



УКРАЇНА

(19) UA (11) 86228 (13) C2
(51) МПК
E21B 10/22 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) БУРОВЕ ШАРОШКОВЕ ДОЛОТО

1

2

(21) а200610810

(22) 13.10.2006

(24) 10.04.2009

(46) 10.04.2009, Бюл.№ 7, 2009 р.

(72) СТЕПАНЮК АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, UA, ПО-
ТАСЬ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ, UA

(73) СТЕПАНЮК АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, UA, ПО-
ТАСЬ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ, UA

(56) UA 53296 A, E21B 10/22, 15.01.2003

SU 1452919 A1, E21B 10/22, 23.01.1989

RU 2231696 C2, F16C 33/46, 19/28, 27.06.2004

SU 1229297 A1, E21B 10/22, 07.05.1986

SU 1239251 A1, E21B 10/22, 23.06.1986

(57) 1. Бурове шарошкове долото, яке містить ла-
пи з цапфами, на котрих змонтовані герметичні
шарошки з підшипниковими опорами, кожна з яких
має периферійний і кінцевий підшипники кочення

та упорний підшипник ковзання, утворений торцем
цапфи та упорною п'ятою, закріпленою в порожни-
ні шарошки по осі її обертання, яке **відрізняється**
тим, що периферійний підшипник кожної опори
виготовлений у вигляді радіального сферичного
дворядного роликопідшипника, жорстко закріпле-
ного на цапфі біля її основи, а кінцевий підшипник
виготовлений у вигляді радіально-упорного півс-
феричного однорядного підшипника з бочкоподіб-
ними роликами, оснащеного сепаратором.

2. Бурове шарошкове долото за п. 1, яке **відрізня-
ється** тим, що на упорному торці цапфи виготов-
лені радіальні наскрізні канавки, з'єднані зі змашу-
вальним каналом, розміщеним по осі цапфи, а на
робочому торці упорної п'яти виготовлена змашу-
вальна канавка у вигляді лівосторонньої архімедо-
вої спіралі.

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

Відоме бурове шарошкове долото [Авторське
свідоцтво СРСР №1229297, МПК⁴: E21B10/22,
опубл. 07.05.1986р., Бюлетень №17], яке містить
шарошки, змонтовані на цапфах лап з допомогою
замкового шарикопідшипника та двох роликових
підшипників, при цьому обидва роликових підшип-
ники виготовлені конічними, а замковий шарикопі-
дшипник розміщений між ними.

Відоме бурове шарошкове долото має наступ-
ні недоліки:

- радіальну складову навантаження на шаро-
шку сприймають тільки два підшипники з трьох
наявних в опорі, що не дозволяє забезпечити оп-
тимальний режим буріння, особливо для твердих
гірських порід, тому що вантажопідйомність опор
шарошок явно недостатня для того, щоб забезпе-
чити занурення зубків озброєння шарошки в поро-
ду в момент їхнього контакту. Відомо, що для ефе-
ктивного буріння гірських порід навантаження на
долото має бути не меншим, ніж 2тс на 10мм діа-
метра свердловини (або долота), тобто для свер-

дловини, наприклад, діаметром 200мм наванта-
ження на долото повинно бути в межах 40тс, і т.д.
Саме тому, що опори шарошок існуючих доліт не
забезпечують потрібної вантажопідйомності, бу-
ріння твердих порід сьогодні здійснюють методом
руйнування поверхні породи від утомленості, тоб-
то шляхом 18-20 атак зубків озброєння шарошок
на питому площину поверхні врубу свердловини;

- всі підшипники кочення опор шарошок відо-
мого долота не мають сепараторів, тому тіла ко-
чення під час роботи долота контактують не тільки
з доріжками кочення, а й між собою, що приводить
до додаткового інтенсивного зношування, як тіл
кочення, так і опор в цілому;

- зношені та заклинені шарошки можливо де-
монтувати з опор тільки шляхом висвердлювання
замкових пальців або шляхом розрізання шарошок
на декілька частин, що приводить до руйнування
опор і виключає можливість ремонту зношених
доліт з числа тих, які використовують в гірничору-
дній промисловості.

Прототипом, найбільш близьким по технічній
сутності та технічному результату, що досягаєть-
ся, є шарошкове долото [рекламний каталог Дро-
гобицького долотного заводу. ПВП "Світло й тінь",
с.3-9. Львів, 2004р.], яке містить лапи з цапфами,

(19) UA (11) 86228 (13) C2

на котрих встановлені герметичні шарошки з підшипниковими опорами, кожна з яких містить периферійний, замковий та кінцевий підшипники кочення та упорний підшипник ковзання, за допомогою яких на цапфах змонтовані конічні шарошки з озброєнням.

Вродженням недоліком шарошкових доліт з підшипниковими опорами традиційної (класичної) схеми, як у долота-прототипа, є катастрофічно низька довговічність опор шарошок. Традиційна опора кочення тришарошкового долота має вигляд трирядного безсепараторного підшипника, змонтованого за схемою: ролик-кулька-ролик. Геометричні розміри такого підшипника жорстко обмежені габаритами шарошки і явно недостатні для того, щоб забезпечити таке навантаження на шарошки та озброєння, яке необхідне для ефективного руйнування конкретної (зокрема, твердої) гірської породи. Тобто, такого навантаження, коли кожний зубок озброєння шарошок занурюється у поверхню вибою під час кожного контакту з нею.

В класичній традиційній опорі шарошки радіальне навантаження сприймають тільки два підшипники з трьох наявних, а саме: периферійний та кінцевий радіальні підшипники. Замковий шарикопідшипник та упорний підшипник ковзання сприймають тільки осьове навантаження. При цьому радіальні роликопідшипники опори шарошки працюють в умовах граничних або надмірних навантажень. Через це середня довговічність серійних шарошкових доліт надзвичайно низька. Так, наприклад, під час буріння твердих гірських порід, зокрема, криворізьких залізних руд ($f=16$ за шкалою М.І.Протодяконова) ресурс роботи шарошкового долота становить 12-16 годин машинного часу. Понад 80% шарошкових доліт виходить з ладу достроково, через руйнування опори однієї з трьох шарошок, при загальній зношеності інших складових частин долота в межах 60-70%. Такі долота не підлягають відновленню.

В основу винаходу поставлена задача суттєвого підвищення довговічності опор кочення шарошкового долота та спрощення конструкції опор його шарошок.

Поставлена задача вирішується тим, що в буровому шарошковому долоті, яке містить лапи з цапфами, на котрих змонтовані герметичні шарошки з підшипниковими опорами, кожна з яких має периферійний і кінцевий підшипники кочення та упорний підшипник ковзання, утворений торцем цапфи та упорною п'ятою, закріпленою в порожнині шарошки по осі її обертання, відповідно до винаходу, периферійний підшипник кожної опори виготовлений у вигляді радіального сферичного дворядного роликопідшипника, жорстко закріпленого на цапфі біля її основи, а кінцевий підшипник виготовлений у вигляді радіально-упорного напівсферичного однорядного підшипника з бочкоподібними роликами, оснащеного сепаратором.

На упорному торці цапфи виготовлені радіальні наскрізні канавки, з'єднані зі змащувальним каналом, розміщеним по осі цапфи, а на робочому торці упорної п'яти виготовлена змащувальна канавка у вигляді лівосторонньої архімедової спіралі.

При такому виконанні бурового шарошкового долота докорінно змінюється кінематика та динаміка взаємодії елементів підшипникових опор шарошок. Запропонована конструктивна схема опори шарошки забезпечує при цьому сприйняття як радіального, так і осьового навантаження одночасно трьома роликопідшипниками, а саме:

1) Радіальну складову навантаження на опору шарошки одночасно сприймають два ряди периферійного сферичного дворядного роликопідшипника та один ряд кінцевого роликопідшипника (напівсферичного, конічного або циліндричного роликопідшипника, причому кінцевий роликопідшипник може бути оснащений двома підшипниковими кільцями, або тільки внутрішнім кільцем).

При цьому радіальне навантаження на кожний підшипник трирядної опори шарошки зменшується, як мінімум, на 30%. Цей фактор має вирішальне значення в плані довговічності опори, оскільки відомо, що при зменшенні навантаження на підшипник кочення у два рази, його довговічність збільшується у 10 разів [Р.Д. Бейзельман, Б.В. Цыпкин, Підшипники качення. Справочник. М., "Машиностроение", 1975г. с.120].

2) Осьову складову навантаження на шарошку одночасно сприймають упорний підшипник ковзання, кінцевий роликопідшипник (конічний або сферичний) та один ряд периферійного сферичного дворядного роликопідшипника.

3) Фактор застосування радіального сферичного дворядного роликопідшипника, як основного несучого елемента опори шарошки, на порядок зменшує технологічні вимоги, зокрема:

- щодо точності виготовлення й співвісності робочих поверхонь цапфи та порожнини шарошки, котрі контактують з кільцями підшипників кочення опори;

- щодо якості загартування робочих поверхонь, які сполучаються з кільцями типових підшипників кочення, застосованих в опорі;

- щодо технологічних операцій монтажу та демонтажу підшипників та шарошок при складанні долота, чи його реставрації.

4) Наявність сепараторів у складі підшипників кочення опори шарошки повністю виключає можливість фізичного контакту та взаємного тертя тіл кочення під час роботи долота. При цьому суттєво спрощуються технологічні операції монтажу тіл кочення на доріжках цапфи, у разі застосування не типових роликопідшипників. Наявність сепараторів суттєво зменшує нагрівання опор шарошок долота.

5) Фактор застосування в опорі шарошки типових роликопідшипників (як стандартних, так і нестандартних) дозволяє додатково підвищити більше ніж на 30% вантажопідйомність опори, зокрема, через наступні причини:

- відомо, що вантажопідйомність радіального сферичного дворядного роликопідшипника у 1,5-2 рази більша вантажопідйомності радіального роликопідшипника або радіально-упорного конічного роликопідшипника такого ж розміру;

- довговічність, зносостійкість та пружність підшипникових кілець, виготовлених стандартно з застосуванням об'ємного гартування до твердості

HRC 60-65, в декілька разів більша зносостійкості та вантажопідйомності поверхні доріжок кочення нестандартних (не типових) підшипників, тобто доріжок, виготовлених безпосередньо на робочих поверхнях цапфи й шарошки, але із застосуванням поверхневого загартування, глибина якого не перевищує 3-3,5мм. Відомо, що при надмірних навантаженнях на опори шарошок долота локальні ділянки загартованої поверхні доріжок цапфи викриваються, або вдавлюються в тіло цапфи, в той час, коли підшипникове кільце тільки пружно деформується. Саме тому кінцевий роликотпідшипник з внутрішнім кільцем, застосований в опорі, має більшу вантажопідйомність та довговічність, порівняно з підшипником, внутрішня доріжка кочення якого виготовлена безпосередньо на цапфі.

6) Фактор застосування типових підшипників кочення в конструкції опори долота дозволяє суттєво (на 30-60%) спростити, прискорити й здешевити технологічні операції виготовлення бурового шарошкового долота за рахунок ліквідації надзвичайно трудомістких та коштовних технологічних операцій виготовлення доріжок кочення безпосередньо на робочих поверхнях цапф та шарошок.

7) Наявність в конструкції упорного підшипника радіальних та спіральних канавок для змащування дозволяє забезпечити мікроциркуляцію консистентного мастила в зоні контакту робочих (упорних) торців цапфи та п'яти, дозволяє підживлювати мастилом інші підшипники опори. Як відомо, в сучасних шарошкових долотах герметичні ємності з мастилом розміщують в лапах долота.

Сутність винаходу пояснюється наступними кресленнями, де:

Фіг.1 - фронтальна проекція бурового шарошкового долота з розрізом по осі шарошки, опора якої містить радіальний сферичний дворядний роликотпідшипник і однорядний напівсферичний роликотпідшипник;

Фіг.2 - розріз по осі шарошки, опора якої містить радіальний сферичний дворядний роликотпідшипник та напівсферичний однорядний роликотпідшипник з одним (внутрішнім) підшипниковим кільцем;

Фіг.3 та 4 - розріз опори шарошки по А-А та по Б-Б.

Бурове шарошкове долото (Фіг.1) містить лапи 1 з цапфами 2, на яких змонтовані опори кочення, кожна з яких містить периферійний радіальний дворядний роликотпідшипник 3, жорстко зафіксований (закріплений) на цапфі безпосередньо біля циліндричного виступу 4 основи цапфи, та кінцевий радіально-упорний напівсферичний однорядний роликотпідшипник 5. Роликотпідшипник 5 містить внутрішнє кільце 6, зовнішнє кільце 7 із напівсферичною внутрішньою доріжкою кочення, бочкоподібні ролики 8 та сепаратор 9. Упорний підшипник ковзання (Фіг.2-4) містить упорну поверхню 10, виготовлену на торці цапфи 2. Поверхня 10 оснащена радіальними мастильними канавками 11, котрі сполучені із змащувальним каналом 12, виготовленим по осі цапфи 2. В порожнині шарошки 13, по осі її обертання, жорстко закріплена упорна п'ята 14. Робоча поверхня 15 п'яти відповідна поверхні 10 цапфи і оснащена змащувальною ка-

навкою 16, котра виготовлена у вигляді лівосторонньої архімедової спіралі.

На циліндричному виступі 4 основи кожної цапфи змонтована наскрізна кришка 17, оснащена ущільнювальним пристроєм. Кришка герметизує порожнину кожної шарошки 13 та фіксує шарошку в осьовому напрямку.

Варіант опори долота (Фіг.2) містить сферичний дворядний роликотпідшипник 3 та кінцевий радіально-упорний напівсферичний однорядний підшипник, оснащений внутрішнім кільцем 6, роликами 8 та сепаратором 9. Зовнішня напівсферична доріжка кочення 18 цього кінцевого підшипника виготовлена безпосередньо в порожнині шарошки 13 концентрично осі її обертання. Кінцевий радіально-упорний напівсферичний роликотпідшипник без зовнішнього кільця може бути рекомендований для оснащення підшипникових опор шарошкових доліт невеликого діаметра. Тому що габарити шарошок у таких доліт не дозволяють розмішувати в порожнинах цих шарошок роликотпідшипники із зовнішніми кільцями. Відомо, що довговічність та зносостійкість роликотпідшипника із внутрішнім кільцем у декілька разів більша, ніж у підшипника, внутрішня доріжка кочення якого виготовлена безпосередньо на поверхні цапфи, через наступні причини:

- пружність підшипникового кільця 6 у декілька разів вища пружності доріжок кочення, виготовлених безпосередньо на поверхні цапфи 2;

- при граничних навантаженнях кінцевого підшипника доріжка кочення підшипникового кільця 6 пружно деформується разом з кільцем, зменшуючи навантаження на ролики 3, розташовані з нижнього боку цапфи, в той час як доріжка кочення, що виготовлена безпосередньо на цапфі, руйнується в зоні контакту доріжки кочення з найбільш навантаженим роликотом.

Конструкція підшипникової опори з периферійним радіальним сферичним дворядним роликотпідшипником та кінцевим однорядним радіально-упорним напівсферичним роликотпідшипником є найбільш технологічною та дешевою, оскільки вимоги щодо точності виготовлення базових поверхонь на цапфах та в порожнині шарошок для такої опори мінімальні, порівняно з конструкцією опор долота-прототипу.

До того ж, периферійний радіальний сферичний дворядний роликотпідшипник здатний одночасно виконувати потрібну функцію, а саме: функцію радіального, упорного та замкового підшипників опори.

Бурове шарошкове долото працює наступним чином. Корпус долота з'єднують з буровим поставом бурового агрегату, буровий постав з обертанням та заданим осьовим навантаженням подають на вибій свердловини. Одночасно, через промивальні канали та сопла долота, на вибій під тиском подають буровий розчин або повітря. Внаслідок занурювання зубків озброєння шарошок 13 в поверхню вибою, шарошки вступають в механічне зачеплення з породою і перекочуються по вибою за рахунок обертання 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 та елементів долота і виносять цей шлам через затрубний обшир на поверхню землі.

У процесі динамічної взаємодії долота з породою, радіальну складову навантаження на шарошки 13 одночасно сприймають два ряди роликів периферійного підшипника 3 та кінцевий однорядний напівсферичний роликопідшипник 5, або кінцевий підшипник, утворений внутрішнім кільцем 6, роликами 8 з сепаратором 9 та доріжкою 18, виготовленою в порожнині шарошки 13.

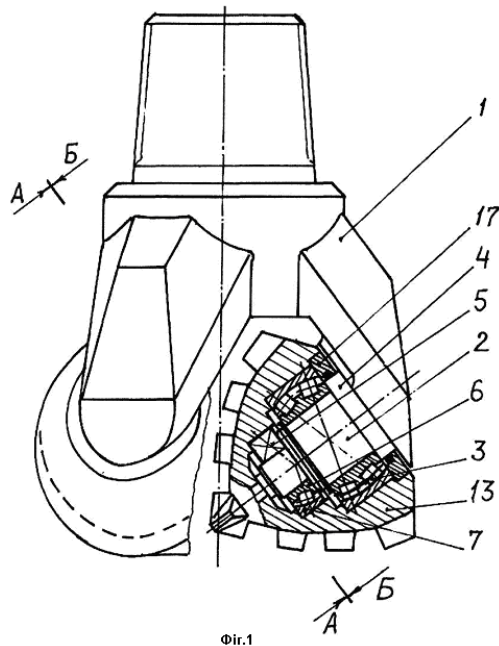
Осьову складову навантаження, котра діє у напрямку периферії долота, одночасно сприймають: внутрішній ряд роликів підшипника 3, кінцевий роликопідшипник 5 (або кінцевий підшипник, утворений кільцем 6, роликами 8 з сепаратором 9 та доріжкою 18), і упорний підшипник ковзання, утворений поверхнею 10 та упорною п'ятою 14. Осьову складову навантаження, яка діє у напрямку осі обертання долота, сприймає периферійний ряд роликів підшипника 3.

У процесі роботи долота консистентне мастило, яке розміщене у змащувальній системі (не показана), сполучений із змащувальними каналами 12, самопливом потрапляє у радіальні мастильні канавки 11 та спіральну канавку 16. При обертанні шарошок 13 лівостороння спіральна канавка 16 кожного підшипника ковзання забезпечує поступо-

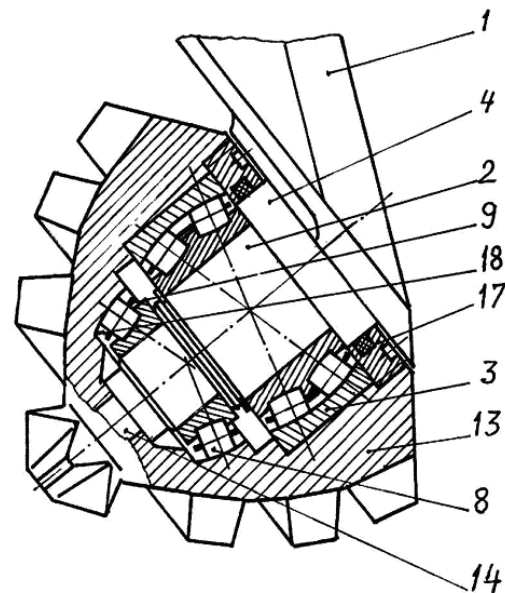
ве переміщення мастила в радіальних канавках 11 у напрямку від каналів 12 на периферію опорних поверхонь. Одночасно забезпечується мікроциркуляція мастила в зоні контакту робочих поверхонь 10 та 15 упорного підшипника ковзання. Більш того, радіальні канавки 11 забезпечують автоматичне підживлення мастилом інших підшипників опори та ущільнювального пристрою, розміщеного у кожній наскрізній кришці 17.

Стендові та натурні випробування дослідних зразків бурових шарошкових доліт, опори яких оснащені радіальними сферичними дворядними роликопідшипниками, показали порівняно з серійними долотами більшу ефективність, а саме:

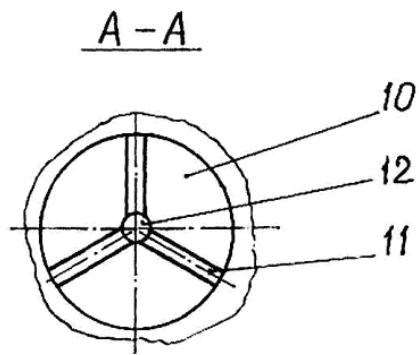
- підвищення механічної швидкості буріння свердловин у 1,5-2 рази за рахунок можливості реального збільшення осьового навантаження на долото;
- підвищення довговічності підшипникових вузлів шарошок у 3-5 разів за рахунок суттєвого збільшення вантажопідйомності опор та більш рівномірного і раціонального розподілу радіального навантаження між всіма роликопідшипниками опори;
- загальне підвищення у 3-5 разів ресурсу роботи долота за рахунок можливості багаторазової заміни зношених шарошок та змінних роликопідшипників опор шарошок.



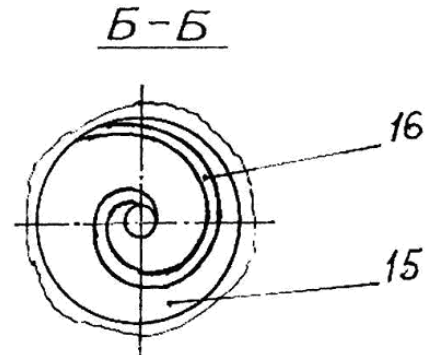
Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4