



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **83284** (13) **C2**  
(51) **МПК (2006)**  
**E21B 10/08**  
**E21B 10/22 (2006.01)**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) **ШАРОШКОВЕ ДОЛОТО**

1

(21) а200609285  
(22) 23.08.2006  
(46) 25.06.2008, Бюл.№ 12, 2008 р.  
(72) СТЕПАНЮК АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, UA, ПО-  
ТАСЬ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ, UA  
(73) СТЕПАНЮК АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, UA, ПО-  
ТАСЬ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ, UA  
(56) WO 2005021923, 10.03.2005  
SU 1010247, 07.04.1983  
SU 1229297, 07.05.1986  
UA 53296, 15.01.2003  
RU 2136836, 10.09.1999

2

(57) Шарошкове долото, яке містить шарошки, змонтовані на цапфах лап за допомогою опор кочення, кожна з яких складається з двох типових радіально-упорних конічних роликопідшипників - кінцевого та замкового периферійного, яке **відрізняється** тим, що опора кожної шарошки додатково оснащена третім типовим радіально-упорним конічним роликопідшипником, укріпленим в середній частині цапфи таким чином, що вершина конуса підшипника орієнтована у напрямку вершини шарошки, при цьому кінцевий та середній підшипники утворюють замкову пару у протилежному напрямку відносно замкового периферійного підшипника.

Винахід відноситься до породоруйнівного інструмента, а саме - до бурових шарошкових доліт, і може бути використаний при бурінні свердловин для потреб нафтової, газової та гірничорудної промисловості.

Відоме шарошкове долото [Рекламний каталог ЗАТ Дрогобицький долотний завод. ПВП «Світло й тінь», с. 3-9. Львів, 2004 р.], яке містить лапи з цапфами, на котрих встановлені герметичні безсепараторні підшипникові опори, кожна з яких містить великий і малий радіальні підшипники з циліндричними роликами, замковий шарикопідшипник та упорну п'яту, з допомогою яких на цапфах змонтовані конічні шарошки з озброєнням.

Суттєвим недоліком шарошкових доліт традиційної схеми є катастрофічне низька довготривалість опор шарошок. Традиційна опора шарошкового долота має вигляд трирядного безсепараторного підшипника кочення, змонтованого за схемою: ролик-кулька-ролик. Розміри такого підшипника жорстко обмежені габаритами конічної шарошки і явно недостатні для того, щоб забезпечити передачу на шарошку такого радіального навантаження, яке є оптимальним для руйнування конкретної гірської породи. Більш того, радіальне навантаження в опорі сприймає тільки два підшипники з трьох наявних, а саме: великий (периферійний) та малий (кінцевий) радіальні підшипники з циліндричними роликами. Замковий

шарикопідшипник та упорний підшипник ковзання сприймають тільки осьове навантаження. Радіальні роликопідшипники опори шарошки працюють в умовах граничних або надмірних навантажень, через що середня довготривалість серійних шарошкових доліт дуже низька. Так, наприклад, під час буріння твердих гірських порід ( $f=16$  за шкалою М. М. Протодяконова) ресурс долота становить 12-16 годин машинного часу [Степанюк А. И. Расчет износа элементов опоры шарошечного долота. Депонированная рукопись № 136-79 от 12.01.1979 г. ВИНТИ. Депонированные рукописи. Библиографический указатель, №4, 1979 г.]. Понад 80 % шарошкових доліт виходить з ладу достроково через руйнування однієї з трьох шарошок, при загальній зношеності інших складових частин долота в межах 60-70 %. Такі долота не підлягають відновленню.

Відоме бурове шарошкове долото [А. С. СРСР № 1170108, МПК<sup>4</sup>: E21B10/22, опубл. 30.07.1985 р., бюлетень № 28], що містить секції (лапи) з цапфами, на кожній з яких за допомогою замкового шарикопідшипника, розміщеного біля основи цапфи, середнього конічного та кінцевого роликових підшипників змонтована шарошка, при цьому кінцевий роликовий підшипник виготовлений конічним, з кутом нахилу осей його роликів до осі цапфи меншим, чим у середнього, а відстань від осі долота до точок перетину осей роликів підшипни-

(13) **C2**

(11) **83284**

(19) **UA**

ків з віссю цапфи пов'язаний з діаметром долота D залежністю

$$d_k/D=0,03-0,15; d_c/D=0,05-0,10,$$

де:  $d_k$  та  $d_c$  - відстань від осі долота до точок перетину осей роликів відповідно кінцевого та середнього підшипників з віссю цапфи.

Однак відоме долото має наступні недоліки:

- в конструкції долота в якості периферійного підшипника (як відомо, найбільш навантаженого) застосований замковий шарикопідшипник. Він розміщений біля основи цапфи, хоч і не призначений, і непридатний для передачі радіального навантаження на шарошку. При цьому відомо, що при наявності в опорі шарошки двох радіальних роликотопідшипників, саме периферійний роликотопідшипник сприймає 60-65 % навантаження на шарошку (Степанюк А. И. Расчет износа элементов шарошечного долота. Деп.).

- в конструкції долота через відсутність в периферійній частині опори такого підшипника, який здатний сприймати радіальні навантаження, ці навантаження автоматично передаватимуться на середній конічний роликотопідшипник, для якого вони будуть надмірними. При цьому в зоні контакту конічних роликів з нижньою частиною доріжки кочення на цапфі середнього підшипника будуть виникати напруження, величина яких перевищить межу міцності металу цапфи;

- всі підшипники опори шарошки не мають сепараторів, через що тіла кочення під час роботи долота мають силовий контакт не тільки з доріжками кочення, а й між собою, що як відомо збільшує зношування тіл кочення на 12-15 %.

Найбільш близьким рішенням по технічній сутності й ефекту, що досягається, є бурове шарошкове долото [авторське свідоцтво СРСР № 1229297. МПК<sup>4</sup>: E21B10/22, опубл.07.05.1986 р. Бюлетень № 17], яке містить шарошки, змонтовані на цапгах лап з допомогою замкового шарикопідшипника та двох роликотопідшипників, при цьому обидва роликотопідшипники виготовлені конічними, замковий шарикопідшипник розміщений між ними, а співвідношення діаметрів найбільших торців конічних роликотопідшипників біля основи цапфи  $d_0$  (мм) до діаметра долота D (мм) знаходиться в межах

$$D_0/D=0,050-0,070; d_k/D=0,040-0,060$$

Бурове шарошкове долото має наступні недоліки:

- радіальну складову навантаження на шарошку сприймають тільки два підшипники з трьох наявних в опорі, що не дозволяє забезпечити оптимальний режим буріння, особливо в твердих гірських породах, тому що вантажопідйомність опор шарошок відомого долота завідомо недостатня;

- всі підшипники кочення опори шарошки не мають сепараторів, тому тіла кочення під час роботи контактують не тільки з доріжками кочення, а й між собою, що приводить до додаткового зношування, як тіл кочення, так і опори в цілому;

- зношені або заклинені шарошки можливо демонтувати з опор тільки шляхом висвердлювання замкових пальців та вилучення кульок замкового підшипника, або шляхом розрізання корпусів

шарошок на декілька частин, що приводить до руйнування опор і виключає можливість ремонту та відновлення зношених доліт, які використовують в гірничорудній промисловості.

В основу винаходу поставлена задача суттєвого підвищення ефективності та довговічності бурового долота за рахунок збільшення вантажопідйомності опор кочення його шарошок.

Поставлена задача вирішується тим, що в шарошковому долоті, яке містить шарошки, змонтовані на цапгах лап з допомогою опор кочення, виготовлених у вигляді замкового шарикопідшипника та двох роликотопідшипників, орієнтованих вершинами конусів в напрямку осі обертання долота, відповідно до винаходу, опора кожної шарошки містить великий, середній та малий типові радіально-упорні конічні роликотопідшипники із зовнішніми та внутрішніми кільцями, конічними роликами та сепараторами, при цьому великий роликотопідшипник жорстко укріплений на цапфі безпосередньо біля циліндричного виступу основи цапфи таким чином, що вершина конуса підшипника повернута у напрямку основи цапфи, на циліндричному виступі якої змонтована наскрізна кришка, оснащена ущільнюючим пристроєм.

Опора кожної шарошки виготовлена у вигляді комбінації з двох протилежно орієнтованих радіально-упорних конічних роликотопідшипників та одного радіального підшипника з циліндричними роликами, при цьому більший з конічних роликотопідшипників орієнтований вершиною свого конуса у напрямку основи цапфи й жорстко укріплений на ній.

Малий підшипник кожної шарошки виготовлений у вигляді не типового радіально-упорного конічного роликотопідшипника, оснащеного сепаратором, а доріжки кочення підшипника виготовлені безпосередньо на цапфі та в порожнині шарошки.

Середній підшипник кожної шарошки виготовлений у вигляді не типового радіально-упорного конічного роликотопідшипника, оснащеного сепаратором.

Виконання бурового шарошкового долота, що пропонується, докорінно змінює кінематику та динаміку взаємодії його елементів у кінематичній системі: лапа з цапфою - підшипникова опора - шарошка з озброєнням - вибіт.

Радіальну складову навантаження на опору шарошки одночасно сприймає три роликотопідшипники з трьох. Третю частину цього навантаження сприймає достатньо потужний середній роликотопідшипник, радіальний або конічний. При цьому сумарне навантаження на великий та малий (кінцевий) роликотопідшипники опори зменшується на одну третину, як мінімум. Відомо, що при зменшенні навантаження на підшипник у 2 рази, його довговічність збільшується в 10 (десять) разів [Р. Д. Бейсельман та інші. Підшипники кочення. Довідник. Вид. 6. М., «Машиностроение», 1975 р.]. Також відомо, що фактор герметизації та надійного змащування підшипника кочення збільшує його довговічність у 2 рази. Фактор збільшення вантажопідйомності герметизованої опори шарошки на 30-50 % забезпечує підвищення довговічності цієї опори в 3-5 разів і більше, порівняно з опорами,

оснащеними двома радіальними або конічними роликотпідшипниками.

Наявність сепараторів у складі підшипників кочення опори шарошки повністю виключає можливість контакту та взаємного тертя тіл кочення під час роботи долота. При цьому суттєво спрощуються й прискорюються технологічні операції монтажу підшипників та шарошок на цапфах долота.

Незалежно від конструктивних варіантів опори кожна шарошка оснащена наскрізною кришкою з ущільнюючим пристроєм. Кришка монтується на циліндричному виступі основи цапфи до початку монтажу підшипників. Наявність наскрізної кришки, як складової частини шарошки, дозволяє забезпечити:

- герметизацію опори та можливість заміни мастила та зношених ущільнюючих пристроїв шарошки;

- можливість регулювання осьової гри в опорі;
- можливість багаторазової заміни зношених шарошок та підшипників їхніх опор без руйнування складових елементів опори.

Застосування типових радіально-упорних конічних роликотпідшипників (як стандартних, так і нестандартних) дозволяє додатково підвищити більше ніж на 30 % вантажотпідйомність опори шарошки і зокрема, великого (периферійного) роликотпідшипника через наступні причини :

відомо, що вантажотпідйомність радіально-упорного конічного роликотпідшипника на 30-75% вища вантажотпідйомності радіального роликотпідшипника такого ж розміру;

довговічність та зносостійкість підшипникових кілець типового підшипника, виготовлених стандартно з застосування об'ємного гартування до твердості HRC 60-65, в декілька разів вища вантажотпідйомності та зносостійкості доріжок кочення нестандартних підшипників (не типових), виготовлених безпосередньо на робочих поверхнях цапфи і шарошки, котрі, як відомо, виготовляють із застосуванням поверхневого загартування, глибини якого не перевищує 3-3,5мм.

Застосування типових підшипників кочення в конструкції опор шарошкових доліт дозволяє суттєво (на 30-60%) спростити, прискорити й здешевити технологічні процеси виготовлення доліт за рахунок ліквідації технологічних операцій виготовлення однієї, двох або трьох доріжок кочення на шийках цапф та в порожнинах шарошок.

Типові роликотпідшипники, тобто такі, що мають зовнішні та внутрішні підшипникові кільця, ролики й сепаратори, рекомендовані для тих типорозмірів доліт, габаритні розміри шарошок котрих дозволяють розміщувати такі підшипники в їхніх порожнинах.

Для доліт невеликого діаметра (менших за 200 мм) краще компонуються комбінації з типових та не типових роликотпідшипників. При цьому не типові роликотпідшипники можуть мати одне кільце, зовнішнє або внутрішнє, або зовсім не мати кілець, а тільки тіла кочення, що з'єднані з допомогою сепаратора.

Сутність винаходу додатково пояснюється наведеними кресленнями, де:

Фіг.1 - фронтальна проекція шарошкового долота з розрізом по осі однієї з шарошок;

Фіг.2 - розріз по осі шарошки, опора якої містить комбінацію з двох типових радіально-упорних конічних роликотпідшипників та одного типового радіального роликотпідшипника з циліндричними роликами;

Фіг.3 - розріз по осі шарошки, опора якої містить комбінації з одного типового та одного не типового радіально-упорних конічних роликотпідшипників, та одного радіального роликотпідшипника з циліндричними роликами

Фіг.4 та 5 - розріз по осі шарошки, опора якої містить великий та середній типові радіально-упорні конічні роликотпідшипники, та малий не типовий радіально-упорний конічний роликотпідшипник;

Фіг.6 - розріз по осі шарошки, опора якої містить великий типовий та не типовий середній та малий радіально-упорні конічні роликотпідшипники.

Шарошкове долото (Фіг.1) містить лапи 1 з цапфами 2, на яких змонтовані опори кочення, кожна з яких містить малий 3, середній 4 та великий (периферійний) 5 типові радіально-упорні конічні роликотпідшипники із зовнішніми та внутрішніми кільцями, конічними роликами та сепараторами 6. Роликотпідшипник 5, орієнтований вершиною свого конуса у напрямку основи цапфи 2. На циліндричному виступі основи кожної цапфи змонтована наскрізна кришка 7 з ущільнюючим пристроєм 8. Шарошки 9 долота змонтовані на підшипниках опор і зафіксовані на них з допомогою наскрізних кришок 7. при цьому підшипники 4 та 5 зафіксовані на цапфах 2 з допомогою, наприклад, стопорних кілець 10.

На Фіг.2-6 зображені різноманітні модифікації компоновання трирядної опори кочення шарошки, три роликотпідшипники котрої здатні сприймати радіальну складову навантаження на шарошку. Ці опори складаються з радіально-упорних конічних роликотпідшипників та радіальних роликотпідшипників, як типових, так і не типових. Будь-яка з цих опор може бути додатково оснащена упорним підшипником ковзання.

Приклади найбільш характерних модифікацій опори:

- опора (Фіг.2), яка містить типові радіально-упорні конічні роликотпідшипники 3, 5 та типовий радіальний роликотпідшипник 11. При цьому роликотпідшипник 5 орієнтований вершиною конуса у напрямку основи цапфи 2;

- опора (Фіг.3), яка містить типовий радіально-упорний конічний роликотпідшипник 5, укріплений на цапфі таким чином, що вершина його конуса орієнтована у напрямку основи цапфи, середній типовий радіальний роликотпідшипник 11 та кінцевий не типовий радіально-упорний конічний роликотпідшипник 12;

- опора (Фіг.4), яка містить великий (периферичний) радіальний роликотпідшипник 11, типовий конічний роликотпідшипник 4 та кільцевий (малий) не типовий радіально-упорний конічний роликотпідшипник 12, оснащений сепаратором 6.

- опора (Фіг.5), яка містить великий 5 та середній 4 типові радіально-упорні конічні роликотпід-

шипники, жорстко зафіксовані на цапфі таким чином, що вершина конуса роликотідшипника 5 орієнтована у напрямку основи цапфи, а вершина конуса роликотідшипника 4 у напрямку осі обертання долота, та не типовий кінцевий кінцевий роликотідшипник 12, оснащений сепаратором;

- опора (Фіг.6), яка містить периферійний кінцевий роликотідшипник 5, зафіксований біля буртика основи цапфи з допомогою стопорного кільця 10, та не типові радіально-упорні кінцеві роликотідшипники: малий 12 та середній 13, оснащені сепараторами.

На Фіг.3 зображена опора шарошки, додатково оснащена упорним підшипником ковзання, п'ята 14 якого жорстко укріплена в порожнині шарошки 9 по осі її обертання.

Шарошкове долото, що заявляється, працює наступним чином.

Корпус долота з'єднують з буровою трубою (поставом) бурового агрегату. Долото з обертанням та заданим осьовим навантаженням подають на вибій свердловини. Одночасно з цим, через промивальні канали та сопла долота, на вибій подають буровий розчин або стиснуте повітря.

Внаслідок занурення зубків озброєння шарошки 9 в поверхню вибою, шарошки вступають в ме-

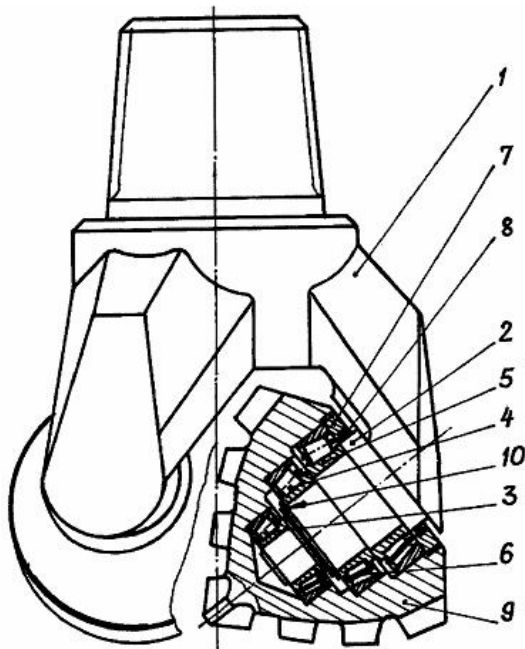
ханічний контакт (механічне зачеплення) з породою і перекочуються по вибою за рахунок обертання корпусу 1 долота. При цьому зубки озброєння послідовно уражають локальні ділянки поверхні вибою, сколюють та подрібнюють певний шар породи. Потоки бурового розчину змивають шлам з поверхні вибою й виносять його через затрубний обшир на поверхню землі.

Стендові та натурні випробування дослідних зразків шарошкових доліт показали суттєво більшу ефективність цих доліт порівняно з серійними шарошковими долотами, а саме :

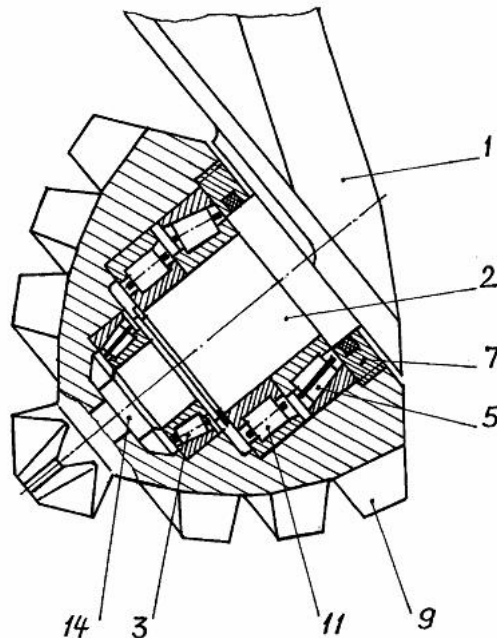
- підвищення механічної швидкості буріння у 1,5-2 рази за рахунок можливості збільшення осьового навантаження на долото;

- підвищення довговічності підшипникових вузлів шарошок у 3-5 та більше разів за рахунок збільшення вантажопідйомності опор та більш рівномірного розподілу радіального навантаження між підшипниками опори;

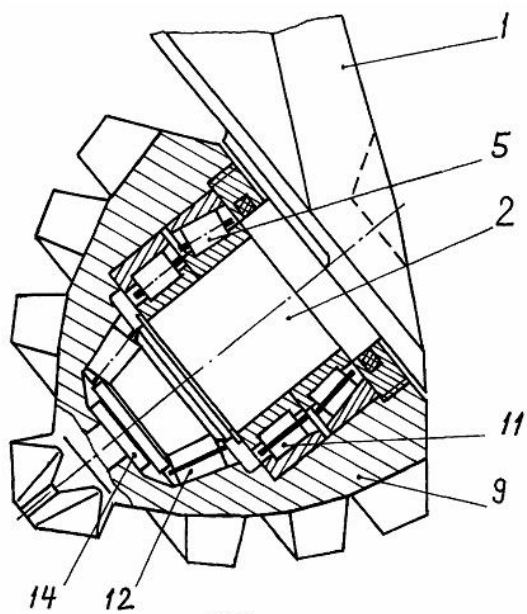
- загальне підвищення ресурсу роботи долота у 3-5 разів, у тому числі й за рахунок можливості багаторазової заміни зношених шарошок та їхніх підшипникових вузлів.



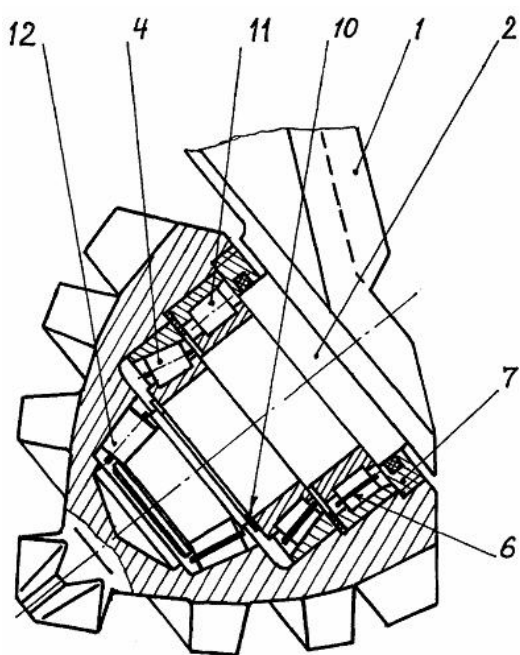
Фіг. 1



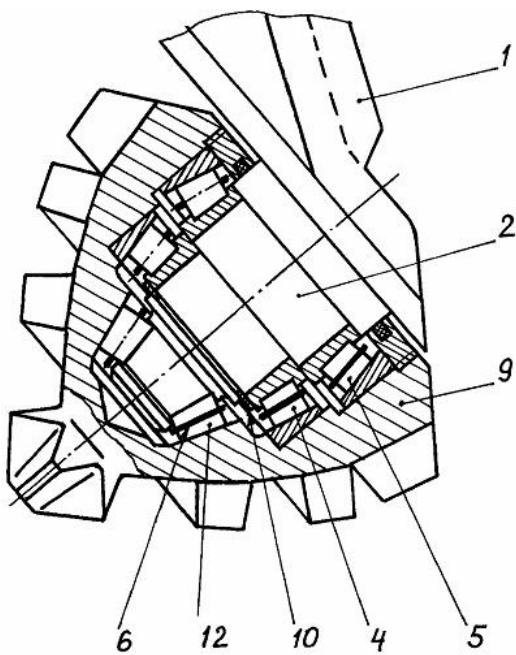
Фіг. 2



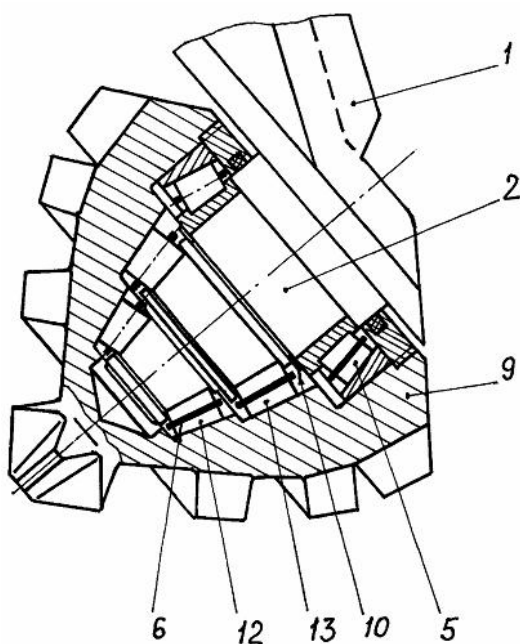
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6