

Міністерство освіти і науки України  
Житомирський державний технологічний університет

**Р.В. Соболевський**  
**О.А. Зубченко**



## **ШАРОШКОВІ ДОЛОТА**

### **Методичні вказівки**

до практичної роботи  
з дисципліни

**"Гірничі машини та комплекси"**  
для студентів за напрямом підготовки  
**6.050301 "Гірництво"**

Житомир  
2013

Міністерство освіти і науки України  
Житомирський державний технологічний університет

**Р.В. Соболевський**  
**О.А. Зубченко**

## **ШАРОШКОВІ ДОЛОТА**

### **Методичні вказівки**

до практичної роботи  
з дисципліни

**"Гірничі машини та комплекси"**  
для студентів за напрямом підготовки  
**6.050301 "Гірництво"**

Затверджено на засіданні  
кафедри маркшейдерії  
Протокол № 1 від 10.01.2013

Затверджено на засіданні  
методичної ради ГЕФ  
Протокол № 1 від 11.01.2013

Житомир  
2013

УДК 622.1:622.221(075)

С54

Соболевський Р.В., Зубченко О.А. Шарошкові долота. Методичні вказівки до практичної роботи з дисципліни "Гірничі машини та комплекси" для студентів гірничо-екологічного факультету за напрямом підготовки 6.050301 "Гірництво". – Житомир : РВВ ЖДТУ, 2013. – 30 с.

Упорядники:

*Соболевський Руслан Вадимович* – кандидат технічних наук, доцент кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету

*Зубченко Олена Анатоліївна* – старший викладач кафедри геотехнологій ім. проф. Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету

Відповідальний за випуск:

*Назаренко Валентин Олексійович* – доктор технічних наук, завідувач кафедри маркшейдерії гірничо-екологічного факультету Житомирського державного технологічного університету

Рецензент:

*Криворучко Андрій Олексійович* – кандидат технічних наук, доцент кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету

## Зміст

Зміст .....	3
Вступ .....	4
1. Шарошкові долота.....	6
2. Будова шарошкового долота .....	7
3. Види шарошкових доліт.....	14
3.1. Одношарошкові долота .....	14
3.2. Двошарошкові долота .....	15
3.3. Тришарошкові долота .....	17
4. Класифікація шарошкових доліт за призначенням.....	20
5. Матеріали, які застосовують для виготовлення шарошкових доліт.....	23
5.1. Сталі, застосовувані для виготовлення деталей доліт .....	23
5.2. Тверді сплави для виготовлення зубців доліт.....	24
6. Визначення коефіцієнта зношування робочої поверхні долота і раціонального часу роботи долота на вибої .....	26
Графічна частина.....	27
Висновок .....	28
Список літератури.....	29

## Вступ

Буріння свердловин – це процес створення направленої гірничої виробки великої довжини і малого (порівняно з довжиною) діаметра. Початок свердловини на поверхні землі називають гирлом, дно – вибоєм.

Необхідно здійснювати якісне будівництво свердловин у зростаючих об'ємах при кратному зниженні строків їхнього проведення з метою забезпечення народного господарства країни корисними копалинами у зростаючих кількостях при зниженні трудо- і енергоємності та капітальних витрат.

Весь цикл будівництва свердловин до здачі їх в експлуатацію включає наступні основні послідовні ланки:

- 1) будівництво наземних споруд;
- 2) заглиблення свердловини, здійснення якого можливо тільки при виконанні двох паралельно реалізованих видів робіт – власне заглиблення і промивання свердловини;
- 3) роз'єднання шарів, яке складається із двох послідовних видів робіт: зміцнення (кріплення) свердловини трубами, які опускають з'єднаними в колону і тампонування (цементування) за колонного простору;
- 4) освоєння свердловин. Часто освоєння свердловин у сукупності з деякими іншими видами робіт (розкриття шару і кріплення привибійної зони, перфорація, виклик і інтенсифікація припливу флюїду тощо) називають закінченням свердловин.

Основними фізико-механічними властивостями гірських порід, які впливають на процес буріння, є: пружні і пластичні властивості, твердість, абразивність і суцільність. Основний вид деформації, під дією якої породи в процесі буріння руйнуються – вдавнення. При бурінні нафтових і газових свердловин основним інструментом, за допомогою якого відбувається руйнування гірської породи на вибої і утворюється власне свердловина, є долото.

За характером руйнування породи всі бурові долота класифікуються в такий спосіб.

1. Долота різально-сколювальної дії, породу лопатами, нахиленими вбік обертання долота. Призначені для розбурювання м'яких порід.

2. Долота дробильно-сколювальної дії, які руйнують породу зубами або штирями, розташованими на шарошках, які обертаються навколо своєї осі і навколо осі долота. При обертанні долота поряд з дробильною дією, зуби (штирі) шарошок, прослизуючи по вибою

свердловини, сколюють (зрізують) породу, за рахунок чого підвищується ефективність руйнування порід. Слід зазначити, що випускаються бурові долота і бурильні голівки тільки дробильної дії. При роботі цими долотами породи руйнуються в результаті динамічного впливу (ударів) зубів шарошок по вибою свердловини. Перераховані долота і бурильні голівки призначені для розбурювання неабразивних і абразивних середньої твердості, твердих, міцних і дуже міцних порід.

3. Долота стирально-різальної дії, які руйнують породу алмазними зернами або твердосплавними штирями, що розташовуються в торцевій частині долота або в кромках лопатей долота. Долота з алмазними зернами і твердосплавними штирями в торцевій частині застосовуються для буріння неабразивних порід середньої твердості і твердих. Долота лопатеві, армовані алмазними зернами або твердосплавними штирями – для розбурювання перемезованих за твердості абразивних і неабразивних порід.

За призначенням всі бурові долота класифікуються за трьома класами:

- долота для суцільного буріння, які руйнують породу в одній площині або східчато;
- бурильні голівки для колонкового буріння, які руйнують породу по периферії вибою;
- долота для спеціальних цілей (розширники, фрезери тощо).

Долота для суцільного буріння і бурильні голівки для колонкового буріння призначені для поглиблення свердловини. Випускаються вони різних типів, що дозволяє підбирати потрібне долото. Долота для спеціальних цілей призначені для роботи в пробуреній свердловині і в обсадній колоні.

Бурове долото зазнає при роботі значних статичних і динамічних осьових навантажень і дії змінного крутного моменту. Тому їх конструкція має бути розрахована на економічно обгрунтований термін служби, тому що долото є інструментом одноразового використання. Відновлення доліт економічно не виправдується при сучасній техніці їхнього виробництва. Спроби створення доліт зі змінними робочими органами дотепер не дали позитивних результатів.

## 1. Шарошкові долота

Шарошкові долота являють собою найбільш універсальний породоруйнівний буровий інструмент, оскільки область їх застосування охоплює практично все різноманіття гірських порід: від дуже м'яких до досить твердих.

У Росії, а також у США і інших закордонних країнах для буріння нафтових і газових свердловин в основному використовують шарошкові долота з конічними шарошками. Шарошкові долота призначені для суцільного буріння нафтових, газових і геологорозвідувальних свердловин, а також свердловин різного призначення в гірничодобувній промисловості і будівництві з очищенням вибою рідиною або повітрям.

Шарошкові долота мають наступні переваги порівняно з лопатевими:

- площа контакту шарошкових доліт з вибоєм значно менше, ніж у лопатевих доліт, але довжина їх робочих кромek більше, що значно підвищує ефективність руйнування гірських порід;
- шарошки долота перекочуються по вибою на відміну від леза лопатевого долота, що сковзають по ньому, внаслідок чого інтенсивність зношування зубів шарошок значно менше інтенсивності зношування лез лопатевих доліт;
- внаслідок перекочування шарошок по вибою крутний момент, який сприймається долотом, порівняно невеликий, тому небезпека заклинювання шарошкового долота зводиться до мінімуму.

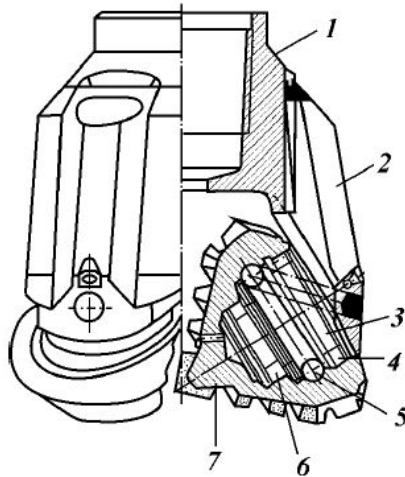
Для підвищення ресурсу доліт у їх конструкції використовуються опори ковзання і оснащують шарошки твердосплавними зубцями. Для найбільш важких умов експлуатації розроблені долота з елементами герметизації опор.

## 2. Будова шарошкового долота

Шарошкові долота виготовляють із різною кількістю шарошок. У свою чергу, шарошки можуть бути одно-, дво- і триконусними зі зсувом або без зсуву осі обертання щодо осі долота. Незважаючи на їхню велику розмаїтість, конструктивно шарошкові долота не значно відрізняються.

Шарошкове долото – складний механізм. У процесі його виготовлення забезпечується виконання 414 розмірів. Розмірні ланцюги доліт складаються з 224 ланок, геометрично пов'язаних лінійними і кутовими розмірами з різними системами допусків і посадок. Залежно від розмірів долото виготовляють секційним або суцільно корпусним.

Найпростіша конструкція корпусного тришарошкового долота (на відміну від секційного і безкорпусного) із центральним промиванням зображена на *рис. 1* (без сопел) і на *рис. 2* (із соплами).



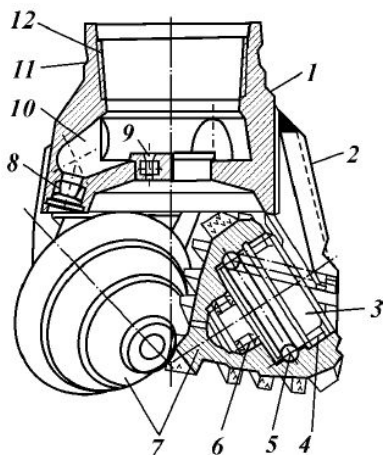
**Рис. 1.** Корпусне шарошкове долото Д394С

Долото складається з наступних основних вузлів: литого корпуса 1, лабетів 2, вузла опор, який включає цапфу 3 і підшипники 4—6,



шарошок 7 і очищувального або промивального вузла. До складу останнього можуть входити сопла 8 і 9, що формують високонапірний потік бурового розчину, а також канали 10 (рис. 2), просвердлені в корпусі 1. Верхня частина 11 корпуса називається приєднувальною голівкою, тому що вона служить для приєднання до нижнього кінця бурильної колони. У цьому випадку вона виконана у вигляді муфти із внутрішньою конічною різьбою 12.

На нижній частині корпуса 1 передбачені пази, у які вставляють лабети 2 з змонтованими шарошками. Лабети приварюють до корпуса 1 міцними зварними швами.



**Рис. 2. Корпусне шарошкове долото ДЗ94Г**

Конструкція, зображена на рис. 1, характерна для вітчизняних доліт діаметром 394 мм і більше; більшість тришарошкових доліт виконуються секційними. Зовнішній вигляд і внутрішні елементи секційного тришарошкового долота показані відповідно на рис. 3 і рис. 4.

Секційне шарошкове долото збирається із секцій, які зварюють разом по всьому зовнішньому контуру сполучних поверхонь. При цьому верхні сегментні частини секцій утворюють приєднувальну голівку 1, на якій потім нарізується конічна зовнішня (ніпельна) різьба

(див. рис. 3). Середня частина долота становить також єдине ціле в результаті зварювання лабетів 3. На зовнішній поверхні лабетів 3 передбачені приливки 12, кромки і ребра жорсткості, а також округлі напівциліндрові приливки («бобишки») 2 під промивні сопла (насадки) 10.

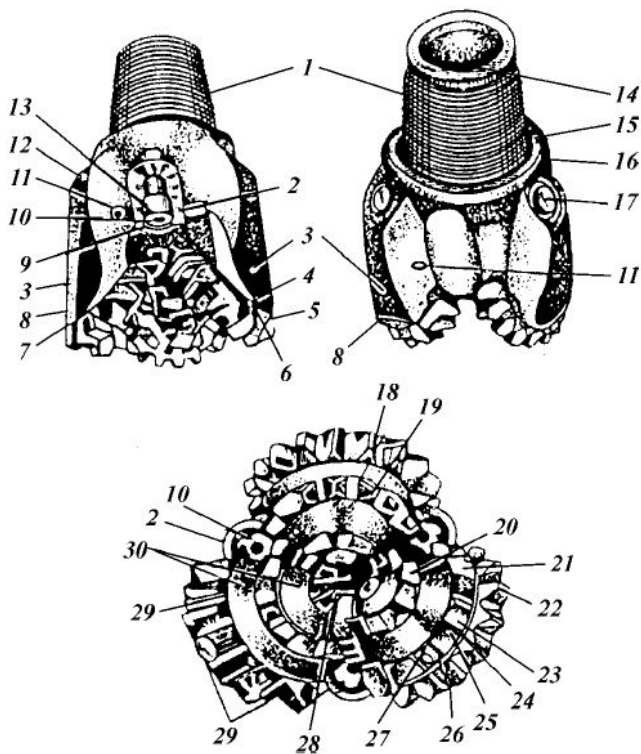


Рис. 3. Секційне тришарошкове долото типу XV

В СНД сопла виготовляють з металокерамічного матеріалу. Сопла 10 закріплюють за допомогою утримуючого замка (у цьому випадку стопорного кільця 9). Герметизація зазору між соплом і внутрішньою стінкою порожнини (гніздо протоки 2) забезпечується гумовим ущільненням 13. Козирок 7 лабети (як і в наведеному

випадку) захищається антиабразивним покриттям 8, наближеним до торця 4 шарошки і її тильної частини 6, яку часто називають зворотним конусом. На тильній частині 6 шарошки також наплавляють захисне покриття з стійкою до абразивного зношування калібрувальною поверхнею 5, розділеною однією з конічних поверхонь корпусу шарошки. Вершина першої шарошки в цьому випадку, як і в долота зі сталевим оснащенням деяких інших типів, виконується з лопатеподібними елементами і називається лопаткою 28.

Ряд породоруйнівних елементів, розташованих приблизно по одній окружності, називається вінцем. Вінець 22, який перебуває на периферії (у підставі) шарошки, називається периферійним або калібрувальним, оскільки він не тільки поглиблює вибій, але і калібрує стінку свердловини. Середні 21 і приверхові 20 вінці прийнятий називати основними. Основними конусами шарошок умовно іменують конічні поверхні, які перебувають не на тильній, а на передній (основній) стороні шарошки, ближче до вершини.

Розрізняють також проміжні додаткові конуси, розташовані між основним і зворотним конусом у дво- і триконусних шарошках.

Частина конуса 16 шарошки, розташована між двома вінцями, називається міжвінцевим розточенням 30. Якщо вона виконується у вигляді вузького, але значного заглиблення між вінцевими пасками, над якими виступають робочі породоруйнівні елементи, то в цьому випадку її іноді називають кільцевою канавкою.

Сталевий фрезерований породоруйнівний елемент шарошки прийнято називати зубом або рідше зубцем, а твердосплавний вставний (виготовлений з карбідовольфраму) – зубцем або штирем 29 (див. *рис. 3*). Заглиблення між двома сусідніми зубами, розташованими на одному і тому ж вінці, називають виїмкою 23. Значну виїмку, утворену на місці одного-двох зрізаних зубів або збоку одного з них, прийнято називати вифрезуванням.

Нижня частина 18 зуба – основа, а верхня 19 – вершина.

Поверхню зуба 26, звернену до периферії – до периферійного вінця шарошки, прийнято називати зовнішньою стороною, а поверхню 27, звернену до вершини, – внутрішньою стороною зуба. Поверхня 25, звернена по напрямку обертання шарошки, називається такою, яка набігає або передньою гранню (рідше передньою стороною або

переднім крилом зуба), а поверхня 24, спрямована в протилежну сторону, – тильною або задньою гранню (стороною). Робочі поверхні сталевих зубів шарошки і інших швидкозношуваних елементів долота нерідко захищаються наплавним антиабразивним покриттям.

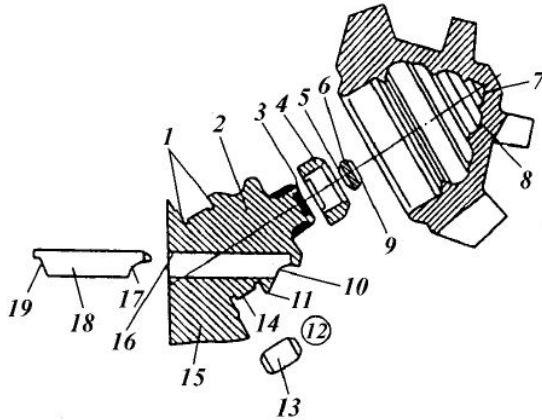
На верхньому торці приєднувальної голівки 1 вибивають розмір, заводський номер і тип долота, товарний знак і номер партії доліт.

Широкий прохідний канал, обмежений внутрішніми стінками голівки 1, прийнято називати внутрішньою порожниною 14 долота, а заплічки 5 – упорним уступом (торцем), який має скошену фаску.

На *рис. 3* видно також кришку 17 компенсатора і запобіжний скидальний зворотний клапан 11 автономної герметизованої примусової системи змащування елементів опори шарошки.

Внутрішні елементи долота зображені на *рис. 4* і *рис. 5*, а кришка або пробка 20 компенсатора 25 — на *рис. 5*. Опора шарошки долота складається з консольної цапфи 2, яка становить єдине ціле з лапою 15, і підшипників, які дозволяють шарошці при обертанні долота вільно обертатися щодо цапфи і передавати осьові і радіальні навантаження. Один з підшипників одночасно з відзначеними функціями виконує також роль замикаючого, фіксуючого пристрою, який втримує шарошку на цапфі від поздовжнього зсуву. Тому такий підшипник називають замковим. Зазвичай, він виконується у вигляді шарикопідшипника 12. Його кулі заводяться у відповідне гніздо через циліндричний прохід 16, який просвердлений в цапфі і замикається після їх установки спеціальною деталлю, яку називають замковим пальцем 18. Ця деталь має форму штиря 7, а виконує роль пробки, що заходить у прохід і не дозволяє кулям викочуватися з бігової доріжки 10.

У пальці 18 на одному його кінці (передньому) виточується сферичний виріз 17, який точно відповідає (при спільній обробці пальця із цапфою) профілю внутрішньої бігової доріжки 10 замкового підшипника, а на іншому – канавка 19 під зварювальний шов, який фіксує правильне положення пальця і перешкоджає його зсуву і випаданню.



**Рис. 4. Елементи опори шарошки**

По обидва боки замкового підшипника монтують великий і малий підшипники. Великий підшипник у багатьох вітчизняних і закордонних доліт складається з бігової доріжки 14, роликів 13 і напрямних площин 1. Він відокремлюється від замкового кулькового підшипника буртиком 11.

Малий підшипник найчастіше виконується у вигляді підшипника ковзання із втулкою 4, який впресовується в гніздо 8 висвердлене в шарощі. Втулку 4 часто називають фрикційною. Торцева (кінцева) 3 і бічна поверхні цапфи на ділянці цього підшипника, як правило, наплавляються тонким антиабразивним покриттям.

До складу опори, як правило, входить також підшипник 9 у вигляді планшайби з накаткою 6 по бічній поверхні і зі шліфованим дном 5. Під'ятник упресовують у відповідне йому гніздо 7, висвердлене в дні шарошки. Його нерідко називають кінцевим упорним підшипником, однак під кінцевим підшипником також мається на увазі малий підшипник із фрикційною втулкою 4 або весь комплекс елементів ковзання, включаючи втулку 4 і під'ятник 9.

У випадку, якщо опора долота герметизирована (див. рис. 5) у її склад найчастіше включають також сальникове ущільнення 23, гнучку діафрагму 21 (яка є основною деталлю компенсатора), заповнюваний

мастилом резервуар (або лубрикатор) 24, канали для мастила 22 і кришку або пробку 20, яка перекриває порожнину резервуара 24.

У Російській Федерації для буріння нафтових свердловин випускаються одно-, дво- і тришаршкові долота.

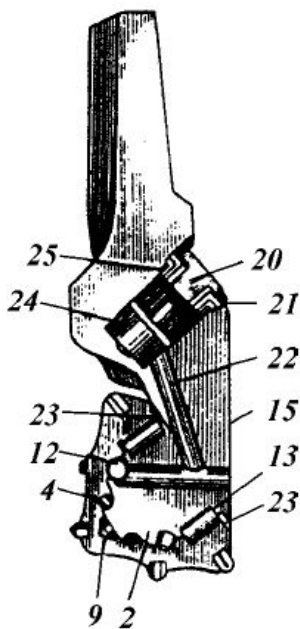


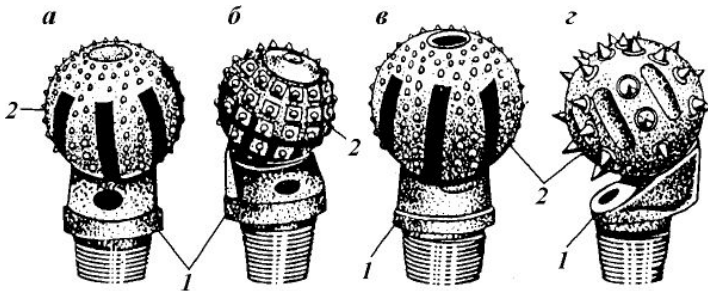
Рис. 5. Секція долота з герметизованою опорою

### 3. Види шарошкових доліт

#### 3.1. Одношарошкові долота

Ці долота розроблені в ПівКавНДП. Всі вони відносяться до одного класу (із твердосплавним оснащенням) і одному типу СЗ (по колишньому позначенню С1) – для середніх, переважно карбонатних, крихких порід, таких як доломіти, конгломерати, вапняки тощо.

За своїми конструктивними особливостями вони діляться на модифікації, зображені на *рис. 6*. Одношарошкове долото складається з корпусу із приєднувальною голівкою, лапи і сферичної шарошки. Промивний пристрій у вигляді наскрізного периферичного отвору висвердлюється в лапі недалеко від основи цапфи, який направляє струмінь розчину по дотичній до поверхні шарошки.



**Рис. 6. Модифікація вітчизняних одношарошкових доліт:**

*а* – основна (серійна); *б* – з кільцевими розточеннями на шарошці;

*в* – з нижнім промиванням; *г* – з конічними зубцями;

*1* – корпус долота; *2* – шарошка

Корпус виконаний зі стовщеною консольною лапою, виготовленою з цапфою, вісь якої нахилена під кутом  $30^\circ$  до осі долота.

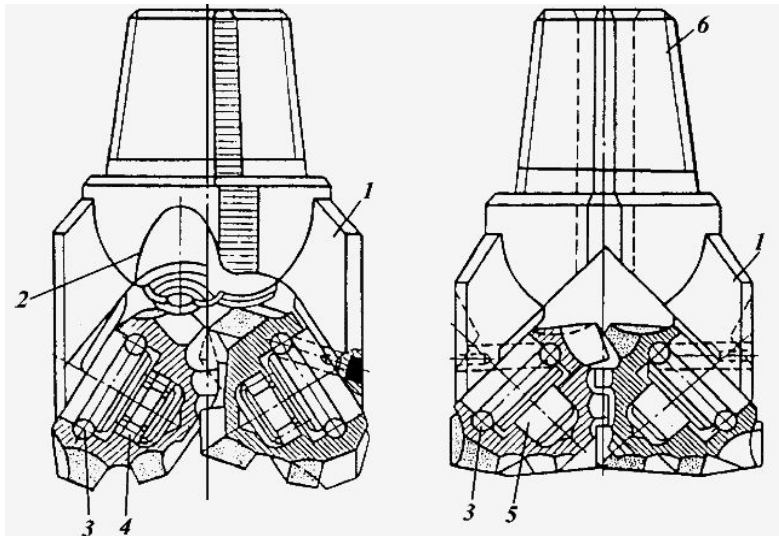
Опора включає два шарикопідшипники, один із яких виконується замковим, і два підшипники ковзання. У новому долоті основні навантаження несуть шарикопідшипники.

### 3.2. Двошаршкові долота

Ці долота розробляє СКБ «Геотехніка» разом з Верхнесергінським долотним заводом. Їх застосовують головним чином при бурінні геологорозвідувальних свердловин.

Сучасні моделі двошаршкових доліт можна розподілити на два класи, чотири типи і кілька модифікацій, які відрізняються одна від іншої за схемою і конструкцією промивного вузла або опори шарошок.

Долота першого класу виготовляють двох типів – М і С.



**Рис. 7. Двошаршкові долота:**

*1 – секція герметизованої опори долота;*

*2, 6 – бічні і центральне промивні отвори;*

*3, 4, 5 – підшипники кульковий, роликівий і ковзання відповідно*

Двошаршкові долота типу М призначені для буріння свердловин суцільним вибоєм і в слабких, найбільш м'яких і в'язких незцементованих породах, таких як суглинки, слабкі глини і мергелі. Ці долота виготовляють трьох типорозмірів: В112МГ, В132МГ і В151МГ.



Долото В112МГ виконується двосекційним. Секції сполучаються площинами на фіксуючих штифтах і зварюються зварним швом. Кут нахилу цапф до осі долота  $57^{\circ}30'$ . Опора кожної шарошки виконана за схемою "КШР", тобто підшипник ковзання – шарикопідшипник (замковий) – роликівий підшипник. Шарошки – самоочисні зі зсувом їхніх осей щодо осей долота на 3 мм.

Фрезеровані зуби шарошок – великі, загострені, захищені твердосплавним наплавленням. Таке оснащення забезпечує найбільш високу ефективність в дуже м'яких і в'язких породах. Промивання – бічне. Промивні канали іноді оснащують металокерамічними соплами, які направляють струмені рідини в зазори між шарошками.

Долото В132МГ складається із двох зварних секцій. Осі цапф і шарошок нахилені під кутом  $57^{\circ}30'$  до осі долота. Опора шарошки виконана за схемою "ШШР". Один з кулькових підшипників (великий) – замковий. Шарошки – самоочисні, оснащені великими фрезерованими зубами. Робочі поверхні зубів армовані зернистим твердосплавним наплавленням (реліт Т3), а кут загострення зубів змінюється в діапазоні  $48^{\circ}36'$ – $51^{\circ}50'$ . Промивний пристрій – бічний, зі струминними соплами.

Приблизно такою ж конструкцією характеризується долото В151МГ, але в нього зсув осей шарошок щодо осі долота становить 5 мм, а загострення зубів  $45$ – $49^{\circ}$ .

До типу С відносяться долота 2В93С і 2В112СМ, призначені для буріння свердловин у середніх породах, таких як вапняки, аргіліти, алевроліти, ущільнені глини, мергелі. Долото 2В93С складається із двох зварних секцій, площа прилягання яких розташована симетрично щодо шарошок.

Осі цапф шарошок нахилені під кутом  $47^{\circ}30'$  до осі долота. Шарошки – самоочисні. Опора шарошки складається із двох підшипників ковзання і одного кулькового (замкового) підшипника. Оснащення шарошок представлене фрезерованими сталевими зубами, армованими релітом. Висота і крок зубів – середні, трохи менше, ніж у доліт типу М. Промивання вибою – центральне, через один отвір круглого перетину.

Долото 2В112С по опорі шарошки аналогічно долоту В112МГ, а по озброєнню і промивному пристрою – долоту 2В93С. Однак у долота 2В112С кут нахилу цапф до осі долота становить 50°.

Двошарошкові долота другого класу, тобто зі вставним твердосплавним (штировим) оснащенням, випускають типу К. Вони призначені для буріння свердловин у міцних і абразивних породах. Долота зазначеного типу випускають діаметрами 59, 76, 93 і 112 мм під шифрами 2Ш59ДО, В76ДО, 4В93К і Ш112К відповідно. Долота В76К, 4В93К і Ш112К відрізняються від долота 2Ш59К розмірами своїх елементів.

### **3.3. Тришарошкові долота**

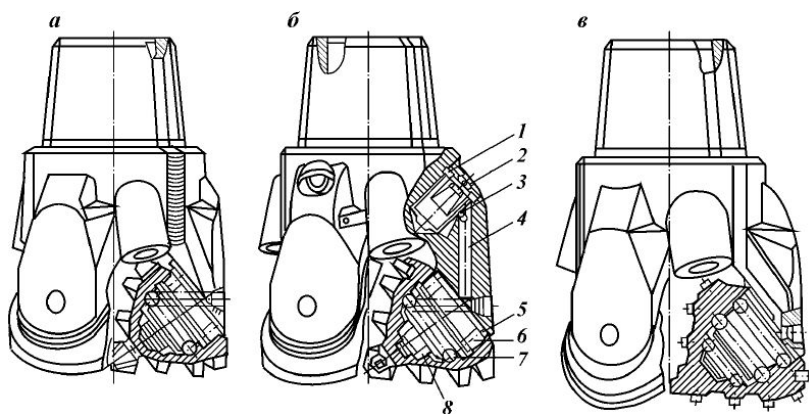
Сучасні вітчизняні долота зазначеного різновиду можна розділити на шість серій: 1АН; 2АН або ГНУ; 1АВ; дослідну 2АВ; 3АН (ГАУ); долота які в конструктивному і якісному відношенні відповідають галузевій нормалі ОН-26-02-128-69 і відрізняються від інших цілими (без десятих часток міліметра) числовими значеннями номінального діаметра в їхньому шифрі, наприклад, В97С, В118Т, Д394МГ тощо.

Долота кожної з перерахованих серій можуть бути будь-якого класу (тобто зі сталевим фрезерованим, штировим або комбінованим оснащенням шарошок), будь-якого типу і будь-якої модифікації. Розходження проявляються в технології їхнього виготовлення, а також у конструкції опори і їхніх елементів і частково в розмірах доліт.

Долота серії 1АН призначаються переважно для низькообертового (на що вказує літера Н у позначенні серії) способу буріння.

Їх застосовують при роторному бурінні з гвинтовим або іншим забійним двигуном, який обертає долото з відносно невисокою частотою обертання (до 350 об/хв.). Долота даної серії характеризуються підвищеною точністю виготовлення (літера А в позначенні серії), подовженою приєднувальною різьбою, а також відкритою, не захищеною від шламу негерметизованою опорою, виконаною за схемою "РШК" (точніше, великий роликотпідшипник – замковий шарикотпідшипник – вузол ковзання, який складається з радіального і торцевого фрикційних підшипників (рис. 8, а). Перші долота серії 1АН були розроблені у ВНДБТ.

Долота серії 2АН призначені для низькообертового (40–250 об/хв.) способу буріння. Їхня опора, як і в доліт серії 1АН, виконана за схемою "РШК". Відмінність полягає в тому, що ця опора виготовлена герметизованою і включає пристрій для примусової подачі мастила до елементів тертя в процесі буріння. З цією метою в спинці лабети кожної секції долота висвердлюють карман 1 (рис. 8, б), який слугує резервуаром-лубрикатором і перекриваючою кришкою 2 після заповнення його мастилом і установа в нього еластичного компенсатора 3. Під тиском бурового розчину, який проникає в компенсатор через бічний отвір у кришці 2, мастило проштовхується до мастильного каналу 4 до підшипників 6–8. Витоку мастила з порожнини шарошки перешкоджає чепцеве ущільнення 5, яке перекриває зазор між шарошкою і цапфою.



**Рис. 8. Тришарошкові долота**

Головна особливість цих доліт полягає в тому, що їх виготовляють із опорою, яка складається тільки з підшипників кочення. Опора може бути виконана за схемою "ШШШ" (рис. 8, а), за схемою "РШР" і "ШШР" (в основному в долотах діаметром до 190 мм); опора негерметизована.

Вітчизняною промисловістю випускаються тришарошкові долота трьох класів, 13 типів, декількох десятків модифікацій, 26 розмірів, більше 150 (включаючи дослідні долота) моделей.

Найменше число типів, модифікацій і моделей припадає на малі (діаметром 76–151 мм) і великі (діаметром 346–490 мм, особливо 445 і 490 мм) розміри.

У найбільш широкому асортименті (по числу серій, класів, типів, модифікацій і моделей) виготовляють долота діаметром 190 (190,5) мм і особливо 214 (215,9) мм. Це пояснюється найбільшим об'ємом проходки для зазначених діаметрів свердловин і різноманіттям властивостей порід, що зустрічаються при бурінні.

Сопла виконують двох модифікацій: НД або НКВ (рис. 9). Сопло НД виконується вкороченим з відносно крутим звуженням внутрішнього радіального профілю прохідного каналу, що характеризується радіусом кривизни  $R$ . Значення цього і іншого параметрів, позначених на рис. 9, залежать від номера (розміру) сопла.

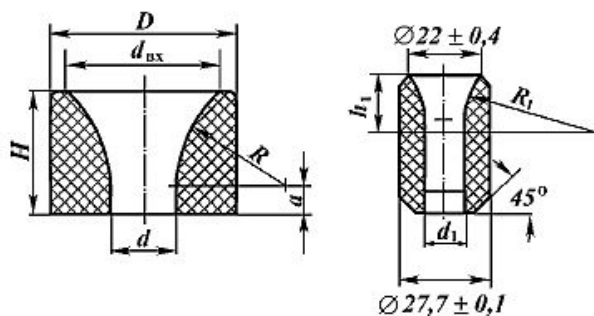


Рис. 9. Сопла (насадки) для шарошкових доліт марок НД і НКВ

Більшість доліт з опорою кочення нині випускається відповідно до ГОСТ 20692-75 серії 1АВ. У цьому випадку вони позначаються літерою В наприкінці шифру, наприклад, долота ІІІ 215,9 КПВ.

#### 4. Класифікація шарошкових доліт за призначенням

Теоретично для кожної гірської породи має бути долото, здатне найбільш ефективно її руйнувати. Однак неможливо мати на оснащенні стільки типів доліт, скільки існує різновидів гірських порід з різними фізико-механічними властивостями. На практиці застосовують долота, які забезпечують високу ефективність у певній групі порід.

Вибір найкращого долота для конкретних умов буріння є найважливішим чинником оптимізації і зниження вартості бурових робіт. Дійсний класифікатор складений для полегшення процесу вибору доліт і є всеосяжним, але в той же час простим у застосуванні довідником з класифікації і зіставлення закордонних і вітчизняних шарошкових доліт. Долота в таблиці класифікатора розділені на два класи: долота із фрезерованим оснащенням і долота із твердосплавним оснащенням. У межах класів долота розділені за типами відповідно до ГОСТ 20692-75.

До першого класу відносяться п'ять типів зі сталевим фрезерованим оснащенням: М, МС, С, СТ і Т. Найменування типу збігається з першою буквою в шифрі після цифрового позначення діаметра, що характеризує основну властивість порід.

Долота типу М призначені для буріння свердловин у м'яких і в'язких породах, характеризованих низьким опором стискання і роздавлюванню (піски, пухкі глини, суглинки, супіски, мерзлі глинисті ґрунти, лід тощо).

Долота типу МС використовують для буріння свердловини в середньом'яких нещільних породах, які займають за своїми механічними властивостями проміжне положення між м'якими і середніми породами, або для буріння свердловин у м'яких породах, які перемежуються прошарками середніх порід (не дуже щільні глини, крейда, кам'яні солі, гіпс, слабкі вапняки тощо).

Долота типу С призначені для розбурювання порід середньої міцності (аргіліти, щільні глини, алеволіти, слабкі мергелі тощо).

Долота типу СТ застосовують для буріння в породах, які займають за властивостями проміжне положення між середніми і твердими, а також для розбурювання середніх порід, які перемежуються

твердими прошарками (щільні мергелі, нещільні алевроліти із глинистим поровим цементом, піщаники, пористі, органігенні вапняки, різні ангідриди, в'язкі сланці тощо).

Долота типу Т призначені для буріння свердловин у твердих, щільних і тріщинуватих породах (щільні алевроліти, глинисті сланці, доломіти, конгломерати твердих і інших формацій, різні піщаники тощо).

До другого класу відносяться долота шести типів зі вставним твердосплавним або штировим оснащенням: МЗ, СЗ, ТЗ, ТКЗ, К і ОК.

Літера З у позначенні типів МЗ, СЗ, ТЗ, ТКЗ, а також МСЗ наступного класу вказує на те, що оснащення шарошок доліт даних типів представлено твердосплавними зубами з загостреною клиноподібною голівкою.

Долота типу МЗ спроектовані для буріння свердловин у м'яких абразивних породах (пухкі і слабкі піщаники, піщанисті глини), а також у різних за сполуками нещільних формаціях, які перемежуються прошарками слабозцементованих піщаників і алевролітів.

Долота типу СЗ призначені для буріння середніх абразивних порід (піщаники середньої щільності, щільні піщанисті породи, алевроліти абразивні тощо). Однак ці долота можна застосовувати і при розбурюванні звичайних м'яких, середньом'яких, середніх і перемежованих порід.

Долота типу ТЗ призначені для буріння середньотвердих і твердих абразивних порід (щільні піщаники, піщанисті доломіти, слабкокварцовані вапняки і алевроліти тощо). Ці долота можна застосовувати і при розбурюванні середніх порід, які перемежуються більш твердими.

Долота типу ТКЗ спроектовані для буріння твердоміцних абразивних порід (щільні піщаники, доломіти, слабкокварцовані вапняки і доломіти, кременисті сланці тощо). Їх можна застосовувати і для розбурювання твердих порід, які перемежуються прошарками міцних.

Долота типу К призначені для буріння свердловин у міцних абразивних породах (граніти, діабазы, окварцовані доломіти, порфірити, пірити, дуже міцні піщаники тощо).

Долота типу ОК мало відрізняються від доліт типу К. Вони призначені для буріння свердловин у дуже міцних і дуже абразивних породах (кварцити, зливний кварц, джеспіліти, таконіти, кремій, міцні порфірити тощо). Ці долота застосовують головним чином у гірничорудній промисловості. Вони мають саме потужне твердосплавне оснащення, яке здійснює дробильно-сколювальну дію на породи вибою.

Долота типу МСЗ розроблені для буріння порід середньої абразивності (слабкозцементовані піщаники, піщанисті мергелі, напівабразивні піщано-глинисті моренні відкладення, нетверді карбонатні породи, які перемежуються з прошарками піщаників і алевролітів тощо). Ці долота можуть розбурювати також неабразивні м'які, середні і середньої твердості формації (супіски, суглинки, крейду, глини, аргіліти, вапняки тощо).

Долота типу ТК призначені для буріння твердоміцних порід (конгломерати, дуже щільні глини, тверді вапняки, доломіти, глинисті сланці тощо). Цими долотами також можна розбурювати середні, тверді і тріщинуваті породи.

## **5. Матеріали, які застосовують для виготовлення шарошкових доліт**

Довговічність шарошкових доліт визначає ефективність процесу поглиблення свердловин, при цьому їх міцність і зносостійкість багато в чому визначаються правильним вибором і якістю сталей і інших конструкційних і зміцнювальних металів і сплавів, гум і мастил.

У зв'язку з тим, що бурові долота експлуатуються у винятково тяжких умовах, підбір сталей і інших матеріалів має бути суворо диференційований для кожного окремого елемента долота – від тіл кочення і підшипників ковзання до корпусів лабетів, шарошок і армувальних твердосплавних наплавлень.

Опора лабети долота – цапфа, на якій обертається шарошка, піддається впливу значних статичних і динамічних навантажень. Особливості умов роботи цапфи характеризуються контактнo-утомним зношуванням у випадку негерметизованої опори. Тому сталь, яка використовується для виготовлення лабети долота, має забезпечувати високу міцність і в'язкість у поєднанні з високою контактнoю витривалістю і хорошою зносостійкістю. Крім того, конструктивні особливості бурових доліт обумовлюють необхідність хорошої зварюваності матеріалу лабетів.

### ***5.1. Сталі, застосовувані для виготовлення деталей доліт***

До матеріалу корпусу шарошки, особливо із твердосплавним оснащенням, пред'являється не менш складний комплекс вимог, оскільки він має забезпечувати надійне утримання твердосплавних зубців, які закріплюють в отворах шарошки способом холодного запресовування.

Основні матеріали (сталі), передбачені ОСТ 26-02-1315-84 для виготовлення лабетів і шарошок доліт наведені в *табл. 1*.



## 5.2. Тверді сплави для виготовлення зубців доліт

Не менш важливим матеріалом у виробництві високоякісних шарошкових доліт є вольфрамокобальтові тверді сплави, застосовувані для виготовлення зубців і армування зубів фрезерованих шарошок, козирків лабетів і інших частин долота, що піддаються в процесі роботи абразивному зношуванню.

Таблиця 1

### Сталі, застосовувані для виготовлення деталей доліт

Найменування деталі	Діаметр долота, мм	Марка сталі
Долото з опорою ковзання		
Шарошка	46,0–212,7	17 НЗМА-Ш
	215,9–295,3	16ХНЗМА-Ш
	311,1 і більше	18ХНЗМА
Лапа	46,0–151,0	14ХНЗМА-Ш
	158,7–212,7	22ХГНМА-Ш
	215,9	22ХГНМА-Ш
		14ХНЗМА-Ш
	222,3–295,3	22ХГНМА
	311,1 і більше	14ХНЗМА
14Х2НЗМА		
Долото з опорою кочення		
Шарошка	112,0–190,5	17НЗМА-Ш
	215,9–295,3	16ХНЗМА-Ш
		16ХНЗМФА
311,1 і більше	18ХНЗМА	
Лапа	112,0–190,5	14ХНЗМА-Ш
	215,9–295,3	14ХЗМА-Ш
	311,1 і більше	14ХНЗМА
14Х2НЗМА		

Відповідно до ОСТ 26-02-1315-84 твердосплавні зубці мають виготовляти зі сплавів марок: ВК-4В, ВК8-ВК і ВК11-ВК, сплавів ВК-4В і ВК8-ВК виготовляють зубці форми Г-54 із плоскою вершиною, використовуювані для армування зворотних конусів шарошок і козирків

лабетів. Зі сплаву ВК11-ВК виготовляють зубці всіх інших форморозмірів: від Г26 зі сферичною голівкою, застосовуваних у долотах для буріння дуже міцних порід, до клиноподібних типу М, застосовуваних у долотах для буріння м'яких абразивних порід.

На відміну від сталей для виготовлення лабетів і шарошок та твердих сплавів для виготовлення зубців, матеріали, використовувані у великому підшипнику ковзання доліт з герметизованою опорою більш різноманітні. І якщо робочу (навантажену) поверхню цапфи більшість виробників доліт наплаває твердим сплавом типу стеліт (вітчизняні аналоги – ЗВ16К, ЗВ14К-Б) то відповідна поверхня шарошки (або проміжної втулки) відрізняється як конструкцією, так і матеріалом.

## 6. Визначення коефіцієнта зношування робочої поверхні долота і раціонального часу роботи долота на вибої

*Завдання:* визначити коефіцієнт зношування робочої поверхні шарошкового долота.

*Вихідні дані:* за перші 15 хв. роботи цим долотом свердловина була поглиблена на 7 м і за наступні 15 хв. на 6 м.

*Рішення:* Коефіцієнт зношування робочої поверхні долота  $\theta_z$  характеризує темп падіння миттєвої механічної швидкості в процесі роботи долота на вибої і являє собою зворотну величину логарифмічного декременту убування зазначеної швидкості. Значення  $\theta_z$  залежить від абразивних властивостей породи, зношуваності робочої поверхні долота і параметрів режиму буріння. Значення  $\theta_z$  можна визначити дослідним шляхом, скориставшись формулою:

$$\theta_z = 2,3 \cdot \frac{\lg \frac{h_1}{h_2 - h_1}}{t_{61}},$$

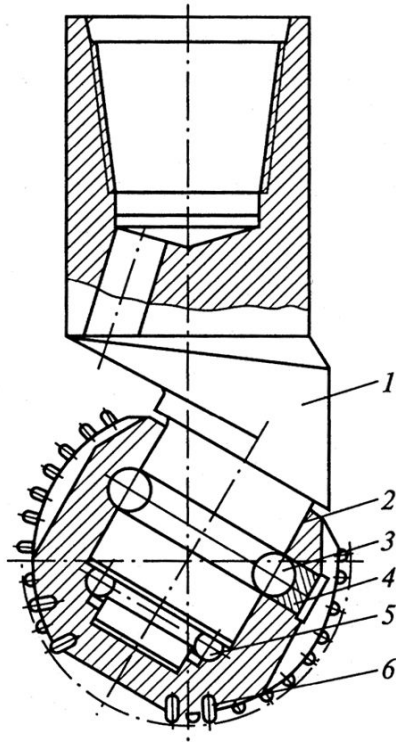
де  $h_1$  – проходка, виконувана долотом у даному рейсі за час  $t_{61}$ ;

$h_2$  – те ж, за час  $t_{62} = 2t_{61}$ ;

Підставляючи дані, отримуємо:

$$\theta_z = 2,3 \cdot \frac{\lg \frac{7}{13 - 7}}{0,25} = 0,67.$$

## Графічна частина



**Рис. 10. Одношарошкове долото:**

*1 – лапа; 2 – шарошка; 3, 5 – кульки;  
4 – палець; 6 – твердосплавний зубець*

## Висновок

При бурінні свердловин основним інструментом, за допомогою якого відбувається руйнування гірської породи на вибої і утворюється власне свердловина, є долото.

Шарошкові долота являють собою найбільш універсальний породоруйнуючий буровий інструмент, оскільки область їхнього застосування охоплює практично все різноманіття гірських порід: від дуже м'яких до досить твердих.

Для підвищення ресурсу доліт у їхній конструкції використовуються опори ковзання і оснащення шарошок твердосплавними зубцями. Для найбільш важких умов експлуатації розроблені долота з елементами герметизації опор.

По конструктивному виконанню корпуса шарошкові долота поділяються на:

- корпусні, застосовувані для буріння свердловин великого діаметра
- секційні (безкорпусні), які складаються із двох (трьох) зварених між собою секцій.

Основні конструктивні особливості доліт:

- конструкція шарошок;
- схема опор;
- система промивних пристроїв;
- наплавлення зубів твердим сплавом;
- оснащення шарошок твердосплавними зубами;

Основні конструктивні параметри доліт:

- розташування на осі шарошок стосовно осі долота і вершин шарошок щодо осі долота;
- величина кута нахилу осей шарошок до осі долота;
- кількість конусів на шарошках
- розташування вінців зубів;
- геометричні параметри зубів.

Долота типу К характеризуються ударною дією оснащення на вибій, який руйнується і призначені для буріння твердих і досить твердих порід.

Долота типу ТК і Т характеризуються ударно-сколювальною дією оснащення на руйнований вибій. Ці долота призначені для буріння твердих порід і твердих з прошарками дуже твердих.

Долота типу СТ і С характеризуються сколювальною дією оснащення на руйновані породи. Шарошкові долота цього типу призначені для буріння порід середньої твердості з прошарками твердих порід.

Долота типу М характеризуються різально-сколювальною дією оснащення на породу. Ці долота призначені для буріння свердловин у м'яких породах з прошарками порід середньої твердості.

### Список літератури

1. Абубакиров В.Ф., Архангельский В.А., Буримов Ю.Г. и др. Буровое оборудование: Справочник: В 2-х т. – М.: Недра, 2000. – Т. 1. – 232 с.
2. Близунов В.Ю., Браженцев А.В., Близунов Вит.Ю., Серебряков И.С., Сухоруков Ю.А. Современные конструкции шарошечных долот, изготовленных по новым технологиям конверсионного производства // НТЖ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М.: ВНИИОЭНГ, 2002. – № 7–8. – С. 130–142.
3. Богомолов Р.М. Методы повышения эффективности разрушения горных пород при бурении скважин шарошечными долотами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – М., 2001. – 16 с.
4. Браженцев А.В., Кусов А.Е. Долота малого диаметра для нефтегазового бурения. Новые разработки «СКВ Доломит», обеспечивающие снижение стоимости бурения // Сборник трудов ОАО НПО «Бурение». – Краснодар: 1999. – Вып. 3.
5. Элишевский И.В. «Типовые задачи и расчеты в бурении». – М.: Недра, 1974 г. – 180 с.

Навчальне видання

**Соболевський Руслан Вадимович  
Зубченко Олена Анатоліївна**

## **ШАРОШКОВІ ДОЛОТА**

Методичні вказівки  
до практичної роботи  
з дисципліни "Гірничі машини та комплекси"  
для студентів за напрямом підготовки  
6.050301 "Гірництво"

Редактор	<i>Р.В. Соболевський</i>
Технічний редактор	<i>О. А. Зубченко</i>
Комп'ютерна верстка	<i>О. А. Зубченко</i>

---

Підп. до друку 12.03.2013. Формат 60×90 1/16. Папір офс.  
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 1,9. Наклад 50 пр.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єктів видавничої справи  
ЖТ № 08 від 26.03.2004

---

Редакційно-видавничий відділ  
Житомирського державного технологічного університету  
вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005