиц 3. Библиография: 6 наименований

Рецензент: д.т.н., профессор Шамсутдинов М.М.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
1. Порядок выполнения работы.....	5
2. Устройство шарошечных долот.....	5
3. Типы и назначения шарошечных долот.....	10
4. Устройство для защиты долот от шлама.....	14
5. Буровой став.....	15
6. Режимы бурения скважин шарошечными долотами.....	17
7. Правила эксплуатации долот.....	18
8. Определение производительности станков шарошечного бурения.....	20
9. Контрольные вопросы.....	22
<b>Список использованных источников</b> .....	23

## ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии рассмотрены вопросы технологии бурения взрывных и разведочных скважин малогабаритными шарошечными долотами с учетом современного состояния техники бурения и основных тенденций ее развития на ближайшие годы. Значительное внимание уделено разработке конструктивных параметров и технологии бурения для различных типов долот, используемых в странах СНГ и зарубежными фирмами. Предложены методы расчета при проектировании бурового оборудования с использованием шарошечного бурового инструмента. Рассмотрены зависимости механической скорости от основных параметров режима бурения, конструкции шарошечных долот и физико-механических свойств пород.

Пособие предназначено для студентов всех форм обучения, по специальности 551801.01 «Горные машины и оборудование».

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Цель работы: изучение устройства и принципа действия шарошечных долот.

Время выполнения - 4 часа.

### 1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

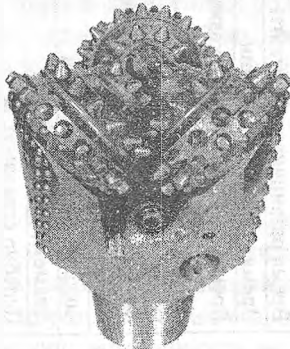
2. По тексту уяснить устройство шарошечных долот и бурового става.
3. Определить эксплуатационную производительность станков шарошечного типа для своего варианта. Вариант определяется последним числом зачетной книжки студента (таблица 1.).
4. Определить диаметр долота, данного для исследования.
5. Вычертить схему устройства шарошечного долота (рис. 1).
6. Выписать в лабораторную тетрадь таблицу 2.
7. Записать марку долота и расшифровать ее.
8. Найти на оригинале отверстия в лапах долота для продувки опор.

### Оборудование и инструмент для выполнения работы

Шарошечное долото  
Мерная линейка  
Транспортир.

### 2. УСТРОЙСТВО ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

Шарошечное долото представляет собой породсразрушающий инструмент, состоящий из корпуса, шарошек, свободно вращающихся на цапфах. Цапфой заканчивается лапа долота (рис. 1).



*Рисунок 1. Общий вид трехшарошечного долота*

Таблица 1.

Условия задания	Обозначения	В а р р и а н т ы									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контактная прочность буримых пород и руд МПа	$R_k$	2400	120	160	140	1800	150	1400	2800	400	1200
Высота уступа, м.	H	15	10	15	10	14	10	10	10	5	4
Число скважин в блоке	n	200	70	80	40	120	70	100	40	160	160
Время навешивания штанги	$t_n$	10	10	10	15	15	15	5	5	2	2
Время развешивания штанги	$t_p$	5	5	5	8	8	8	5	5	3	3
Время замены долота, мин	$T_1$	20	20	20	20	15	15	15	25	10	10
Время наезда на новую скважину	$T_n$	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5
Время на забуривание, мин	$T_{зб}$	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Время переезда с одного блока на другой, мин	$T_n$	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Коэффициент готовности	Kг	0,9	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9	0,9	0,85
Диаметр долота, м	D	0,243	0,214	0,214	0,214	0,243	0,214	0,243	0,243	0,145	0,145
Перебур скважины, м	h	3	2	3	2	3	2	2	2	1	0,5
Коэффициент крепости буримых пород	f	14	1,1	1,4	1,2	12	1,3	10	16	4	8
Проходка на долото, м	B	140	500	400	450	200	450	250	150	300	180
Длина штанги, м	l	8	8	8	8	8	8	8	8	2,1	2,1
Время подготовительно-заключительных операций, мин	$T_{пз}$	40	20	20	20	60	30	30	60	30	30
Время организационных процессов, мин	$T_{он}$	40	40	40	40	40	30	30	30	30	30

Шарошка является исполнительной частью долота и представляет собой стальной конус или цилиндр, на поверхности которого расположены зубья. При перекачивании шарошек по забою скважины зубья под действием осевого усилия, прилагаемого к долоту, внедряются в горную породу. Разрушенная порода удаляется с забоя скважины сжатым воздухом или воздушно - водяной смесью.

Верхняя часть корпуса долота заканчивается резьбовым ниппелем, с помощью которого долото соединяется с бурильными трубами. При вращении бурильных труб корпус долота, жестко связанный с ними, так же начинает вращаться, приводя во вращение непосредственно шарошки. При этом частота вращения шарошки будет больше частоты вращения долота во столько раз, во сколько диаметр долота больше диаметра основания шарошки

Величина сил, возникающих в зубьях, пропорциональна давлению на долоте и частоте его вращения. Эта величина тем больше, чем дальше расположен зубок от оси скважины.

Шарошки изготавливают из легированных низкоуглеродистых цементируемых конструкционных сталей по ГОСТ 20692-2003. Для увеличения твердости поверхность шарошек цементируют на глубину 1,5-2,0 мм, а затем закаливают до твердости HRC 57-62. После термической обработки беговые дорожки шлифуют до размера, обеспечивающего заданную точность подшипникового узла шарошки. Для подшипников долот применяют стандартные ролики и шарики, изготавливаемые на подшипниковых заводах из стали марки 55СМА, и 55СМ5ФА и 50ХН. Твердость закаленных роликов должна быть HRC 53-60. Отклонения : по диаметру - 0,03 мм, по длине - 0,045 мм. Поверхность шарика должна быть полированной. Для уменьшения износа долот по диаметру тыльную сторону шарошек (обратные конусы) армируют зернистыми сплавами релит марки З и ТЗ или цилиндрическими вольфрамисто-кобальтовыми вставками.

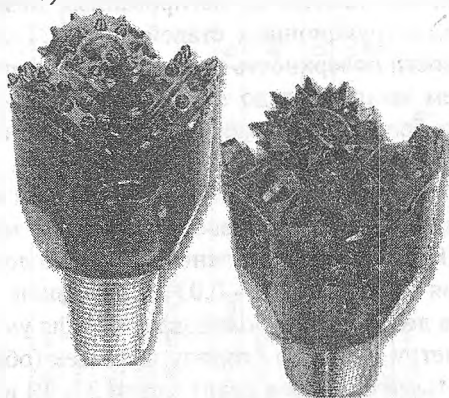
Долота также классифицируются по числу шарошек. Известны одношарошечные, двухшарошечные, трехшарошечные и многошарошечные долота. Трехшарошечные долота являются наиболее распространенными. Они хорошо сочетают в себе достаточную динамичность работы, хорошую устойчивость на забое и механическую прочность опор. Многошарошечные долота применяются для бурения скважин большого диаметра (600 мм и более).



Долота различают также по геометрии наружной поверхности шарошек. Имеются долота с одноконусными и многоконусными шарошками, самоочищающегося и не самоочищающегося типа, со смещенными осями и без смещения осей. В долотах самоочищающегося типа зубчатый венец одной шарошки входит в углубление второй шарошки. Такая конструкция долота позволяет делать шарошки большого диаметра и размещать в них более прочные опоры. Кроме того, самоочищающиеся долота хорошо работают в вязких, склонных к слипанию породах.

В зависимости от условий применения выпускают зубчато-штыревые и штыревые долота. Зубчатые долота разрушают породу на забое скважины стальными зубьями, которые фрезеруются в теле шарошек, штыревые долота - штырями из твердого сплава, запрессованными или впаянными в тело шарошек.

Зубчато-штыревые долота представляют собой комбинированный инструмент. Армируются долота штырями. Штыри для армирования (ГОСТ 880-67) выпускаются промышленностью трех форм: Г25, Г26, Г54 (рис. 2).



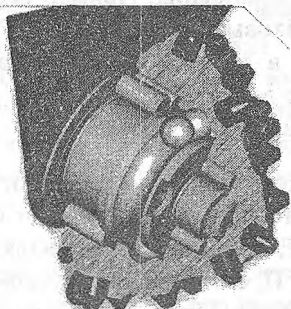
*Рисунок 2. Зубчато-штыревые долота*

Для оснащения обратного конуса шарошек с целью предохранения конуса от интенсивного износа в процессе бурения применяются штыри формы Г54.

Шарошки долот свободно вращаются на цапфах, на которых размещаются подшипниковые опоры. Различают подшипники сколь-

жения С, шариковые Ш и роликовые Р. Шарошки долот малого диаметра вращаются на подшипниках скольжения с одним шариковым замковым рядом. В шарошках долот большого диаметра предпочтительнее отдают роликовым подшипникам, способными нести большую нагрузку. В связи с этим схемы опор шарошечных долот имеют индексы. Отсчет ведется от наружного края долота.

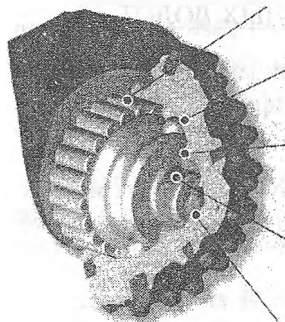
На рис. 3 приведена схема опор: роликовый подшипник Р, шариковый подшипник Ш и снова роликовый подшипник Р. Следовательно, имеем первую схему РШР. Вторая схема РШС



*Рисунок 3. Схемы опор шарошек*

Известны и другие схемы расположения подшипников на цапфе долота.

Шариковый подшипник в долотах является замковым. Замок препятствует продольному перемещению шарошки по цапфе. Промышленностью выпускается 13 типов трехшарошечных долот. Каждый тип долота предназначается для бурения пород с определенными свойствами.



Для удобства клеймения и шифровки долот каждому заводу изготовителю присвоены условные обозначения: Бакинскому машиностроительному заводу им. С.М. Кирова - Б, Верхне-Сергинскому долотному заводу - В, Куйбышевскому долотному заводу - К, Сарапульскому машиностроительному заводу им. Ф.Э. Дзержинского - Д, Дрогобычскому долотному заводу - У, экспериментальному заводу ВНИИБТ - Н, Востокмашзаводу - Ш, Поваровскому опытному заводу - Р.

самоочищающиеся, с твердосплавными штырями, с полусферической поверхностью. Долота выпускают в двух вариантах: для бурения с промывкой или продувкой сжатым воздухом.

Долота типа ОК предназначены для бурения особо крепких горных пород. Шарошки имеют большее число штырей, чем долота типа К. При увеличении диаметра долота увеличивают и диаметр штырей. Вылет штырей у долот типа ОК меньший, чем у долот типа К. В обратный конус шарошек запрессованы штыри из твердого сплава с плоской рабочей частью. Такое решение позволяет на длительное время сохранить диаметр долота. Подвод воздуха к забою скважины у долот этого типа осуществляется через центральное продувочное отверстие. Часть воздуха поступает в опоры шарошек, обдувает подшипники и выходит наружу. Такое техническое решение улучшает охлаждение опор и предотвращает попадание шлама в подшипники долота. На рис. 4 показана принципиальная схема продувочных устройств долот типа ОК.

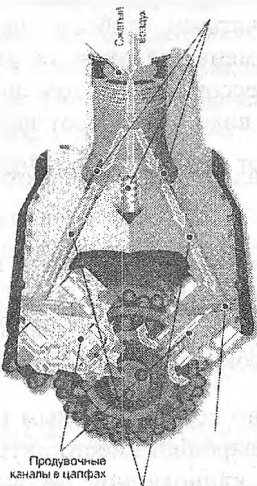


Рисунок 4. Схема продувки шарошечного долота

Долота типа ТК имеют комбинированное зубчато-штыревое вооружение. У этих долот периферийные венцы на всех шарошках оснащены твердосплавными зубками, а вершина и средние венцы шарошек - стальными фрезерованными зубьями призматической формы. В некоторых долотах типа ТК стальные фрезерованные зубья чередуются с твердосплавными штырями, имеющими полусферическую

форму рабочей поверхности. Вылет штырей у шарошек увеличен за счет фрезерованных оснований для штырей. Долота с таким вооружением наиболее эффективно разрушают породы, состоящие из чередующихся крепких и пластичных пропластков.

Долота типа **ТКЗ** имеют более сильное вооружение, чем долота **ТК**. У этих долот штыри чередуются с полусферическими и клиновыми рабочими поверхностями. Но клиновые зубья у них заменены штырями клиновидной формы из твердого сплава. Штыри имеют увеличенный вылет над телом шарошки.

При подземной разработке рудных месторождений, а также на карьерах при заоткоске бортов уступов, при экранировании массовых взрывов, а также для целей селективной отбойки руды и при эксплуатационной разведке применяют скважины от 76 до 145 мм.

Долота размером 76 мм **Ш-76ОК** выпускает Востокмашзавсд. Долота имеют подшипники, выполненные по схеме **СШС**. Шарошки долот армированы штырями в количестве 77 шт. диаметром 4 и 5 мм. Шаг зубков 8,5-10 мм, вылет зубков 1,5-2 мм. Долота диаметром 97 мм **В-97ОК** освоены Верхне-Сергинским заводом.

Долота диаметром 112 мм имеют подшипники, выполненные по схеме **РШС**. Шарошки долот армированы штырями диаметром 5-6 мм. В тыльную часть шарошки запрессованы штыри диаметром 4 мм. Долота выпускает Востокмашзавод под шифром **Ш-112ОК**.

Долота диаметром 145 мм разработаны ВНИИБТ и выпускаются Востокмашзаводом под шифром **Ш-145ОК**. Они имеют опоры, выполненные по схеме **РШС**. Вооружение шарошек аналогично долоту **4Н-76ОК**.

Трехшарошечное долото **IV-243ОКП** имеет усиленное вооружение. На венцах шарошек запрессовано 270 штырей из твердого сплава со сферической рабочей поверхностью, а на тыльной калибрующей части запрессованы заподлицо с шарошкой 14 штырей с плоским торцом формы **Г54**.

Долота **IV-243ТЗП** отличаются от долот типа **Т** вооружением: шарошки оснащены 155 штырями из твердого сплава с клиновидной рабочей частью формы **Г25**. Тыльная калибрующая часть шарошек армируется твердым сплавом релит. В секциях просверлено по одно-

му каналу, которые служат для продувки полости шарошек с целью предотвращения попадания в них частиц шлама.

Долота 8Н-214ТКЗ состоят из чередующихся штырей твердого сплава с полусферическими и клиновидными вершинами. На периферийных венцах шарошек запрессованы штыри большого диаметра, чем на венцах основного конуса шарошки.

Самые крепкие породы бурят, как правило, долотами типа ОК. Но если на карьере встречаются породы более слабые, то целесообразно подобрать долото с большим вылетом зуба, т.е. перейти на долота ТК и ТЗП. При бурении высоко абразивных породах вершины шарошек быстро изнашиваются - образуется так называемая сахарная голова. В этом случае применяют долото с усиленным вооружением средней части долота (долота ОКП). При бурении пород средней крепости иногда бывает выгодно отказаться от армированных долот и перейти к зубчатым долотам (Т и ТК). Эти долота будут иметь меньшую проходку на долото, но зато их стоимость меньше и удельные затраты могут быть также меньшими.

На карьере надо иметь несколько типов долот; применяя их в соответствующих породах, можно получить минимальные затраты на бурение.

#### 4. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДОЛОТ ОТ ШЛАМА

При бурении обводненных скважин в забое неизбежно образуется шлам. При прекращении бурения для наращивания очередной штанги по другим причинам, когда прекращается подача воздуха, шлам через центральное продувочное отверстие проникает в полость буровых труб и забивает продувочные каналы опор. Для предохранения долота от зашламовывания в центральное продувочное отверстие долота ввертывается обратный клапан.

Устройство клапана показано на рис. 4. В сопло долота 1 ввертывается корпус клапана 2, который поджимает у верхней кромки долота фланец 3. Для уплотнения зазора между фланцем и долотом устанавливается резиновое кольцо 4. Поршень клапана 5 поджимается пружиной 6 к фланцу и уплотнением 7 закрывает отверстие 8, расположенное по кругу во фланце.

Когда в работу включается компрессор, то поршень клапана 5 благодаря давлению на него сжатого воздуха отпускается вниз, преодолевает усилие пружины 6 и открывает каналы 9, имеющиеся в корпусе клапана. По этим каналам воздух поступает в нижнюю часть долота, омывает забой скважины и через затрубное пространство уходит от скважины, унося с собой продукты разрушения. Часть воздуха проходит по каналам 10 внутрь цапф долота и продувает подшипники шарошек. При прекращении подачи сжатого воздуха поршень клапана поднимается пружиной вверх и закрывает отверстие 8. Оставшийся внутри долота воздух предотвращает попадание внутрь сопла долота и в подшипники.

## 5. БУРОВОЙ СТАВ

Буровой став состоит из долота, наддолотного амортизатора и буровых штанг. Если амортизатор не применяют, то в комплект входит одна концевая штанга и четыре основные буровые штанги. Концевая штанга состоит из трубы с приваренными ниппелями - нижним и верхним. Основная буровая штанга состоит из труб с приваренным штуцером и ниппелем.

Штуцера и ниппели имеют внутри отверстия для прохода воздуха, а также коническую замковую резьбу. С помощью резьбы буровые штанги свинчиваются одна с другой. Снаружи ниппели имеют лыски для захвата штанги ключом или секторами кассеты. Иногда для подсоединения к буровому ставу разных диаметров пользуются переходниками, которые готовят на месте.

Для ремонта бурового инструмента на руднике необходимо иметь трубонарезной станок; обычно устанавливают станок типа 91114С Тбилисского станкостроительного завода.

Для изготовления ниппелей и переходников применяют сталь 40Х (ГОСТ 4543-71). Трубы изготавливают из стали марки Д (ГОСТ 8732-70). Размеры штанг приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Диаметр долота, мм	Обыкновенные штанги				Укороченные штанги				Примечание
	диаметр, мм		длина, мм	масса, кг	диаметр, мм		длина, мм	масса, кг	
	наружный	внутренний			наружный	внутренний			
214	180	148	8102	628	180	148	2600	245	
243,269	200	159	8000	700	-	-	-	-	
243,269	200	100	8000	1462	-	-	-	-	Утяжеленная штанга
295,320	270	213	18477	3224	-	-	-	-	

Амортизация представляет собой упругую систему и устанавливается между штангами и долотом. Если нет амортизатора, то при работе долота на забое возникает вибрация, которая передается буровому ставу. Амортизатор, давая возможность долоту совершать колебательные движения, вместе с тем передает буровому ставу колебания с уменьшенной амплитудой. Уменьшение вибрации бурового снаряда благоприятно сказывается как на работе долота, так и на работе механизмов станка. Износостойкость долота при этом возрастает на 20-25 %, что уменьшает простой станков и затраты на ремонт. Амортизатор состоит из двух перемещающихся друг относительно друга концентрических труб, между которыми в обоймах расположены эластичные резиновые элементы, воспринимающие энергию вибрации. Средством повышения производительности бурения является применение пневмовибраторов. Для приведения вибраторов в действие используется сжатый воздух компрессора, который подается к забою для продувки долота и удаления разрушенной горной породы из скважины. Пневмовибратор ввертывается в штангу или в цоколь амортизатора, а долото ввертывается в наковальню пневмовибратора. При работе пневмовибратора поршень совершает удары по наковальне и далее силовой импульс передается долоту. Долото, таким образом, воспринимает энергию вращения снаряда и энергию пневмовибратора. Испытания показали, что применение вибратора позволяет повысить производительность бурения на 25-30 % и повысить износостойкость долота на 10-15 %.

## 6. РЕЖИМЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ШАРОШЕЧНЫМИ ДОЛОТАМИ

Основными факторами, определяющими рациональный режим бурения шарошечными долотами, являются: осевая нагрузка на долото, частота вращения долота и условия очистки забоя от буровой мелочи.

Осевая нагрузка зависит от крепости породы, диаметр долота и удельного давления на каждый сантиметр диаметра. Максимальное значение осевой нагрузки определяется следующими факторами: прочностью зубьев долота, продольной устойчивостью колонны бурового става, частотой вращения долота (см. табл. 2).

При работе с недостаточной осевой нагрузкой резко уменьшается проходка над долотом. Для большинства пород осадочного происхождения, обладающих пластичностью, с увеличением частоты вращения долота прирост скорости бурения уменьшается. Увеличение частоты вращения, как правило, влечет за собой повышение вибрации бурового става, что приводит к поломке зубьев или штырей долота и увеличению износа опор, так как при больших ударных нагрузках резко возрастают контактные напряжения в беговых дорожках шарошек и цапф. Особенно опасны резонансные колебания, возникающие тогда, когда частота вынужденных колебаний, зависящая от конструкции долота, равна или кратна частоте собственных колебаний бурового става.

Для долот большого диаметра можно допустить и значительно большие удельные нагрузки. Долота большого диаметра позволяют разместить более мощные шарошки с большим числом зубьев и большим радиусом удаления их от центра забоя. Рекомендуемые нагрузки на долота различного типа приведены в таблице 3.



Таблица 3.

## Рекомендуемые режимы бурения долотами разного типа

Диаметр долота, мм	Осевое усилие на долото, кН		Частота вращения, с <sup>-1</sup>	
	С, СТ, Т, ТК	ТЗ, ТКЗ, К, ОК	С, СТ, Т, ТК	ТЗ, ТКЗ, К, ОК
145	60-80	100-120	3-4,17	2-2,5
190	140-160	180-220	2,5-3,3	1,33-2,5
214	180-200	220-250	2,5-3,3	1,33-2,5
243	220-250	250-280	2,5-3,3	1,33-2,5
269	250-300	300-350	2,5-3,3	1,33-2,5
320	300-400	400-500	2,0-2,5	1,33-2,5

На каждом руднике целесообразно разработать свои оптимальные режимы эксплуатации, имеющегося парка буровых станков применительно к горным породам.

При бурении шарошечными долотами для очистки забоя скважины используют: промывку водой (применяется главным образом при бурении в подземных условиях), продувку сжатым воздухом или воздушно-водяной смесью. Обычно применяют воздушно-водяную смесь.

Для интенсификации очистки забоя скважины применяют долота с продувочными насадками, расположенными в цапфах между шарошками и направленными в место сопряжения вертикальных стенок скважины с плоскостью забоя. Долота с такими насадками (долота типа Г) позволяют увеличить проходку на 20-30%.

### 7. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОЛОТ

Шарошечные долота требуют тщательного ухода и строгого соблюдения правил эксплуатации. Наиболее важные из них следующие.

Новое долото должно быть осмотрено на предмет отсутствия заметных дефектов, таких как трещины, излом отдельных деталей, смятия резьбы и т.д.

Для защиты резьбы от повреждений на каждое долото навертывается колпачок с проушиной. При подъеме долота пользуются лебедкой, канат которой снабжен карабином, причем последний захватывает проушину.

Перед навинчиванием долота следует проверить, плавно ли вращаются шарошки на опорах, не задевают ли друг за друга зубья шарошек, осмотреть, не забиты ли продувочные каналы в лапах долота. Обычно полость подшипников, а часто и каналов на долотных заводах, заполняется консистентной смазкой.

Рекомендуется после навинчивания долота на буровой став включить компрессор и продуть долото на весу, проворачивая шарошки вручную до тех пор, пока из каждой шарошки зазор между шарошкой и козырьком лап не будет проходить воздух. Только в этом случае можно начинать бурение.

Бурить новым долотом и забуривать каждую новую скважину обязательно надо начинать при уменьшенных нагрузках на забой (не более 15-25% от рабочих нагрузок).

Продолжительность приработки долота к забой или время забуривания должно быть 10-15 мин. Нагрузку на долото надо увеличивать постепенно, без резких рывков и ударов. Категорически запрещается при забуривании давать осевую нагрузку на долото, без включенного вращателя.

При вынужденных перерывах в бурении рекомендуется тщательно продуть скважину и поднять буровой став. При спуске става следует избегать ударов долота о забой скважины, так как это может привести к поломке зубьев и разрушению опор.

Перед началом бурения новой скважины надо промыть опоры шарошек и смазать их жидким маслом или дизельным топливом. Нельзя начинать бурить новую скважину с невращающимися шарошками.

Заклинивание опор шарошек, сильный износ элементов опоры хотя бы одной из шарошек, сильный износ вооружения шарошек сопровождается большой вибрацией, вращением инструмента рывками, а также снижением скорости бурения.

По каждому долоту, находящемуся в работе, ведется запись в буровом журнале. Форма записи регламентируется в соответствующей инструкции.

## 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКОВ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ

Производительность шарошечных станков определяется количеством погонных метров скважин, пробуренных в единицу времени. Различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность.

Под теоретической производительностью (М/С) понимают количество пробуренных метров скважин при непрерывной работе долота на забое скважины. В литературе также используется термин техническая скорость бурения [2, 3], и механическая скорость бурения ( $V_m$ )

$$V_T = 4 \frac{P}{P_K} \quad (1)$$

где  $P$  - осевое усилие, МН;  $D$  - диаметр долота, м;

$P_K$  - контактная прочность горных пород, МПа.

Формула верна при  $1500 < P_K < 4000$  МПа;

$1 < n < 3 \text{ с}^{-1}$ ;  $0,15 < D < 0,4$  м;  $0,15 < P < 0,4$  мн

Техническая производительность станка (м/час) определяется с учетом потерь времени на выполнение вспомогательных операций, органически присущих его работе.

$$Q_m = \frac{60 \cdot K_2}{\frac{1}{V_m} + \left(\frac{L}{B} + 1\right) \cdot \frac{t_n + t_p}{2l} + \frac{T_3}{B} + \frac{T_n + T_{36}}{L}} \quad (2)$$

Эксплуатационная производительность станка (м/смену) рассчитывается с учетом затрат времени на вспомогательные операции и простои, связанные с обслуживанием станка.

$$Q_3 = \frac{(T_{см} - T_{пз} - T_{он})K_r}{\frac{1}{V_T} + \left(\frac{L}{B} + 1\right) \frac{t_n + t_p}{2l} + \frac{T_3}{B} + \frac{T_n + (T_n + T_{36})}{mL}} \quad (3)$$

Глубина скважины  $L = H + h$ , складывается из высоты уступа и перебура.

Если требуется определить производительность бурового станка в м<sup>3</sup> горной массы, подготовленной для взрывания, то сменную производительность умножают на выход горной массы с одного метра скважины.

$$Q_{м.1} = Q_{см} \cdot \lambda \quad (4)$$

Здесь  $\lambda$  выход горной массы с одного метра скважины (м<sup>3</sup>/м)

$$\lambda = \frac{6000D^2}{f} \quad (5)$$

где  $D$  - диаметр скважины, м;

$f$  - коэффициент крепости горных пород по шкале М. М. Проготьяконова.

Значения величины, входящих в формулы 2 и 3, приведены в табл. 1.

Пример: Определить эксплуатационную производительность шарошечного станка типа СБШ-250 МНА для условий первого варианта.

Определяем теоретическую скорость бурения станком по формуле 1. Так как породы имеют высокий коэффициент крепости  $f = 14$  выбираем долото типа К (см. параграф 3). Согласно табл. 3 для долот этого типа допустимое осевое усилие будет 250-280 кН. Принимаем

$$P = 250 \text{ кН} = 250000 \text{ Па} = 0,25 \text{ МН.}$$

Частоту вращения  $n$  принимаем  $2,0 \text{ с}^{-1}$ .

Таким образом

$$V_{т} = 14400 \frac{P \cdot n}{P_k \cdot D} = 14400 \cdot \frac{0,25 \cdot 2}{2400 \cdot 0,243} = 12,3 \text{ м/час}$$

Техническая производительность станка СБШ-250МНА

$$Q_{тех} = \frac{60 \cdot K_r}{\frac{1}{V_t} + \left(\frac{L}{B} + 1\right) \frac{t_n + t_p}{2l} + \frac{T_3}{B} + \frac{T_n + T_{36}}{L}}$$

где  $L = H + h = 15 + 3 = 18 \text{ м}$

$$Q_{max} = \frac{60 \cdot 0,9}{\frac{1}{0,2} + \left(\frac{18}{140} + 1\right) \frac{10 + 5}{2 \cdot 8} + \frac{20}{140} + \frac{10 + 6}{18}} = 16 \text{ м/час}$$

Эксплуатационная производительность

$$Q_3 = \frac{(T_{см} - T_{пз} - T_{оп}) K_r}{\frac{1}{V_T} + \left(\frac{L}{B} + 1\right) \frac{t_n + t_p}{2l} + \frac{T_3}{B} + \frac{T_n + (T_n + T_{36}) m}{mL}}$$

$$Q_3 = \frac{(480 - 40 - 40) 0,9}{0,2 + \left(\frac{18}{140} + 1\right) \frac{10 + 5}{2 \cdot 8} + \frac{20}{140} + \frac{60 + (10 + 6) \cdot 200}{200 \cdot 18}} = 50,7 \text{ м/см.}$$

Определим производительность бурового станка по горной массе, подготовленной для взрывания ( $\text{м}^3$ ), для этого находим выход горной массы с 1м скважины

$$\lambda \frac{6000 \cdot D^2}{f} = \frac{6000 \cdot 0,243^2}{14} = 26 \text{ м}^3/\text{м}$$

$$Q_m^3 = Q_{см} \cdot \lambda = 50,7 \cdot 26 = 1320 \text{ м}^3/\text{см}$$

### 9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначаются шарошечные долота?
2. Сколько шарошек имеет долото?
3. Каковы конструктивные особенности долота типа **ОКП** ?
4. Какие схемы опор применяются в промышленности при конструировании шарошечных долот?
5. Какую форму имеют штыри, применяемые для армирования шарошечных долот?
6. Как устроено вооружение долот типа **ТКЗ** ?
7. Какие применяются устройства для защиты долот от шлама?
8. Как установить рациональный режим для шарошечного долота?
9. От чего зависит производительность станков с долотами шарошечного типа?
10. Какие правила необходимо соблюдать при бурении скважины шарошечными долотами?

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Симкин Б.А., Кутузов Б.Н., Буткин В.Д. Справочник по бурению на карьерах. М.: "Недра", 1990.
2. Иванов К.И., Латышев В.А., Андреев В.Д. Техника бурения при разработке месторождения полезных. М. "Недра", 1987.
3. Хорюшин И.Г. Бурение геологоразведочных скважин шарошечными долотами. М., «Недра», 1977. 172 с.
4. Каталог продукции ОАО «УРАЛБУРМАШ» [www.ubm.ru](http://www.ubm.ru) (Свердловская обл.) 2013 г. 34 с.
5. Каталог горнорудных шарошечных долот ОАО «ВОЛГАБУРМАШ» [www.vbm.ru](http://www.vbm.ru) (г. Самара). 2013 г. 42 с.
6. Серия RR440 Шарошечные долота класса ультра-премиум. ООО «Сандвик Майнинг энд Констракшн СНГ» г. Москва. 2013 г. [www.sandvik.com](http://www.sandvik.com)