

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**"ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ"**

*Институт нефти и газа*  
**Кафедра «Машины и оборудование нефтяной и газовой  
промышленности»**

**ШАРОШЕЧНЫЕ ДОЛОТА ДЛЯ СПЛОШНОГО БУРЕНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
к лабораторным работам по дисциплине «Машины и оборудование для  
бурения нефтяных и газовых скважин» для студентов очного и заочного  
обучения специальности 170200 (МОП)

Тюмень 2003

Утверждено редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования  
"Тюменский государственный нефтегазовый университет"

Составители: доцент, к.т.н.  
ассистент

Анашкина А.Е.  
Грушевский М.Б.

© государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Тюменский государственный нефтегазовый университет»

2003г.

# 1. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

## 1.1. Назначение шарошечных долот, классификация.

Шарошечные долота наиболее распространены. На их долю приходится 90—95 % всего объема проходки скважин. По ГОСТ 20692—75 шарошечные долота для сплошного бурения скважин изготавливаются трех видов: одношарошечные, двухшарошечные и трехшарошечные. Шарошечные долота разделяются по типу вооружения, по расположению и конструкции промывочных и продувочных каналов, конструкции опоры, конструкции корпуса.

Шарошки долот имеют три вида вооружения:

- с фрезерованными зубьями, составляющими одно целое с телом шарошки (для долот типов М, МС, С, СТ, Т, ТК);
- со вставными (твердосплавными) зубками (для долот типов МЗ, СЗ, ТЗ, ТКЗ, К, ОК);
- со вставными зубками и фрезерованными зубьями (для долот типа МСЗ).

По расположению и конструкции промывочных или продувочных каналов долота изготавливаются:

- с центральной промывкой — Ц;
- с боковой гидромониторной промывкой — Г;
- с комбинированной центральной и боковой промывкой — ЦГ;
- с центральной продувкой — П;
- с боковой продувкой — ПГ.

Опоры шарошек изготавливаются:

- на подшипниках с телами качения — В;
- на двух и более радиальных подшипниках скольжения — А;
- на одном радиальном подшипнике и одном (или двух) упорных подшипниках скольжения (при остальных подшипниках с телами качения) — Н;
- с герметизацией уплотнительными кольцами и резервуаром для смазки — У.

ГОСТ 20692—75 предусмотрено 39 размеров шарошечных долот диаметром от 46 до 580 мм (табл. 1).

Диаметр и основные конструктивные признаки буровых долот указываются в условном обозначении:

### ***III-215,9СЗ-ГНУ-2***

трехшарошечное (III), диаметром 215,9 мм, для бурения абразивных пород средней твердости (СЗ), с боковой гидромониторной промывкой (Г), с герметизированной, маслonaполненной опорой на одном подшипнике скольжения, остальные подшипники с телами качения (ГНУ), 2—номер заводской модели.

То же долото, изготовленное по лицензии США, имеет условное обозначение *III-215,9СЗ-ГНУ-Р16*, в котором буква Р означает, что долото изготовлено по импортной технологии, 16 — порядковый номер сборки.

Шарошечные долота изготавливаются с цельнолитым либо сварным корпусом.

*Долота с цельнолитым корпусом*, называемые корпусными, состоят из литого корпуса с приваренными к нему лапами, на цапфах которых смонтированы свободно вращающиеся шарошки. В корпусе имеются отверстия для насадок, через которые промывочная жидкость поступает на забой скважины. Для соединения с бурильной колонной корпус долота снабжается муфтовой замковой резьбой (рис.1). Корпусные конструкции используются для долот диаметром более 394 мм.

*Долота со сварным корпусом*, называемые секционными, имеют преимущественное распространение в мировой практике. Корпус секционных долот (рис.2) сваривается из предварительно собранных секций, число которых равно числу шарошек долота. Каждая секция состоит из лапы с косою цапфой и конусообразной шарошки, вращающейся на подшипниках.

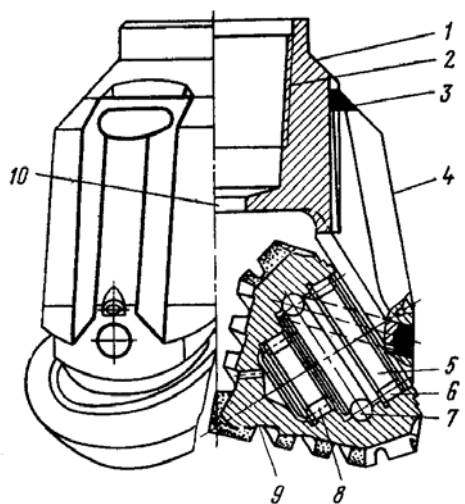


Рис.1. Корпусное трехшарошечное долото

1 – литой корпус; 2 – муфтовая присоединительная резьба; 3 – сварной шов; 4 – вставные лапы; 5 – цапфа; 6,7,8 – подшипники; 9 – шарошка; 10 – центральное промывочное отверстие.

Шарошки различаются по числу образующих конусов, геометрии и типу вооружения. Двух- и трехшарошечные долота комплектуются многоконусными шарошками, на поверхности которых концентрическими рядами (венцами) располагается вооружение (зубья, зубки). Венец, расположенный у основания шарошки, называется периферийным.

Нумерация венцов на шарошке начинается с ее вершины. Шарошки нумеруются от наиболее высокой с минимальным числом зубьев на первом венце до низкой с наибольшим числом зубьев на первом венце.

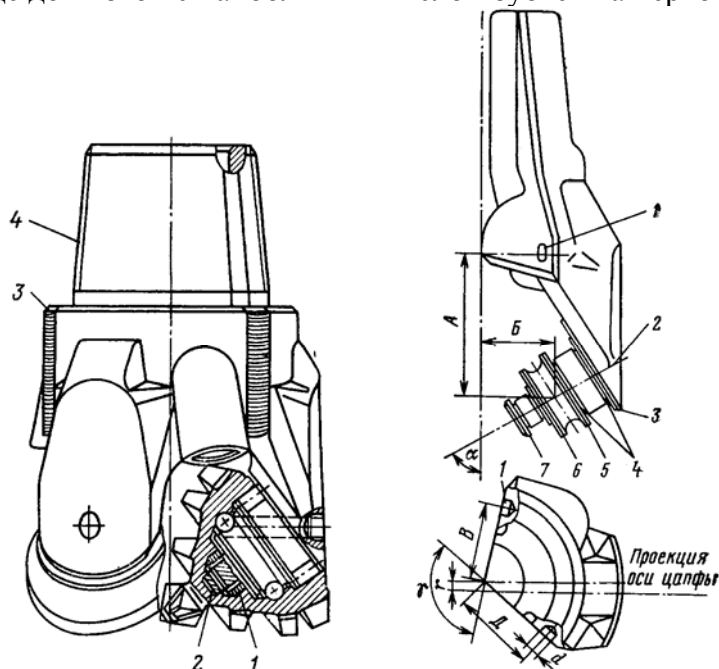


Рис.2. Трехсекционное долото( слева) и секция долота (без шарошки)

1 – фрикционная втулка под скольжения; 2 – подпятник; 3 – сварные швы; 4 – присоединительная головка.

1 – отверстие для сборочного штифта; 2 – цапфа; 3 – 7 - шариковые и роликовые беговые дорожки

В плане шарошки размещаются со смещением осей относительно оси долота в направлении вращения долота. В вертикальной плоскости угол между осью долота и осями вращения шарошек изменяется в пределах  $52—57^\circ$ . Для повышения износостойкости зубья наплавляются твердым сплавом. Вставные зубки имеют сферическую либо клиновидную форму рабочего торца. В зависимости от типоразмера долота вставные зубки имеют диаметр  $3,2—14,3$  мм. Одношарошечные долота комплектуются сферическими шарошками, оснащенными вставными твердосплавными зубками.

Долота с самоочищающимися шарошками (рис.3) это такие долота, в которых зубья одной шарошки заходят во впадины смежной шарошки. Двух- и трехконусные конструкции шарошек позволяют усилить опоры долот. Смещение осей цапф относительно оси долота вызывает скольжение зубьев шарошек по поверхности забоя. Поэтому долота со смещенными осями наряду с дробящим действием скалывают породу.

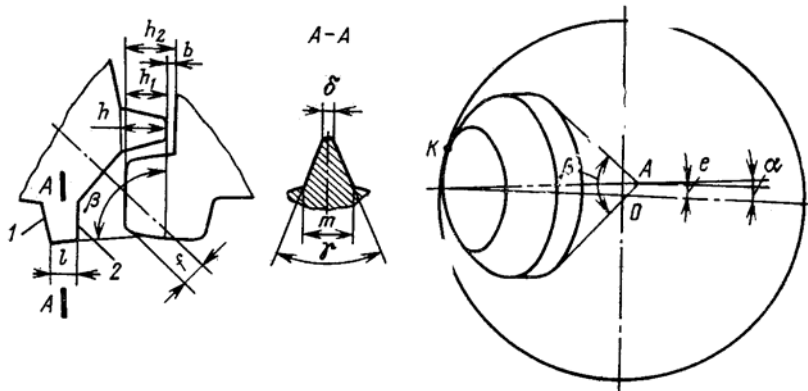


Рис.3. Сопряжение элементов вооружения шарошек (слева); Схема смещения оси шарошки (справа):  $\alpha$  - угол смещения шарошки относительно центральной оси;  $\beta$  - угол основного конуса шарошки, угол при вершине;  $\gamma$  - сопряжения граней или заострения угла ( $30^0$ - $56^0$ );  $\delta$  - ширина притупления зуба (1-4 мм);  $h$  – высота венца или зуба;  $h_1$  – заход венца одной шарошки в межвенцовую проточку другой;  $h_2$  – глубина межвенцовой проточки;  $b$  – гарантируемый зазор для сборки долота между вершиной зуба одной шарошки и поверхностью дна углубления (проточки) другой (1,0-3,0 мм),  $m$  - ширина зуба;  $l$  – длина зуба;

Ширина межвенцовой проточки зависит от длины  $l$  зуба, которая, в свою очередь, определяется в зависимости от назначения долота (точнее, от свойств буримых пород). Чем мягче породы и меньше их плотность, тем больше длина  $l$  и меньше высота  $h$  зуба. Длина  $l$  зубьев зависит от числа венцов на шарошке и размера долота по диаметру, а высота— преимущественно от типа долота и его диаметра.

При сборке секций шарошки обычно оказываются смещенными своей вершиной  $A$  относительно центральной оси  $O$  (перпендикулярной к плоскости чертежа) долота. Чем больше смещение, тем больше скольжение зубьев и шарошек по забою и тем больше режущее и сдвигающее воздействие долота на буримую породу. С изменением (смещением) положения шарошки происходит и перемещение точки  $K$  касания рабочей поверхности шарошки со стенкой скважины. Эта точка называется калибрующей. Она лежит на калибрующей окружности (диаметром  $D_k$ ) шарошки. На практике калибрует скважину небольшой участок периферийного венца шарошки.

Огромное влияние на конструкцию, назначение и эксплуатационные (рабочие) параметры долота оказывает угол  $\beta$  при вершине шарошки  $A$ , т. е. угол основного конуса. Чем больше угол  $\beta$ , тем больше диаметр и поверхность шарошки, что характерно для долот типа М, предназначенных для бурения относительно мягких пород.

На форму выполнения шарошки влияет и высота  $H$  шарошек, измеряемая по оси шарошки от затылка до вершины (или плоскости, перпендикулярной к этой оси, через точки, наиболее удаленные от затылка или основания) шарошки. На форму выполнения шарошки оказывает влияние и количество основных конусов. Форма же выполнения шарошки определяет форму профиля забоя, от которой зависит эффективность разрушения горных пород. Профиль забоя может быть плоским выпуклым, вогнутым или выпукло-вогнутым. Многоконусные шарошки способствуют образованию наиболее выгодного, по теории разрушения горных пород, забоя с большим числом поверхностей обнажения. Одновременно достигается и лучшее использование габаритов шарошки и цапфы с целью проектирования прочной стойкой опоры при достаточной толщине тела (стенки) шарошки.

Уменьшение угла  $\beta$ , смещения  $e$  и угла наклона шарошки снижает скольжение и способствует формированию относительно плоского забоя скважины, что эффективно при бурении крепких и очень крепких пород. Уменьшение угла наклона шарошки к центральной оси влечет, как правило, удаление подшипников опоры от оси долота, а увеличение того же угла — удаление калибрующих поверхностей периферийных зубьев от стенки скважины. Варьируя значениями угла наклона, углов основных конусов, их количеством, смещением осей, габаритами и конструкцией элементов опоры, высотой зуба, можно достичь оптимального технического решения, к чему собственно и сводится проектирование каждой модели шарошечного долота.

Шарошки буровых долот устанавливаются на многорядных подшипниках качения и скольжения. Вследствие ограниченных размеров шарошек в долотах используются **безобойменные бессепараторные подшипники качения**.

На основании обобщения данных эксплуатации установлены следующие средние показатели проходки на долото в зависимости от его типа:

Тип долота .....	М	С	Т	К
Проходка, м .....	50	30	20	15

Общая особенность долот всех типов — снижение проходки на долота с уменьшением его диаметра.

Отверстие для центральной промывки выполняется в виде круглого сквозного канала, просверленного по оси долота. Поток промывочной жидкости из бурильной колонны по каналу долота направляется к центру забоя. Распыляясь на мелкие струи, жидкость очищает забой и поднимает кусочки разрушенной породы по зазорам между стенками лап и скважины в затрубное пространство и далее на поверхность. При нейтральной промывке хорошо очищаются от шлама центр забоя и вершины шарошек.

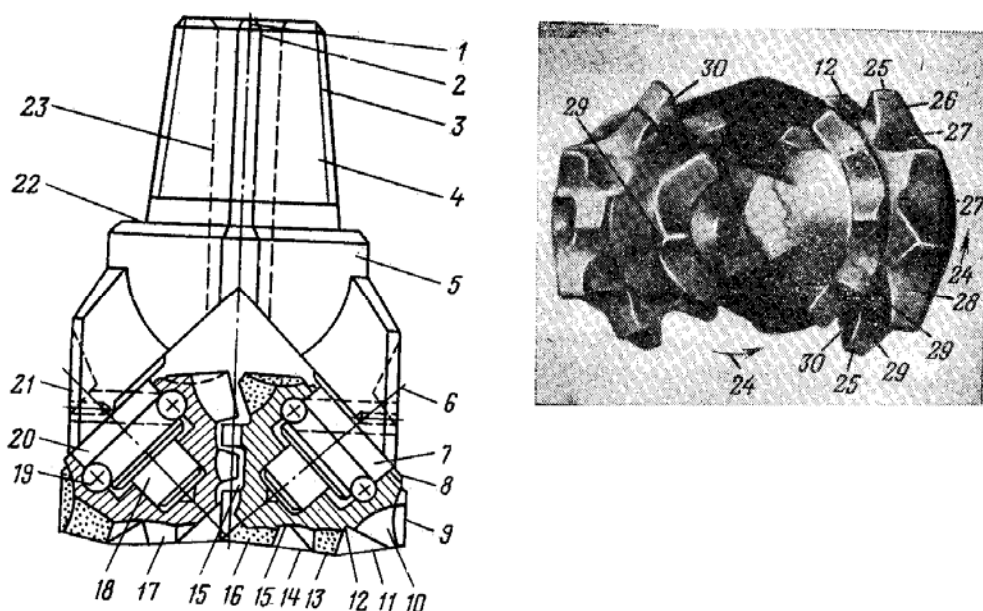


Рис.4. Конструкция двухшарошечного долота

Отверстия для боковой промывки просверливаются в специальных приливах (бобышках) лап. Струи промывочной жидкости направляются на забой между зубьями шарошек. Эффективность боковой промывки возрастает с увеличением скорости истечения жидкости. Для этой цели промывочные каналы оснащаются профилированными насадками. Высокоскоростное истечение жидкости (120 м/с и более) улучшает очистку забоя и создает эффект динамического воздействия струй на забой (гидромониторный эффект).

При использовании гидромониторных насадок значительно возрастает давление буровых насосов. В связи с этим для бурения гидромониторными долотами требуются более мощные и надежные буровые насосы.

В секционных шарошечных долотах в отличие от корпусных используется ниппельная присоединительная резьба. Согласно ГОСТ 20692—75, шарошечные долота диаметрами 46 и 59 мм имеют правую цилиндрическую резьбу. Долота диаметром 76 мм и более имеют правую коническую резьбу, профиль и размеры которой совпадают с замковой резьбой бурильных труб.

### 1.2. Общее устройство

Долото состоит из следующих основных узлов: корпуса, лап 3, узла опор, включающего цапфу и подшипники, шарошек и очищающего или



промывочного узла. В состав последнего могут входить сопла 10, формирующие высоконапорный поток бурового раствора, а также каналы (рис.5), просверленные в корпусе. Верхняя часть 1 корпуса обычно называется **присоединительной головкой**, так как она служит для присоединения к переводнику или нижнему концу бурильной колонны. На наружной поверхности лап 3 предусмотрены приливы 12, кромки и ребра жесткости, а также округлые полуцилиндрические приливы («бобышки») 2 под промывочные сопла (насадки) 10.

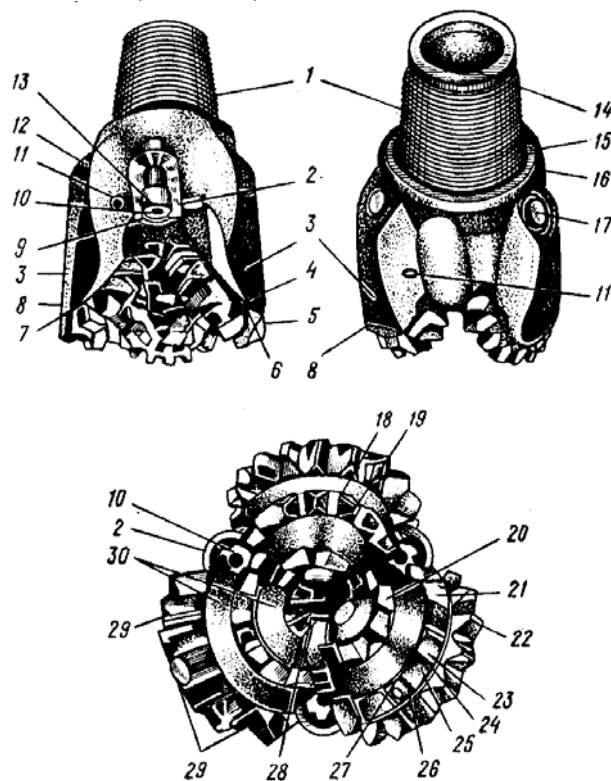


Рис.5. Секционное трехшарошечное долото

В России сопла изготавливают обычно из металлокерамического материала. Сопла 10 закрепляют при помощи удерживающего замка (в данном случае стопорного кольца 9). Герметизация зазора между соплом и внутренней стенкой полости (гнездо пролива 2) обеспечивается обычно резиновым уплотнением 13.

Козырек 7 лапы обычно (как и в приведенном случае) защищается антиабразивным покрытием 8, приближенным к торцу 4 шарошки и ее тыльной части 6, называемой часто **обратным конусом**.

На тыльной части 6 шарошки также наплавляют защитное покрытие с хорошо сопротивляющейся абразивному износу калибрующей поверхностью 5, разделяемой одной из конических поверхностей корпуса

шарошки. Вершина первой шарошки в данном случае, как и у долота со стальным вооружением некоторых других типов, выполняется с лопатовидными рабочими элементами и называется **лопаткой 28**.

Ряд породоразрушающих элементов, расположенных примерно по одной окружности, называется **венцом**. Венец 22, находящийся на периферии (у основания) шарошки, называется **периферийным** или **калибрующим**, поскольку он не только углубляет забой, но и калибрует стенку скважины. **Средние 21** и **привершинные 20** венцы принято называть **основными**. Основными конусами шарошек условно именуют конические поверхности, находящиеся не на тыльной, а на передней (основной) стороне шарошки, ближе к вершине; от них начинают построение шарошки. Различают также промежуточные дополнительные конусы, расположенные между основным и обратным конусом в двух- и трехконусных шарошках.

Часть корпуса 16 шарошки, расположенная между двумя венцами, называется **межвенцовой расточкой 30**. Если она выполняется в виде узкого, но значительного углубления между венцовыми поясками, над которыми выступают рабочие породоразрушающие элементы, то в этом случае ее иногда называют также и **кольцевой канавкой**.

Стальной выфрезерованный породоразрушающий элемент шарошки принято называть **зубом** или реже зубцом, а твердосплавный вставной (изготовленный из спекаемого обычно карбидовольфрамового порошка) - **зубком** или штырем 29 (рис. 5). Углубление между двумя соседними зубьями, расположенными на одном и том же венце, называют обычно **выемкой 23**. Значительную выемку, образованную на месте одного-двух срезанных зубьев или сбоку одного из них, принято называть **выфрезеровкой**.

Нижняя часть 18 зуба - **основание**, а верхняя 19 - **вершина**. Ребра сопряжения поверхностей вершины зуба, а нередко и всю вершину полностью неправильно обобщают единым названием «**режущая кромка**».

Поверхность 26 зуба, обращенную к периферии - к периферийному венцу шарошки, принято называть обычно наружной стороной, а поверхность 27, обращенную к вершине, - внутренней стороной зуба. Поверхность 25, обращенная по направлению вращения шарошки, называется набегающей или передней гранью (реже передней стороной или передним крылом зуба), а поверхностью 24, направленная в противоположную сторону, - тыльной или задней гранью (стороной). Рабочие поверхности стальных зубьев шарошки и других быстроизнашивающихся элементов долота нередко защищаются наплавляемым антиабразивным покрытием.

На верхнем торце присоединительной головки 1 выбивают размер, заводской номер и тип долота, товарный знак и номер партии долот.

Широкий проходной канал, ограниченный внутренними стенками головки 7, принято называть внутренней полостью 14 долота, а заплечики 15- упорным уступом (торцом), который обычно имеет скошенную фаску.

На рис. 5 видны также крышка 17 компенсатора и предохранительный сбрасывающий обратный клапан 77 автономной герметизированной принудительной системы смазки элементов опоры шарошки.

Внутренние элементы долота показаны на рис. 6, а и б, а крышка или пробка 20 компенсатора 25 - на рис. 6, б. Опора шарошки долота обычно состоит из консольной цапфы 2, составляющей единое целое с лапой 15, и подшипников, позволяющих шарошке при вращении долота свободно вращаться относительно цапфы и передавать осевые и радиальные нагрузки. Один из подшипников одновременно с отмеченными функциями выполняет также роль запирающего, фиксирующего устройства, удерживающего шарошку на цапфе от продольного смещения. Поэтому такой подшипник называют **замковым**. Как правило, он выполняется в виде шарикоподшипника 12. Его шары заводятся в соответствующее гнездо через цилиндрический проход 16, просверливаемый в цапфе и запираемый после их установки специальной деталью, называемой замковым пальцем 15. Эта деталь имеет форму штыря, а выполняет роль пробки, заходящей в проход 16 и не позволяющей шарам выкатываться из беговой дорожки 10.

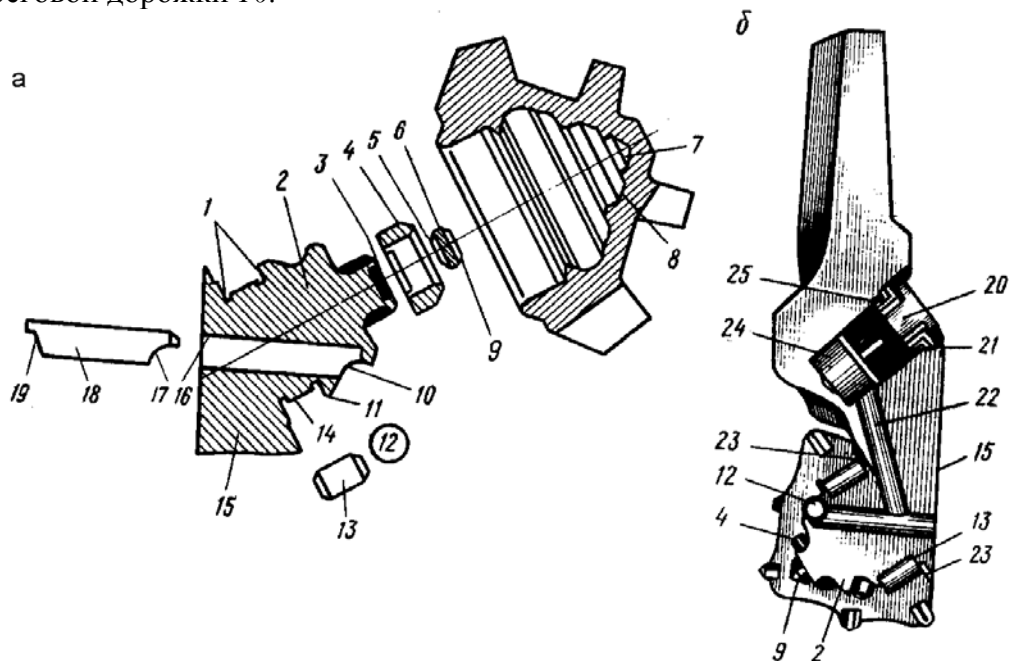


Рис. 6 Внутренние элементы шарошечного долота:  
а – элементы опоры шарошки; б – секция долота с герметизированной опорой

В пальце 18 на одном его конце (переднем) вытачивается сферический вырез 17, точно соответствующий (при совместной обработке пальца с цапфой) профилю внутренней беговой дорожки 10 замкового подшипника, а на другом - канавка 19 под сварочный шов, фиксирующий правильное положение пальца и препятствующий его смещению и выпадению.

По обеим сторонам замкового подшипника обычно монтируют большой и малый подшипники. Большой подшипник у многих отечественных и зарубежных долот состоит из беговой дорожки 14, роликов 13 и направляющих плоскостей 1. Он отделяется от замкового шарикового подшипника буртиком 11.

Малый подшипник чаще всего выполняется в виде подшипника скольжения с втулкой 4, которая впрессовывается в гнездо 8, высверливаемое в шарошке. Втулку 4 часто называют **фрикционной**. Торцовая (концевая) 3 и боковая поверхности цапфы на участке этого подшипника, как правило, наплавляются тонким антиабразивным покрытием.

В состав опоры, как правило, входит также подпятник 9 в виде планшайбы с накаткой 6 по боковой поверхности и со шлифованным днищем 5. Подпятник впрессовывают в соответствующее ему гнездо 7, высверленное в днище шарошки. Его нередко называют концевым упорным подшипником, однако под концевым подшипником также подразумевается малый подшипник с фрикционной втулкой 4 или весь комплекс элементов скольжения, включая втулку 4 и подпятник 9.

В случае, если опора долота герметизирована (рис. 6, б) в ее состав чаще всего включают также сальниковое уплотнение 23, гибкую диафрагму 21 (являющуюся основной деталью компенсатора), заполняемый смазкой резервуар (или лубрикатор) 24, каналы для смазки 22 и крышку или пробку 20, перекрывающую полость резервуара 24.

## 2. ЭЛЕМЕНТЫ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

### 2.1 Корпуса шарошечных долот

По внешним конструктивным особенностям каждое двух- и трехшарошечное долото относится к одному из двух возможных вариантов исполнения: секционному или корпусному. Секционные долота выпускаются всех серий и типов диаметром до 393,7 мм.

*Секционное* трехшарошечное долото выполняется с ниппельной присоединительной головкой 4 (рис. 2, 5) и состоит, так же как и эта головка, из трех секций, жестко соединяемых при помощи сварных швов 3. Соединение производится путем сопряжения плоских граней двугранного угла  $\gamma$  (рис. 2.1.12), которые, как правило, подвергают шлифовке.

Угол  $\gamma$  обычно составляет  $1/3$  окружности, т. е.  $120^\circ$ .

Фиксирование сопряженных граней и секций перед сваркой производится с помощью установочных (сборочных) штифтов, под которые в каждой лапе высверливаются глухие отверстия 1 диаметром  $d$ . При этом горизонтальные координаты  $B$  и  $D$  осей отверстий под штифт измеряются от вершины двугранного угла, как показано на рис. 2. Числовые значения этих координат зависят от номинального диаметра долота.

Вертикальная координата  $A$  оси штифтового отверстия 1 замеряется по вертикали относительно точки пересечения оси 2 цапфы с осью шариковой беговой дорожки (желобом) цапфы, лежащей на расстоянии  $B$ . От правильной разметки отверстий под штифты и качества выполнения сварных швов зависит разновысотность шарошек, которая влияет на работу долота на забое скважины, долговечность (стойкость) долота и проходку на долото.

Верхние сегментные части свариваемых секций и образуют присоединительную головку 4, на которой затем нарезается коническая наружная (ниппельная) резьба (рис. 2). Средняя часть долота составляет также единое целое в результате сваривания лап 3.

*Корпусное долото* (рис. 1) выпускается только больших (диаметром 393,7 мм и более) размеров.

Промывочная жидкость в корпусных долотах обычно подается через осевую полость и центральное промывочное отверстие 10. Однако такие долота могут быть снабжены струйными *соплами*, вмонтированными или над шарошками, в боковом промывочном канале, или как над шарошками, так и в осевом промывочном канале, одновременно. В настоящее время происходит постепенное сокращение ассортимента корпусных долот и переход на промышленный выпуск долот больших размеров в секционном исполнении.

## 2.2. Промывочный узел шарошечных долот

Шарошечные долота могут иметь следующие схемы очистки:

1. Центральная
2. Боковая (гидромониторная)
3. Комбинированная (центральная и боковая)

### ***Центральная схема очистки забоя***

Центральная промывка происходит через центральное отверстие в корпусе долота. Центральное отверстие может оснащаться твердосплавной насадкой. Центральные промывочные отверстия могут быть выполнены и в плите, укрепляемой в нижнем конце, корпуса долота.

Центральное промывочное устройство обычно состоит из широкой осевой ниппельной полости 1 (рис. 7) и представляющего собой ее продолжение центрального промывочного канала 2. Это устройство не позволяет достаточно хорошо очистить и охладить калибрующие элементы долота. Однако оно обеспечивает удовлетворительную очистку основных венцов шарошек, очищает центральную зону забоя скважин и способствует рациональной организации периферийных восходящих шламонесущих потоков. Центральная система промывки приводит к образованию мощного нисходящего потока, что весьма важно в условиях, когда к долоту подводится недостаточное количество промывочной жидкости. Долота серии ЦВ применяются главным образом с забойным двигателем при частоте вращения до  $13,5 \text{ с}^{-1}$ , но могут успешно использоваться и в роторном бурении.

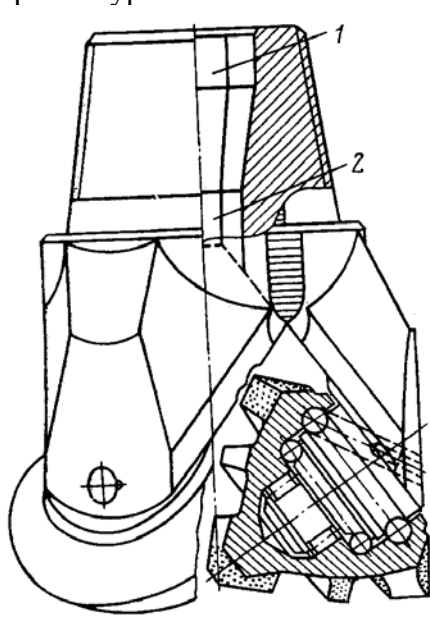


Рис. 7 Долото серии ЦВ

#### ***Боковая (гидромониторная) схема очистки забоя***

Такая очистка осуществляется через 3 боковых отверстия, оси которых направлены на периферию забоя, минуя шарошки. На выходе из указанных отверстий устанавливаются износостойкие сменные насадки. Стандартный ряд крепления твердосплавных насадок имеет внутренний диаметр от 6,4 до 22,2 мм.

Сопла закрепляют при помощи удерживающего замка (в данном случае стопорного кольца). Герметизация зазора между соплом и внутренней стенкой полости (гнездо пролива) обеспечивается обычно резиновым уплотнением (рис.5)

По форме струйные сопла и промывочные узлы в целом выполнялись в следующих модификациях: НГДУ, или НГ (рис. 8), НКВ, НГУ и НД.

Сопло НГ, как видно на рис.8, характеризуется крутым сужением его воронкообразной внутренней полости от входного отверстия до прямолинейного цилиндрического участка у выпускного отверстия под определенным радиусом, соизмеримым с диаметром входного отверстия. Наружная поверхность сопла этой (как НКВ) модификации выполняется гладкой цилиндрической. Это сопло герметизируется тороидальным резиновым кольцом 2, устанавливаемым во внутренний кольцевой паз на внутренней стенке промывочного канала 4 в лапе. Крепление производится пружинным стопорным кольцом 1. Такое сопло может устанавливаться в долота всех типов и размеров.

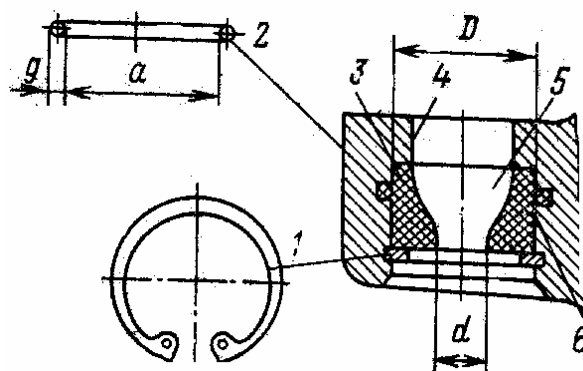


Рис.8 Сопло НГ и его крепление

Сопло модификации НКВ отличается от предыдущего увеличенной длиной (высотой) и значительно более пологим профилем внутренней стенки полости. Внутренняя полость этого сопла имеет форму раструба. Профиль стенки полости состоит из трех частей. Верхняя часть, приближенная к входному отверстию, изгибается под радиусом кривизны, большим (т. е. более пологим), чем у сопла НГ. Средняя часть, наиболее длинная, сужается под малым ( $2^\circ$ ) углом к образующей цилиндра, параллельной оси сопла. Нижняя, приближенная к выпускному отверстию, представляет собой цилиндр, расположенный концентрично оси сопла. Это сопло герметизируется цилиндрическим резиновым кольцом и крепится при помощи резьбовой торцевой муфты, которая ввинчивается в устье промывочного канала. На наружном торце муфты выполнены пазы под торцовый ключ, при помощи которого закрепляется и извлекается муфта с соплом. Сопла модификации НКВ применяются во всех моделях долот диаметром 215, 9мм, изготавливаемых АО «Волгобурмаш», за исключением лицензионных.

Материалом для изготовления насадок обеих модификаций служит минералокерамика 22ХС.

Лицензионные долота всех типов и размеров выпускаются с соплом НГУ. Сопло НГУ, в отличие от рассмотренных, выполняется с кольцевой канавкой на наружной поверхности под обводной стопорный крепежный шплинт, деформируемый при вводе в эту канавку и принимающий форму кольца. Кроме того, профиль внутренней полости этого сопла имеет сложную, в основном вогнуто-выпуклую конфигурацию. Средняя часть полости представлена конической поверхностью перехода от верхней вогнутой к нижней выпуклой. Сопло НГУ изготавливается на основе карбида вольфрама с кобальтовой связкой или маловольфрамовый сплав типа МВ-2.

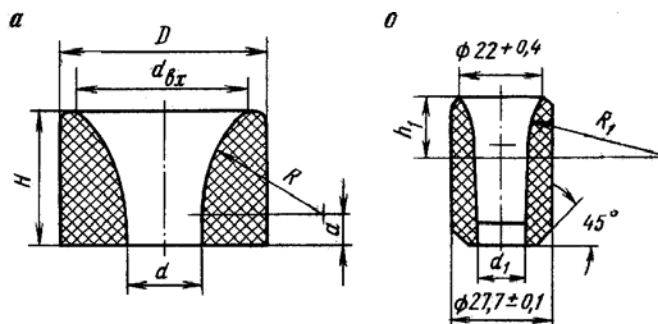


Рис. 9 Сопла НД (а) и НКВ (б)

Сопла модификации НД (рис. 9, а). выполняется укороченным с относительно крутым сужением внутреннего радиального профиля проходного канала, характеризующимся радиусом кривизны  $R$ . Значения этого и других параметров, обозначенных на рис. 9, а буквами  $D$ ,  $H$ ,  $d$ , зависят от номера (размера) сопла.

Струйные сопла применяются главным образом в долотах с боковыми промывочными каналами, т. е. предназначенными для боковой очистки забоя. Боковая схема очистки обеспечивает относительно хорошее смывание направленными струями периферийных венцов долота. На забой скважины промывочная жидкость попадает в основном через зазоры между зубьями (или зубками) шарошек. Струи, бьющие из боковых сопел, в значительной мере затрудняют формирование восходящих потоков, которые должны поднимать с забоя шлам и разрушенную породу, но очистка периферийных калибрующих венцов более эффективна, чем в долотах с центральной промывкой.

### ***Комбинированная (центральная и боковая) промывка***

Комбинированная схема промывки представлена лишь двумя боковыми и центральной насадками.



При ассиметричной схеме промывки (с двумя боковыми насадками) вместо третьего бокового прилива под насадку на одной из лап предусмотрено значительное свободное пространство для улучшения условий прохождения восходящего потока промывочной жидкости.

### 2.3. Схемы опор долот

Корпусные, так же как и секционные шарошечные, долота могут быть изготовлены с различными вариантами опоры шарошки. Самый распространенный вариант опоры— вариант, выполняемый по схеме РШС (рис. 2.). Этот вариант в отечественной практике обозначают литерой **Н**. Ранее эта литера обозначала долота для низкооборотного бурения. Но в последнее время практика бурения в различных районах страны показала, что долота с концевым узлом скольжения могут применяться и при среднеоборотном бурении с помощью винтовых забойных двигателей и турбобуров при частоте вращения до 400 об/мин. Опоры выполнены открытыми, на подшипниках качения – большом роликовом и шариковом (замковом), а также на одном радиальном и одном упорном подшипниках скольжения. Отсутствие герметизирующих элементов в данной серии позволяет выбрать максимальные габариты подшипниковых опор и тел качения, что обеспечивает высокую стойкость.

Серия «НУ» - среднеоборотные долота (до 300 об/мин) для бурения объемно-гидравлическими двигателями и ротором. Имеют маслonaполненную опору, герметизированную резинометаллическими манжетами или радиальными резиновыми кольцами, выполнены на подшипниках качения – большом роликовом и шариковом (замковом), а также на одном радиальном и одном упорном подшипниках скольжения. Поверхности радиального и упорного подшипников скольжения наплавлены твердым сплавом. В опоре предусмотрена система компенсации давления, выполненная в виде масляного резервуара в корпусе лапы, соединенного каналами с зонами трения в опоре.

Опора шарошки, включая два и более подшипников скольжения (как показано на рис. 4), обозначается буквой **А**. К этому варианту опоры относится опора, применяющаяся в долотах **ГАУ** с герметизированной маслonaполненной полостью шарошки. Буква **У** обозначает наличие уплотнения, точнее герметизирующего устройства (в виде манжеты, тороидального или другого кольца), перекрывающего кольцевой зазор между шарошкой и лапой долота. Такая опора является низкооборотной (до 150 об/мин). Маслonaполненные опоры герметизированы резиновыми кольцами круглого сечения, выполнены на двух радиальных и одном или двух упорных подшипниках скольжения, с шариковым (замковым) подшипником качения. Большой подшипник скольжения представлен втулкой из износостойкого антифрикционного сплава с низким

коэффициентом трения, запрессованной в шарошке и работающей в контакте с поверхностью цапфы, наплавленной твердым сплавом. Рабочие поверхности малого радиального и упорных подшипников также наплавлены твердым сплавом. Поверхности скольжения опоры шарошки могут покрываться серебром. В опоре предусмотрена система компенсации расхода смазки и, уравнивая давления, выполненная в виде масляного резервуара в корпусе лапы, соединенного каналами с зонами трения. В полость кармана помещены эластичная диафрагма, габаритный металлический стаканчик, предохраняющий диафрагму от разрывов при больших перепадах давления внутри опоры и в затрубном пространстве. В крышке резервуара, фиксируемой резиновым пружинным кольцом, предусмотрены отверстия, связывающие наружную поверхность диафрагмы с затрубным пространством. Высокая стойкость наплавленных твердым сплавом поверхностей скольжения, позволяет уменьшить объем опоры скольжения, позволяет уменьшить объем опоры скольжения и за счет этого значительно увеличить габариты корпусов шарошек для размещения на их поверхности крупных фрезерованных или вставных твердосплавных зубков.

Опора, выполненная на подшипниках только с телами качения (рис.1), обозначается буквой **В**, как предназначенная для высокооборотного бурения (до 600 об/мин). Опоры для турбинного бурения выполнены открытыми, на подшипниках качения – двух роликовых и одном шариковом (замковом), с упорным подшипником скольжения или без него. Как и в серии «Н», отсутствие герметизирующих элементов позволяет выбрать максимальные габариты цапфы лапы и тел качения, что очень важно для обеспечения высокой стойкости опор в условиях жестких форсированных режимов, характерных для высокооборотного бурения.

Опора шарошки может быть выполнена по схеме: РШР (рис. 1), ШШР (рис. 4), РШШ, ШШШ. Среди опор ШШР и ШШШ могут быть варианты с двумя шариковыми замками, т. е. ШзШзР и ШзШзШ. Возможны варианты опоры с двумя (в долотах малых размеров), четырьмя и пятью (в долотах большого размера) подшипниками качения. Однако в последнее время наибольшее предпочтение получает схема РШР.

Малый диаметр шариков и роликов позволяет значительно повысить прочность цапфы и корпуса шарошки, но ослабляет прочность самих тел качения. Увеличение длины роликов, особенно в большом подшипнике, приводит к их перекосу и выкрашиванию, то сокращает срок службы опоры и долота в целом. Ролики обычно применяют цилиндрические со скошенными или закругленными концами; в последнее время успешно используются укороченные ролики. Эти тела качения могут иметь форму усеченного конуса, быть бочкообразными и др.

### *Смазкоподающие и герметизирующие устройства*

Смазкоподающее 3 (рис. 10, а) и герметизирующее 7 устройство и система каналов 5, 6, 9 и зазоров 8 для подвода смазочного вещества к элементам опоры шарошки в процессе бурения. Смазочное вещество накапливается в резервуаре-лубликаторе 4, выполненном в лапе 1 и подается в смазочные каналы 5 под действием упругого диафрагменного колпачкового компенсатора 3, который деформируется при перепаде давлений, действующем со стороны промывочной жидкости, проникающей через отверстия в крышке 2, или же со стороны смазочного вещества.

Перед заполнением смазочной системы ее проверяют на герметичность. Смазочное вещество должно быть очищено от водных паров и пузырьков воздуха.

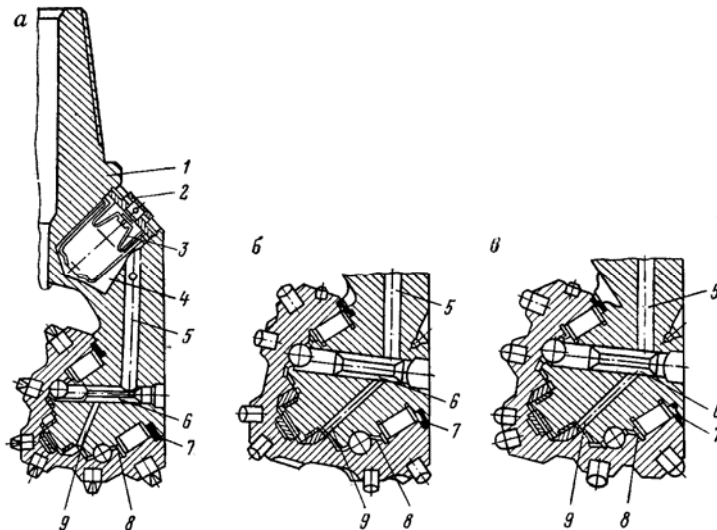


Рис.10 Секция долота серии ГНУ: а – типа СЗ; б – типа ТЗ; в – типа - ТКЗ

#### **2.4. Вооружение долот**

По типу вооружения долота бывают с фрезерованным, твердосплавным и комбинированным вооружением. В зависимости от вида вооружения долота соответственно являются долотами 1, 2 и 3 классов.

Высота породоразрушающих элементов или твердосплавных зубков, и их шаг по венцам максимальны в долотах, предназначенных для бурения мягких пород и изменяется до минимума в долотах для твердых пород.

#### ***Фрезерованное вооружение***

В долотах, предназначенных для разрушения малоабразивных пород, шарошки оснащены фрезерованными зубьями, наплавляемыми зерновым твердым сплавом.

Зубья образуются путем выполнения (выфрезеровывания) в каждом венце продольных (по образующим конуса) выемок 27 (рис. 4). Каждая из боковых стенок этой выемки является одновременно гранью зуба. Грань 28, расположенная в сторону направления вращения (показано стрелкой 24) долота, называется набегающей, а противоположная ей грань 26—сбегающей. Сопряжение обеих граней зуба называется рабочей кромкой 25.

Чем острее двугранный угол  $\gamma$ , тем эффективнее поражение забоя в мягких породах. Однако слишком острый угол уменьшает прочность зуба, что приводит к его скалыванию.

В долотах типа Г (для бурения твердых плотных пород) рабочая кромка преднамеренно выполняется в виде площадки притупления, что предупреждает разрушение зуба в процессе вращения шарошек. Ширина площадки притупления  $b$  колеблется в зависимости от плотности пород от 1 до 4 мм.

С изменением типа долота от М до Г в долотах диаметрами от 215,9 до 269,9 мм высота зуба на основных венцах уменьшается от 12—19 до 9—12 мм, а на периферийном—от 16—22 до 10—15 мм. Длину зуба 1 (ширину венца) во избежание его поломки обычно принимают не менее 5 мм.

В долотах типа МС длина зуба уменьшается по сравнению с долотом типа М в 1,3 раза, а в долотах типа С — в 1,5 раза.

Длину периферийного зуба устанавливают обычно на несколько миллиметров или вдвое большей, чем на основных венцах. Иногда зубья, чаще всего периферийного венца, выполняют с расфрезеровками с внутренней и (или) наружной стороны, что уменьшает длину рабочей кромки и повышает «агрессивность» (т. е. внедряемость в породу) этих зубьев. Одновременно этим самым увеличивается и ширина проходов, по которым может перемещаться охлаждающе-очищающая промывочная жидкость вместе со шламом.

В систему этих проходов входят кольцевые межвенцовые проточки и продольные выемки между зубьями. Чем шире проточки и выемки, тем более крупные куски разбуренной породы могут по ним перемещаться, но при увеличении ширины потоков уменьшается скорость течения промывочной жидкости.

Ширина продольной выемки определяет шаг зубьев, т. е. расстояние между одноименными его элементами, например между ребрами-вершинами рабочих кромок двух соседних зубьев одного и того же венца. Зубья основных венцов имеют обычно правильную клиновидную форму или призматическую с прямой рабочей кромкой. Периферийный же зуб, особенно в трехшарошечных долотах, иногда выполняется с Г-, Т-, П- или Ш-образной рабочей кромкой.

Шаг зубьев в двух- и трехшарошечных долотах первого класса в зависимости от типа и диаметра изменяется в довольно широких пределах: от 10—13 мм для долот типа Т диаметрами 93—151 мм до 50—60 мм в долотах типа М диаметрами 349,2—490 мм на основных венцах и от 12—15 мм в долотах типа Т диаметрами 93—151 мм до 65—80 мм в долотах типа М диаметрами 349,2—490 мм на периферийных венцах.

Вершина или лопатка шарошки (рис.3,4) обычно заходит за центральную ось долот на величину  $f$ . Это обеспечивает разрушение центральной зоны забоя скважины и предотвращает образование столбика керна между шарошками. Величина  $f$  обычно не превышает 15 мм.

У самоочищающихся долот без смещения осей шарошек венцы полностью не перекрывают забой скважины не только в двух-, но и в трехшарошечных долотах, так как для сборки и нормальной работы долота между сопряженными заходящими друг за друга венцами необходимо иметь гарантируемые зазоры. У долот со смещенными осями можно достичь большого перекрытия забоя, но неперекрытыми остаются участки забоя у его центра. Такие участки называют «воротниками».

Наплавочный материал на все поверхности зуба (боковые и торцевые поверхности и притупления), что способствует увеличению стойкости вооружения и долота в целом.

### ***Твердосплавное вооружение***

В долотах, предназначенных для разрушения абразивных пород, шарошки оснащаются твердосплавными вставными зубками с различными породоразрушающей поверхностью, диаметром, величиной выступания над телом шарошки. В качестве материала для их изготовления применяются твердые сплавы с высокими прочностными и противоизносными показателями.

Литера **З** в буквосочетании «МЗ» (так же как и в буквосочетаниях МСЗ, СЗ, ТЗ, ТКЗ) условно обозначает зубок вставной, твердосплавный.

Для вооружения основных венцов шарошек долота типа МЗ применяются зубки М (рис. 11, а), в опытных долотах—М2 (рис. 11,б), изготавливаемые из твердого сплава ВК11ВК. Они состоят из цилиндрического основания и головки клиновидно-конической формы. Обозначается зубок в зависимости от округленных значений его диаметра и общей высоты (длины)  $h$ . Например, **М 11Х17**, где М— вид (модификация) зубка, 11—округленный диаметр, мм; 17—округленная высота, мм. Точные значения:  $d=11,14$  мм,  $H=16,70$  мм. Диаметр зубка варьирует от 10,12 до 14,14 мм с предельным отклонением в меньшую сторону — 0,03 мм, а высота  $H$ —от 14,70 до 19,60 мм с предельным отклонением в меньшую сторону—0,15 мм.

Зубки, как и в долотах других типов второго и третьего класса, запрессовываются с натягом. По большинству венцов зубки устанавливаются в два ряда в ступенчатом (шахматном) порядке, что повышает агрессивность вооружения шарошки и способствует повышению удельного давления на забой. Зубки на каждой шарошке могут быть двух и более размеров по диаметру (а иногда и по высоте). Крупные зубки функционируют как опережающие и выполняют основную работу по углублению и калибровке скважины. Мелкие зубки выполняют вспомогательную роль, обеспечивая разрушение гребней, остающихся на забое между крупными зубками.

Необходимо отметить, что с повышением температуры снижается не только прочность, но и твердость материала зубка.

Для повышения сопротивляемости материала зубка при бурении абразивных пород, особенно в высокотемпературных скважинах, необходимо: повышать монолитность зубка, исключить в его теле поры, раковины, трещины и кливаж, минимизировать размеры зерен карбида вольфрама и кобальта, уменьшить содержание кобальта.

Немаловажную роль в работе долот с твердосплавными зубками играет их охлаждение и очистка от шлама. Для этого наружные поверхности шарошек долота типа МЗ выполняют с глубокими и широкими межвенцовыми проточками, придавая шарошкам выпукло-вогнутый пересеченный профиль. Некоторые модели долот типа МЗ проектируют с широкими полукруглыми расфрезерованиями (выемками) венцов в зонах запрессовки зубков.

Во избежание интенсивного износа обратных тыльных конусов шарошек абразивной породой, их армируют цилиндрическими твердосплавными вставками Г-54 (рис. 11, г), изготовленными из сплава ВК4В. Головка каждой такой вставки выполняется гладкой и запрессовывается почти вровень с поверхностью обратного конуса шарошки.

В качестве породоразрушающего элемента, армирующего венцы шарошки долота типа СЗ, в применяется зубок С, заменивший ранее применявшиеся зубки Г-25. Этот зубок, (рис. 12), характеризуется более притупленной вершиной, чем зубок М (рис.11,а). Конусность головки составляет  $40^\circ$ , а двугранный угол плоских срезов —  $68^\circ$ . Ширина притупления вершины зубка колеблется от 2,7 до 3,4 мм в зависимости от диаметра  $d$  зубка. Радиус  $R$  закругления вершины зубка с увеличением диаметра возрастает от 2,6 до 3,2 мм. Диаметр зубка варьирует от 8,12 до 14,14 мм при предельном отклонении ( в меньшую сторону) — 0,03 мм, а высота ( $H$ ) зубка—от 11,7 до 19,6 мм при предельном отклонении—0,15мм независимо от размера зубка. Пример обозначения размера зубка: **С11Х14** где 11 и 14 округленные значения  $d$  и  $H$ , в мм.

В долотах типа СЗ на кольцевых венцовых выступах между соседними зубками нередко вырезаются поперечные промывочные канавки, способствующие лучшему охлаждению зубков и лучшей очистке долота от шлама. Мелкими зубками оснащают вершину шарошек и некоторые основные венцы, а также нередко вспомогательный ряд периферийного венца третьей шарошки.

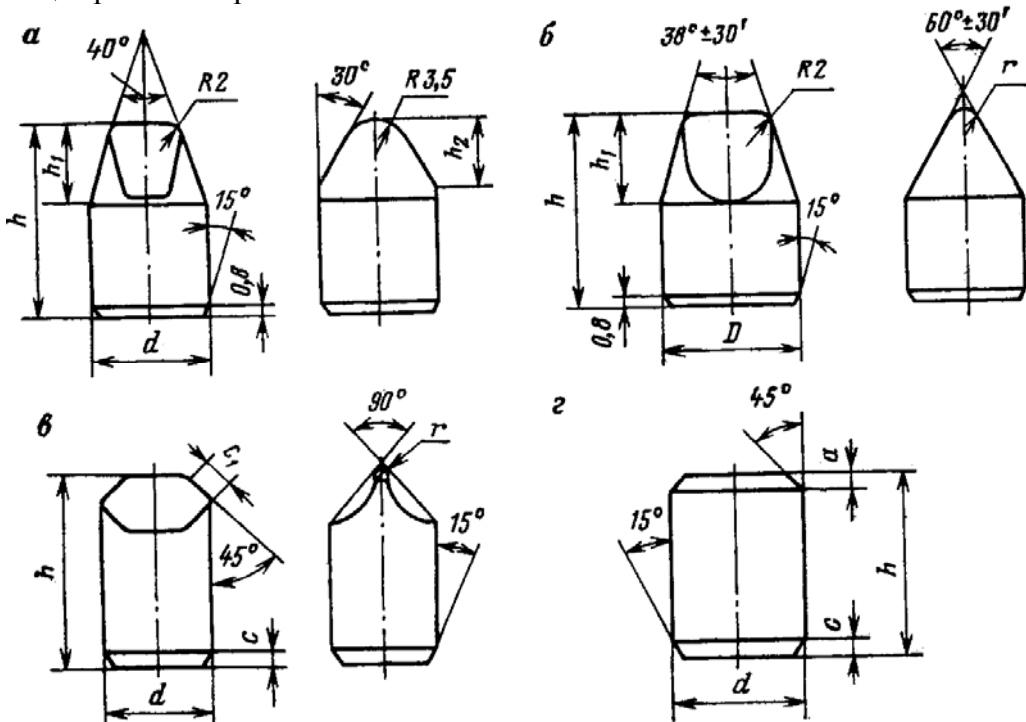


Рис. 11 Элементы вооружения долота типа МЗ: а – зубок М; б- зубок М2; в- зубок Г-25; г – твердосплавная вставка

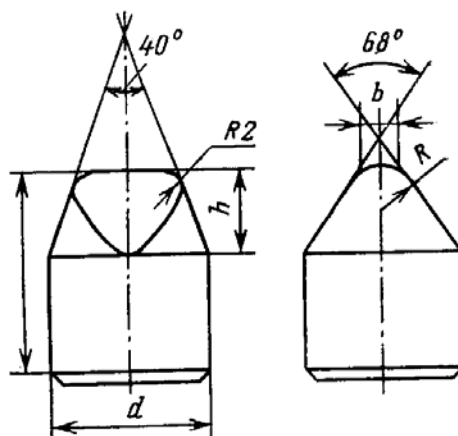


Рис.12 Зубок С

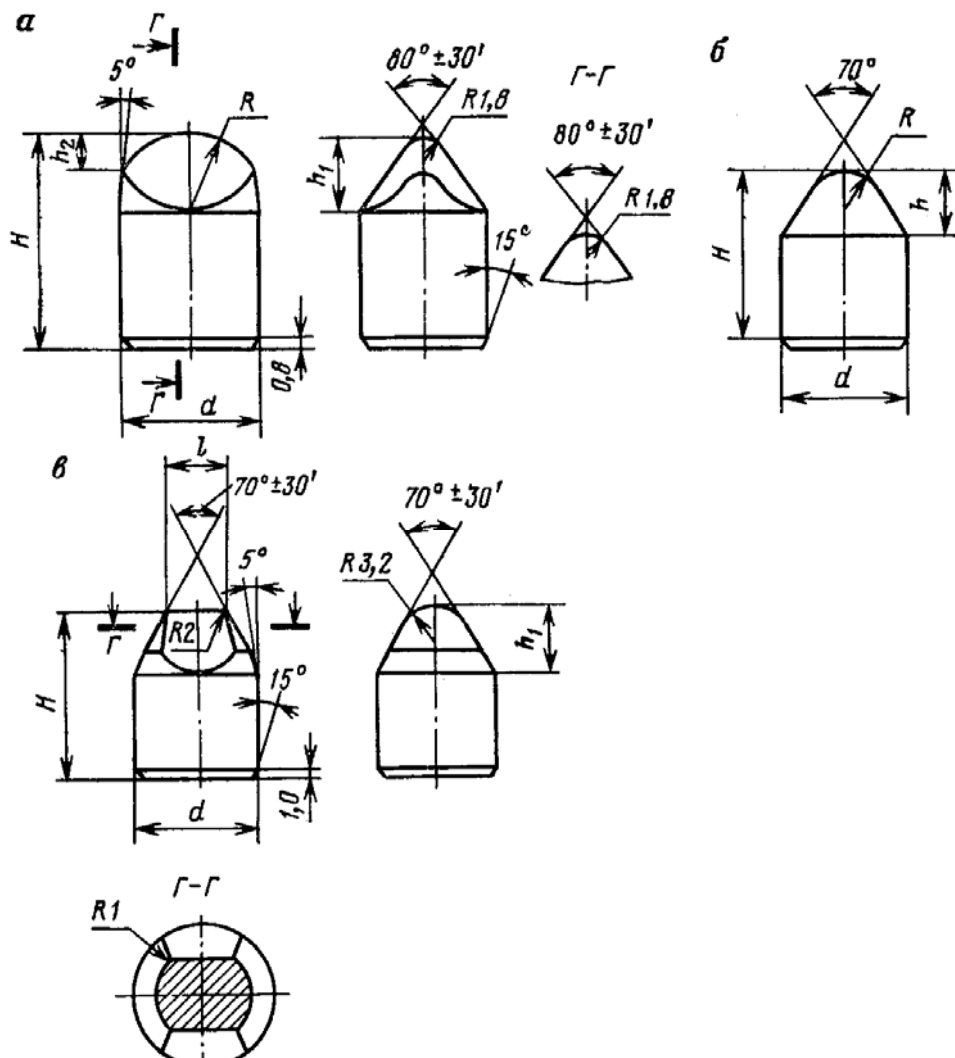


Рис.13 Элементы вооружения для долот типа ТЗ и ТКЗ: а – зубок Т; б – зубок К; в – зубок СТ

### 3. РАЗНОВИДНОСТИ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

#### 3.1. Одношарошечные долота

Эти долота относятся к одному классу (с твердосплавным вооружением) и одному типу СЗ (по старому обозначению С) - для средних пород.

Одношарошечное долото (рис.14) состоит из корпуса 1 с присоединительной резьбовой головкой 2, лапы 6 с цапфой 25, тел качения в виде шариков 13 и 17, шарошки 27. В корпусе выполняется наклонный промывочный канал 4, направляющий поток промывочной жидкости из колонны бурильных труб на вооружение шарошки, которое представлено вставными твердосплавными зубками 19. Каждый зубок состоит из головки 24 и хвостовика 23.



Присоединительная резьбовая головка 2 выполнена ниппельной и примыкает к упорному уступу 5 (торцу), присутствующему у долот всех разновидностей с ниппельной головкой. Резьба 3—коническая, выполняется с ГОСТ 20692—75 на долота шарошечные.

Шарошка 27 удерживается на цапфе 25 при помощи шариков 13, одна часть каждого из которых входит во внутреннюю беговую дорожку 14 цапфы, а другая — в наружную беговую дорожку 26 шарошки. Эта часть конструкции называется шариковым замком. Замковые шарики заводятся (после монтажа шарошки на цапфе) через проход 9 и фиксируются в своем рабочем положении при помощи замкового пальца, прихватываемого снаружи сварным швом 8.

Лапа выполняется со спинкой 7, имеющей, как и в других шарошечных долотах, форму прилива, и козырьком 10, выступающим за основание цапфы (сопряжение цапфы с лапой) и прикрывающим кольцевой зазор 28 между лапой и основанием 11 (нередко называемым также затылком) шарошки.

Рабочая наружная поверхность шарошки выполняется сферической с продольными промывочными канавками 16.

Шарошка располагается на цапфе таким образом, чтобы ее центр совпадал с точкой пересечения оси 20 долота с осью 21 цапфы. Ось цапфы и шарошки наклонена к оси долота под углом 30°. Опора шарошки в данной конструкции выполняется состоящей из большого подшипника скольжения 12, замкового шарикового подшипника 13, промежуточного подшипника скольжения 15, шарикового подшипника 17, концевой упорной подшипника скольжения 18. Схема этой опоры сокращенно обозначается СШСШС, где С — скольжение, Ш — шар.

Для армирования рабочей поверхности шарошки одношарошечного долота обычно применяют зубки с плосковыпуклой головкой, соответствующей форме Г23.

### ***Модификации одношарошечных долот по вариантам промывочных систем и вооружения шарошек***

На рис. 15 показаны основные модификации одношарошечных долот, освоенные промышленностью. Модификация с кольцевыми и продольными промывочными канавками обеспечивает усиленную очистку от шлама и охлаждение каждого зубка. Модификация долота с нижней промывкой способствует интенсивной очистке забоя, так как выпускное отверстие промывочного канала выведено в вершину шарошки. Модификация долота с удлиненными коническими зубками отличается наибольшей агрессивностью вооружения и должна способствовать повышению механической скорости проходки(рис. 14, а-г).

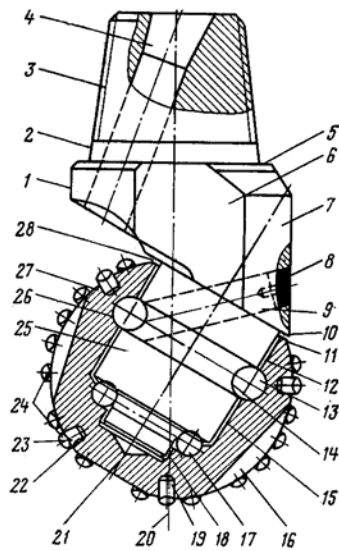


Рис.14. Конструкция одношарошечного долота

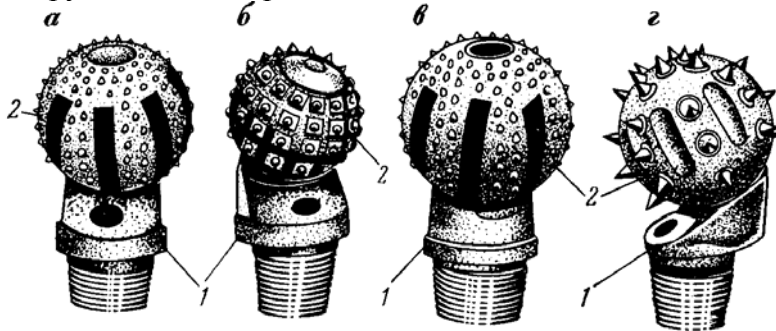


Рис.14. Модификации отечественных одношарошечных долот  
 а-основная (серийная); б-с кольцевыми расточками на шарошке; в-с нижней промывкой; г-с коническими зубками; 1-корпус долота; 2 – шарошка

Выпускаемые одношарошечные долота относятся к одному и тому же типу СЗ второго класса (со вставным твердосплавным вооружением). Выпускаются одной серией—Н.

Эти долота изготовлялись в четырех моделях: I 139,7СЗ-Н; I 161СЗ-Н; I 190,5СЗ-Н; I 215,9СЗ-Н. Предполагается изготавливать первые две модели в усовершенствованном варианте с герметизированной опорой шарошки. Цифра I обозначает одношарошечную разновидность; 139,7—номинальный диаметр долота в мм; СЗ—тип долота; Н—серию долота и модификацию по опоре шарошки.

Отклонение по диаметру в соответствии с действующим ГОСТ на долото шарошечные диаметрами от 93 до 349,2 мм допускается +0,8 мм.

### 3.2. Двухшарошечные долота

Эти долота применяют при бурении геологоразведочных скважин.

Модели двухшарошечных (рис.4) долот можно распределить на два класса, четыре типа и несколько модификаций, отличающихся одна от другой по схеме и конструкции промывочного узла либо опоры шарошек. Долота первого класса изготавливают двух типов - М и С.

Двухшарошечные долота типа М предназначены для бурения скважин сплошным забоем и в слабых, наиболее мягких и вязких нецементированных породах, таких как суглинки, слабые глины и мергели. Эти долота изготавливают трех типоразмеров: В112МГ, В132МГ и В151МГ.

Долото В112МГ выполняется двухсекционным. Секции сопрягаются плоскостями на фиксирующих штифтах и свариваются сварным швом. Угол наклона цапф к оси долота  $57^{\circ}30'$ . Опора каждой шарошки выполнена по схеме СШР, то есть подшипник скольжения - шарикоподшипник (замковый) - роликовый подшипник. Шарошки - самоочищающиеся со смещением их осей относительно осей долота на 3 мм. Фрезерованные зубья шарошек - крупные, заостренные, защищенные твердосплавной наплавкой. Такое вооружение обеспечивает наиболее высокую эффективность в очень мягких и вязких породах. Промывка - боковая. Промывочные каналы иногда оснащают металлокерамическими соплами, направляющими струи жидкости в зазоры между шарошками. Долото В132МГ состоит из двух сварных секций. Оси цапф и шарошек наклонены под углом  $57^{\circ}30'$  к оси долота. Опора шарошки выполнена по схеме ШШР. Один из шариковых подшипников (большой) - замковый. Шарошки - самоочищающиеся, оснащены крупными фрезерованными зубьями. Рабочие поверхности зубьев армированы зернистой твердосплавной наплавкой (релит ТЗ), а угол заострения зубьев изменяется в диапазоне  $48^{\circ}36' - 51^{\circ}50'$ . Промывочное устройство - боковое, со струйными соплами.

Примерно такой же конструкцией характеризуется долото В151МГ, но у него смещение осей шарошек относительно оси долота составляет 5 мм, а заострение зубьев  $45 - 49^{\circ}$ .

К типу С относятся долота 2В93С и 2В112СМ, предназначенные для бурения скважин в средних породах, таких как известняки, аргиллиты, алевролиты, уплотненные глины, мергели. Долото 2В93С состоит из двух сварных секций, плоскость прилегания которых расположена симметрично относительно шарошек.

Оси цапф шарошек наклонены под углом  $47^{\circ}30'$  к оси долота. Шарошки - самоочищающиеся. Опора шарошки состоит из двух подшипников скольжения и одного шарикового (замкового) подшипника. Вооружение шарошек представлено выфрезерованными стальными

зубьями, армированными релитом. Высота и шаг зубьев - средние, несколько меньше, чем у долот типа М. Промывка забоя - центральная, через одно отверстие круглого сечения.

Двухшарошечные долота второго класса, т. е. со вставным твердосплавным (штыревым) вооружением, выпускают типа К. Они предназначены для бурения скважин в крепких и абразивных породах. Долота указанного типа выпускают диаметрами 59, 76, 93 и 112 мм под шифрами 2Ш59К, В76К, 4В93К и Ш112К соответственно. Долота В76К, 4В93К и Ш112К отличаются от долота 2Ш59К в основном размерами своих элементов.

Двухшарошечные серийные долота неустойчивы и не сбалансированы, поэтому при бурении вертикальных скважин, особенно без калибраторов, они могут способствовать искривлению ствола скважины.

### **3.3. Трехшарошечные долота**

Трехшарошечные долота по количеству выпускаемых экземпляров они составляют около 90% всех буровых долот, выпускаемых в России. По своему ассортименту они превосходят все остальные долота.

Преимущества трехшарошечных долот, по сравнению с одно- и двухшарошечными, — их устойчивость на забое, хорошая вписываемость шарошек в круглое поперечное сечение скважины, удовлетворительное самоцентрирование, хорошая калибровка стенок скважины в процессе разрушения забоя, относительно небольшое естественное искривление ствола буримой им скважины.

К качеству и техническому уровню трехшарошечных долот предъявляются более жесткие требования на значения смещения осей цапф и их угла наклона к оси долота в зависимости от диаметра и типа долота; средние значения проходки на долото (как средней наработки до отказа) в зависимости от размера долота по диаметру, способа и интервала бурения; марка стали, из которой должны быть изготовлены лапы и шарошки долот.

Шарошки долот диаметрами от 215,9 до 295,3 мм изготавливаются из стали марки 16ХНЗНМА-Ш. Литые шарошки долот диаметром 269,9 мм и более типа М изготавливаются из стали марки 18ХН2МФЛ. Лапы долот диаметрами 215,9—295,3 мм с опорой качения изготавливаются только из стали марки 14ХНЗМА-Ш, а в случае выполнения с опорой скольжения — из той же стали или стали марки 22ХГНМА-Ш. Армирование зубьев шарошки и козырьков лап следует производить либо твердым наплавленным сплавом типа релит, либо композиционным сплавом на основе релита по ТУ 48-19-334—80. Толщина накладки по граням в долотах диаметром до 190,5 мм составляет 0,4—1,0 мм; в долотах 295,3 мм и более—0,7—1,5 мм, а по торцу зуба—от 0,3 до 1,4 мм в долотах всех размеров.

В качестве материала для изготовления фрикционных втулок 1 подшипника скольжения должна использоваться сталь 12Х17, а для изготовления подпятника 2—быстрорежущая сталь Р6М5.

В качестве материала для этих покрытий рекомендуется наплавочный твердый сплав ЗВ16К.

Отечественной промышленностью выпускаются трехшарошечные долота трех классов, 13 типов, нескольких десятков модификаций, 26 размеров, более 150 (включая опытные долота) моделей.

Наименьшее число типов, модификаций и моделей приходится на малые (диаметром 76-151 мм) и большие (диаметром 346-490 мм, особенно 445 и 490 мм) размеры.

В наиболее широком ассортименте (по числу серий, классов, типов, модификаций и моделей) изготавливают долота диаметром 190 (190,5) мм и особенно 214 (215,9) мм. Это объясняется наибольшим объемом проходки для указанных диаметров ствола скважины и многообразием свойств пород, встречающихся при бурении таких стволов.

К первому классу относятся пять типов долот со стальным выфрезерованным вооружением: М, МС, С, СТ и Т. Ко второму классу относятся долота шести типов со вставным твердосплавным или штыревым вооружением: МЗ, СЗ, ТЗ, ТКЗ, К и ОК.

Таблица 1 Основные размеры шарошечных долот для сплошного бурения (ГОСТ 20962-75)

Диаметр, мм		Высота, мм		Допустимая нагрузка на долото, кН, при бурении		Присоединительная резьба
				низкооборотном	высокооборотном	
номинальный	Предельное отклонение	долота (справ.)	замка			
1	2	3	4	5	6	7
46		90	40	30	-	3-33
59		110	45	40	-	3-41,5
76		120	50	50	-	3-42
95,2	+0,6	150		70	-	3-42
98,4		170		80	-	3-66
			76			
103		180		100	-	

продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
114,3		190		120	-	
120,6		200	89	140	-	3-76
132		210		150	-	
139,7		220		180	-	
142,8		240		190	-	
146		240		200	-	
149,2		250	95	200	-	3-88
152,4		260		220	-	
158,7		300		250	150	
165,1		310		250	150	
171,4		320		270	170	
187,3		320		300	200	
190,5	+0,8	330		300	200	
196,9		330		350	220	
200,0		340		350	220	3-177
212,7		340	108	380	250	
215,9		350		380	250	
222,3		360		400	280	
228,6		380		420	300	
244,5		390		450	320	
250,8		400		450	320	3-152
269,9		410		480	350	
295,3		420	127	500	400	
311,1		420		550	420	
320		440		600	450	
349,2		450		650	450	
374,6	+1,6	515		700	470	
393,7		530	133	700	470	3-177
444,5		600		800	500	
496,9		615		850	500	
490	+2,4	630	137	900	550	3-201
580		650		900	550	

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каким образом разделяются шарошечные долота по виду вооружения, расположению промывочных и продувочных каналов, конструкции опоры?
2. Написать условное обозначение одно-, двух-, трехшарошечных долот?

3. Основные отличия долота с цельнолитным корпусом от долот со сварным корпусом?
4. Объяснить, что такое многоконусные шарошки? Самоочищающиеся шарошки?
5. Рассказать общее устройство шарошечного долота.
6. Преимущества и недостатки центральной схемы промывки долот и боковой?
7. В каких модификациях изготавливаются струйные сопла долот?
8. Рассказать устройство маслonaполненной опоры долота? Условное обозначение?
9. Каким образом меняется высота и шаг фрезерованного вооружения в зависимости от твердости разбуриваемых пород?
10. Типы твердосплавного вооружения, применяемого в шарошечных долотах?

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин А.Г., Никитин Б.А., Солодкий К.М., Султанов Б.З. Бурение наклонных и горизонтальных скважин: Справочник; - М.: Недра, 1997. – 648 с.
2. Булатов А.И., Аветисов А.Г. Справочник по бурению: в 4 кн. Кн.3 – М.: Недра, 1995. – 320 с.
3. Масленников И.К. Буровой инструмент. Справочник. – М.: Недра, 1989. – 430 с.
4. Каталог горнодобывающего и нефтепромыслового оборудования ОАО «Волгобурмаш». – London: Caspain Communications Ltd, 1998. - 62 с.

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Машины и оборудование для бурения нефтяных и газовых скважин на суше» для студентов специальности 170200 (МОП) очной и заочной форм обучения

Составители: доцент, к.т.н.  
ассистент

А.Е. Анашкина  
М.Б. Грушевский

Подписано к печати  
Заказ №  
Формат 60x84 1/16  
Отпечатано на RISO GR 3750

Бум.писч. №1  
Уч. - изд. л. 2  
Усл. печ. л. 2  
Тираж 200 экз.

---

**Издательство “Нефтегазовый университет”**

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
“Тюменский государственный нефтегазовый университет”  
625000, г.Тюмень, ул.Володарского, 38  
Отдел оперативной полиграфии издательства “Нефтегазовый университет”,  
625000, Тюмень, ул.Володарского, 38