



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94503 (13) C2
(51) МПК
E21B 10/22 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) БУРОВЕ ДОЛОТО

1

2

(21) а200909105

(22) 04.09.2009

(24) 10.05.2011

(46) 10.05.2011, Бюл.№ 9, 2011 р.

(72) ДОБРОЛЮБОВА ІРИНА ГРИГОРІВНА, ДОБРОЛЮБОВ ЛЕОНІД БОРИСОВИЧ, СНІГОВОЙ ВЯЧЕСЛАВ ВІКТОРОВИЧ, СТЕПАНЮК АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, СТЕПАНЮК ЮРІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

(73) ДОБРОЛЮБОВА ІРИНА ГРИГОРІВНА, ДОБРОЛЮБОВ ЛЕОНІД БОРИСОВИЧ, СНІГОВОЙ ВЯЧЕСЛАВ ВІКТОРОВИЧ, СТЕПАНЮК АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, СТЕПАНЮК ЮРІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

(56) SU 1229297 A1, 07.05.1986. Бюл.№17

WO 2005/021923 A1, 10.03.2005

SU 512282, 30.04.1976. Бюл.№16

US 3771611, 13.11.1973

RU 2228423 C2, 10.05.2004

US 4328873, 11.05.1982

SU 1665012 A1, 23.07.1991. Бюл.№27

US 7240745 B1, 10.07.2007

RU 2280143 C2, 20.07.2006. Бюл.№20

Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения. Справочник. -М.: Машиностроение, 1975. -С. 52-53, 168, 380-381, 520-523.

(57) Бурове долото, що містить корпус та породоруйнівні органи з озброєнням, котрі за допомогою підшипникових опор змонтовані на корпусі один всередині іншого, внутрішній з яких встановлений з кутовим нахилом щодо осі долота, а зовнішній - з кутовим нахилом у протилежний бік щодо осі долота, яке **відрізняється** тим, що озброєння породоруйнівних органів виготовлене у вигляді знімних кінцевих насадок (матриць) із зносостійкого матеріалу, армованих вставками (зубками) із твердого матеріалу, при цьому підшипникова опора кожного породоруйнівного органа оснащена пристроєм для регулювання величини осьової гри (або попереднього натягу).

Винахід належить до породоруйнівного інструмента, а саме - до бурових шарошкових доліт з продукую. Може бути використаний при бурінні свердловин відкритим способом в твердих та дуже твердих породах при проведенні буропідричних робіт в гірничій та гірничорудній галузях промисловості.

Відоме бурове шарошкове долото, яке містить шарошки, змонтовані на цапфах лап за допомогою замкового шарикопідшипника та двох роликів підшипників, причому обидва роликів підшипники виготовлені конічними, а замковий шарикопідшипник розташований між ними [Авторське свідоцтво СРСР № 1229297, МПК⁴ Е 21 В 10/22, опубл. 07.05.1986 р. Бюл. № 17].

Таке долото має наступні суттєві недоліки:

1. Загальновідомим недоліком сучасних бурових доліт з конічними шарошками, а особливо тих, що призначені для буріння свердловин в твердих гірських породах, є явно недостатня вантажопідйомність опор шарошок. Підшипникова опора однієї секції (лапи) традиційного тришарошкового долота, як відомо, виготовляється за схемою "ролик-кулька-ролик" або "ролик-кулька-ковзання". При цьому навіть фірми, що є світовими лідерами долотобудування, виготовляють такі долота, у

яких допустиме навантаження на опори шарошок становить лише 60-70 % від величини, котра є оптимальною для ефективного буріння твердих гірських порід. Як відомо, основна причина відмови бурових доліт - це поломка або заклинювання опори однієї із шарошок долота (понад 80 % відмов). Так, наприклад, при бурінні свердловин у кар'єрах Криворізького залізрудного басейну середня проходка на долото у 2007 році становила 166 метрів (пласти твердості f=16-19 за шкалою М.М. Протодяконова). При цьому довговічність твердосплавного озброєння бурових доліт у декілька разів перевищує довговічність опор шарошок.

2. Підшипникова опора однієї секції (лапи) тришарошкового долота з конічними шарошками сприймає приблизно 1/3 частину навантаження на долото. Оскільки цапфа кожної лапи виготовлена з кутовим нахилом приблизно 37-39° до горизонталі, то сумарне навантаження, що припадає на одну лапу, розкладається на радіальну та осьову складові. Радіальна складова навантаження на опору, в свою чергу, сприймається тільки кінцевим та периферійним роликотопідшипниками і розподіляється між ними у співвідношенні 35 та 65 % відповідно [Палий П.А., Корнеев К.Е. Буровые долота. Справочник. Изд. 3. М.: Недра, 1971. -С.446].

(13) C2
(11) 94503
(19) UA

Кожний підшипник опори, зокрема його доріжко кочення на цапфі, працює з навантаженням на межі витривалості металу цапфи, роликів та шарошки.

3. Конструктивні відмінності лап, підшипникових вузлів та шарошок у доліт, котрі призначені для буріння свердловин у м'яких, середніх або твердих породах, настільки значні, що виключають можливість уніфікації складових частин навіть для доліт одного розміру. Саме цей фактор визначає високу ціну бурового шарошкового інструмента.

4. Осьова складова навантаження на підшипникову опору - величина знакозмінна, шкідлива і жодним чином не впливає на породоруйнівні характеристики долота. Вона спрямована уздовж осі цапфи і становить понад 60 % від величини загального навантаження на одну опору. Осьове навантаження в традиційній опорі "ролик-кулька-ролик" сприймає замковий шарикопідшипник двосторонньої дії. Він замикає на себе осьові навантаження, що спрямовані як у напрямку кінцевого підшипника, так і в зворотному напрямку: у напрямку основи цапфи. Двосторонні навантаження призводять до швидкого зношування елементів замкового шарикопідшипника та утворення великого осьового люфту. Відомо, що при величині 3-5 мм люфту в опорі має місце перекид циліндричних роликів щодо доріжок кочення та заклинювання опор, а у конічних роликопідшипників катастрофічно зменшується кут зони навантаження.

Відома відкрита підшипникова опора бурового долота, яка містить лапу з цапфою, шарошку, периферійний замковий радіально-упорний конічний роликопідшипник, змонтований біля основи цапфи, та кінцевий радіально-упорний конічний роликопідшипник, на яких змонтована шарошка. При цьому периферійний підшипник зафіксований на цапфі і в корпусі шарошки за допомогою пружинних кілець. Кінцевий підшипник змонтований на цапфі з можливістю вільного осьового (поздовжнього) переміщення і упирається в уступ цапфи через тарілчасту пружину.

Варіант цієї опори містить радіально-упорний конічний, радіальний циліндричний та упорний роликопідшипники [Міжнародна заявка РСТ № WO 2005/021923 A1, МПК⁷ E 21 B 10/22, дата міжнародної публікації: 10 березня 2005 року].

Долото-аналог має наступні суттєві недоліки:

1. Автори долота-аналога виключили із складу конструкції своєї опори традиційний замковий шарикопідшипник двосторонньої дії і поклали функцію замкового підшипника на периферійний радіально-упорний конічний роликопідшипник, хоч такий підшипник, як відомо, здатний сприймати тільки однобічне осьове навантаження. Конструкція опори долота-аналога (фіг. 1, 2 графічних матеріалів, доданих до заявки РСТ) містить зображення типових однорядних радіально-упорних конічних роликопідшипників типу 7000. Згідно з ГОСТ 333 - 71 тип 7000 є основним [Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения. Справочник. Изд. 6. М.: Машиностроение, 1975. - С.52-53. Далі по тексту – Довідник]. Кут контакту у підшипників типу 7000 становить: $\alpha=10-17^\circ$.

Однорядні конічні роликопідшипники здатні сприймати тільки однобічне осьове навантаження.

Допустима величина осьового навантаження у підшипників типу 7000 не може перевищувати 70 % не використаного допустимого радіального навантаження. Як зазначено вище, кінцевий роликопідшипник традиційного тришарошкового долота сприймає приблизно 35 % радіального навантаження на опору. Ця величина балансує на межі витривалості матеріалу доріжок кочення та роликів цього підшипника. Додаткове осьове навантаження, величина якого у 2-2,5 рази перевищує допустиму радіальну складову навантаження кінцевого підшипника, може стати причиною катастрофічного руйнування кінцевого підшипника та заклинювання опори шарошки.

2. У долота-аналога внутрішнє кільце кінцевого підшипника змонтоване на цапфі з можливістю довільного (спонтанного) переміщення уздовж осі цапфи, котра має циліндричний уступ з боку периферійного підшипника. Між уступом і внутрішнім кільцем кінцевого підшипника розташована тарілчаста пружина, котра теоретично забезпечує попередній осьовий натяг та силове замикання елементів обох роликопідшипників, що виключає можливість осьової гри (люфту) в опорі.

Але аналіз основних моментів взаємодії елементів опори долота-аналога методами кінетостатики показує наступне:

а) при умовно нерухомому корпусі шарошки (тіло шарошки опирається на абсолютно жорстку поверхню) радіальна складова навантаження на цапфу (лапу) розподіляється між двома роликопідшипниками (фіг. 1 заявки РСТ). Осьове навантаження, через циліндричний уступ на цапфі, у повному обсязі передається на тарілчасту пружину і пружно деформує її. Оскільки всі елементи кінцевого роликопідшипника вже замкнуті між собою і корпусом шарошки, то єдиною можливістю напрямком для переміщень в опорі є поздовжнє переміщення цапфи через отвір внутрішнього кільця кінцевого підшипника у напрямку вершини шарошки.

При цьому внутрішнє кільце периферійного конічного роликопідшипника разом з конічними роликами і сепаратором переміщуються разом із цапфою у напрямку вершини шарошки. Замковий периферійний роликопідшипник при цьому розкривається, оскільки ролики, розташовані вище осі цапфи, втрачають фізичний контакт із зовнішнім кільцем. При цьому радіальний люфт перевищить у декілька разів допустиму нормативну величину [Довідник, -С.168, табл.14]. Внаслідок цього різко зменшиться кут зони навантаження підшипника (до величини $60-90^\circ$, замість оптимальної величини $170-180^\circ$), а контактні напруги в елементах підшипника можуть перевищити гранично допустиму величину;

б) при умовно нерухомій цапфі осьова складова навантаження на шарошку спрямована уздовж осі цапфи у напрямку її основи. Осьове навантаження через корпус шарошки, зовнішнє кільце, ролики та внутрішнє кільце кінцевого підшипника діє на тарілчасту пружину і пружно деформує її. При цьому корпус шарошки, кінцевий підшипник, тарілчаста пружина і зовнішнє кільце замкового периферійного конічного роликопідшипника переміщуються у напрямку основи цапфи на величину

деформації тарілчастої пружини. Периферійний роликотпідшипник знову розкриється, його радіальний люфт різко збільшиться, а кут зони навантаження підшипника різко зменшиться. З огляду на те, що робочі навантаження на опори шарошок бурового долота і без того мають циклічний, ударний характер, додаткові осьові та радіальні биття в опорах вкрай негативно впливатимуть на довговічність долота. Саме тому радіальний та осьовий люфт у будь-яких опорах кочення намагаються забезпечувати мінімальними і жорстко обмеженими. Головним недоліком конструкції опори долота-аналога є те, що замковий периферійний радіально-упорний конічний роликотпідшипник насправді не має жодного впливу на величину осьової гри в цій опорі.

3. Варіант підшипникової опори долота-аналога (фіг. 2 графічних матеріалів заявки РСТ), котра складається з одного однорядного радіально-упорного конічного роликотпідшипника, одного радіального роликотпідшипника, з циліндричними роликами та одного упорного шарикотпідшипника, не відповідає правилам застосування конічних та упорних підшипників, а саме:

а) однорядні радіально-упорні конічні роликотпідшипники повинні становити в одній опорі, як мінімум, одну пару [Довідник, - С. 53, абз. 2; - С. 169, мал. 3-б, 3-д];

б) упорні підшипники кочення мають певні особливості щодо способів установлення їхніх упорних кілець на валу і в корпусі. Так, наприклад, одне упорне кільце потрібно укріплювати на валу жорстко, із стандартним натягом, а друге упорне кільце із стандартним зазором, величина якого становить 0,2-0,4 мм. Цей зазор забезпечується тим, що внутрішній діаметр другого упорного кільця на 0,2-0,4 міліметри більший, ніж діаметр вала. Діаметр проточки у корпусі для монтажу другого кільця має бути на 0,5-1 мм більшим, ніж зовнішній діаметр упорного підшипника. Більше того, ГОСТ містить обов'язкові умови щодо мінімальної допустимої ширини опорної поверхні окремо для пари "кільце - вал" та пари "кільце - корпус" [Довідник, - С.520-523, табл.19].

У долоті-аналозі не враховані всі ці вимоги (графічні матеріали заявки РСТ, фіг. 2). Одне упорне кільце змонтоване на цапфі із радіальним зазором (рухоме з'єднання), а друге упорне кільце та тіла кочення з сепаратором розташовані за межами цапфи. Не виконані вимоги щодо ширини упорних поверхонь для кілець упорних шарикотпідшипників - торець тарілчастої пружини (лінійний контакт) використаний як опорна поверхня для упорного кільця;

в) умовно замковий периферійний радіально-упорний конічний роликотпідшипник укріплений у корпусі шарошки за допомогою різьбової втулки, хоч різьбові з'єднання не призначені для сприйняття динамічних радіальних навантажень. Для цього, у разі потреби, використовують циліндричні гільзи, стакани тощо, котрі разом із підшипником монтують у головному корпусі жорстко, з радіальним натягом циліндричних поверхонь сполучення [Наприклад: Довідник, - С. 380, мал. 2 та - С.381, мал. 3].

Зображені на фіг. 1 та 2 заявки РСТ опори не відповідають вимогам конструювання опор бурових шарошкових доліт тому, що в них відсутні конструктивні елементи для обмеження величини осьового люфту.

Найближчим аналогом-прототипом - є бурове долото, що містить корпус та породоруйнівні органи з озброєнням, котрі за допомогою підшипникових опор змонтовані на корпусі один всередині іншого, внутрішній з яких встановлений з кутовим нахилом щодо осі долота, а зовнішній - з кутовим нахилом у протилежний бік щодо осі долота [Авторське свідоцтво СРСР № 512282, МПК² Е 21 В 9/08, опубл. 30.04.1976 р. Бюл. № 16].

Долото-прототип має наступні недоліки:

1. Підшипникові опори долота виготовлені нероз'ємними і, по аналогії з тришарошковими долотами, оснащені замковими шарикотпідшипниками, котрі монтують в опорах за допомогою технологічних отворів та замкових пальців. Такі замкові підшипники не містять засобів для попереднього або поточного регулювання величини осьового люфту.

2. Технологія виготовлення доріжок кочення на корпусі в порожнині шарошок надзвичайно складна та трудомістка, як і у три шарошкових бурових доліт.

3. Долото-прототип, як і будь-які інші шарошкові долота, має великий розкид по довговічності основних складових елементів: корпусу, підшипникових опор та озброєння шарошок. Так, наприклад, у процесі випробування дослідних партій бурових доліт з'ясувалося, що у таких доліт довговічність підшипникових опор, вперше у світовій практиці, перевищила у декілька разів довговічність вольфрамо-кобальтового озброєння породоруйнівних органів. Це стало можливо завдяки тому, що кут зони навантаження підшипників в опорах долота-прототипу становить 360° а у тришарошкових доліт, безпосередньо після обкатки, не більше 160-175°. У долота-прототипу з породоруйнівними органами, оснащеними твердосплавними зубками, при повному (100 %) зносі робочих поверхонь; зношеність корпусу долота не перевищувала 25 %, а підшипникових опор - 35 %. Такі, напівзношені, долота не підлягали ремонту, оскільки конструкція долота-прототипу не передбачала можливості технологічних операцій по заміні або відновленню складових частин.

В основу винаходу поставлена задача суттєвого підвищення довговічності, технологічності та уніфікації шарошкових бурових доліт.

Суть винаходу полягає в тому, що в буровому долоті, яке містить корпус та породоруйнівні органи з озброєнням, котрі за допомогою підшипникових опор змонтовані на корпусі один всередині іншого, внутрішній з яких встановлений з кутовим нахилом щодо осі долота, а зовнішній - з кутовим нахилом у протилежний бік щодо осі долота, згідно з винаходом, озброєння породоруйнівних органів виготовлене у вигляді знімних кінцевих насадок (матриць) із зносостійкого матеріалу, армованих вставками (зубками) із твердого матеріалу, при цьому підшипникова опора кожного породоруйнівного органа оснащена пристроєм для регулювання величини осьової гри (або попереднього натягу).

При такому виконанні бурове долото має наступні переваги:

- фактор застосування знімних кінцевих насадок (матриць), як швидкозмінних швидкозношуваних складових частин бурового інструмента, дозволяє забезпечити ефективну роботу долота до моменту повного зношування всіх його складових частин: корпусу, шарошок, підшипникових опор;

- фактор застосування знімних кінцевих насадок, тобто змінного озброєння шарошок, яке, за бажанням, може відрізнятися кількістю, розмірами та формою твердосплавних зубків, у тому числі і таких, що мають алмазне покриття, дозволяє уніфікувати бурові долота. При цьому бурові долота одного певного розміру, котрі призначені для буріння свердловин в м'яких, середніх, твердих або надтвердих породах, можуть відрізнятися тільки матеріалом та геометричною формою зубків озброєння знімних кінцевих насадок;

- наявність змінних кінцевих насадок дозволяє виготовляти корпус долота та корпусні частини породоруйнівних органів з більш дешевих матеріалів, а самі кінцеві насадки - з легированих сталей та сплавів з особливими властивостями щодо твердості, абразивної стійкості тощо;

- наявність зносостійкого знімного озброєння породоруйнівних органів долота, у поєднанні з потужними підшипниковими опорами, котрі сприймають тільки корисне однобічне осьове навантаження і мають кут зони навантаження 360° , дозволяє підвищити у 3-5 разів ресурс роботи долота, витрачаючи при цьому кошти тільки на виготовлення запасних блоків озброєння;

- наявність пристроїв для регулювання величини осьової гри чи попереднього натягу в опорах породоруйнівних органів дозволяє відмовитися від загальноприйнятої світової практики селективного підбору тіл кочення відповідно до фактичних діаметрів доріжок кочення на цапфі та в порожнині шарошки, які індивідуальні для кожної секції долота;

- наявність таких пристроїв дозволяє уніфікувати виготовлення окремих частин бурового долота: лап, шарошок та підшипників або тіл кочення та сепараторів. Це суттєво спрощує та здешевлює технологічні операції виготовлення та складання бурового долота.

На доданих кресленнях надані 3 можливих варіанти виготовлення бурового долота, а саме: фронтальний розріз бурового долота з розбірними шарикопідшипниковими опорами - фіг. 1; фронтальний розріз бурового долота, з розбірними роликпідшипниковими опорами - фіг. 2; фронтальний розріз бурового долота з розбірними опорами, які складаються з типових підшипників кочення, оснащених зовнішніми та внутрішніми кільцями, тілами кочення та сепараторами - фіг. 3; фотографічне зображення дослідного зразка бурового долота, варіант з центральним соплом - фіг. 4.

Бурове долото (фіг. 1) містить корпус 1 з продувальними каналами 2 та породоруйнівні органи: внутрішній 3 та зовнішній 4, котрі виготовлені у вигляді торцевих шарошок. Породоруйнівні органи змонтовані на корпусі за допомогою розбірних підшипникових вузлів (опор) 5 та 6, які складаються з радіально-упорних шарикопідшипників. Робоча

швидкозношувана частина кожного породоруйнівного органа оснащена знімними кінцевими насадками 7 та 8. Кінцеві насадки виготовлені із зносостійкого матеріалу і армовані вставками (зубками) 9, виготовленими із твердого матеріалу, наприклад твердого сплаву на вольфрамо-кобальтовій основі або з надтвердого композиційного матеріалу на основі штучних та природних алмазів. Кінцеві насадки зафіксовані на торцях породоруйнівних органів відомими засобами, наприклад, за допомогою гвинтів.

Верхній радіально-упорний шарикопідшипник опори породоруйнівного органа 3 оснащений замковим кільцем 10 та пристроєм 11 для регулювання величини осьової гри в опорі, виготовленим, наприклад, у вигляді кінцевої шайби та болта. Шарикопідшипникова опора 5 зовнішнього породоруйнівного органа 4, в свою чергу, оснащена замковим кільцем 12 та різьбовою кришкою 13 для регулювання величини осьової гри в опорі. При цьому кришка оснащена ущільнювальним кільцем.

Варіант бурового долота (фіг. 2) містить корпус із продувальними каналами 2, породоруйнівні органи 3 та 4, котрі змонтовані на корпусі за допомогою підшипникових опор 14 та 15, котрі складаються з радіально-упорних конічних роликпідшипників, оснащених сепараторами. Підшипникові опори 14, 15 оснащені пристроями 16 та 17 для регулювання величини осьової гри. Наявність пристроїв 17 робить опори збірно-розбірними.

Варіант бурового долота (фіг. 3) містить корпус 1 з продувальними каналами 2, породоруйнівні органи 3 та 4, змонтовані на корпусі за допомогою підшипникових опор 18 та 19, котрі складаються з типових підшипників кочення: радіальних або радіально-упорних шарикопідшипників, радіально-упорних конічних роликпідшипників тощо, котрі оснащені зовнішніми та внутрішніми кільцями, тілами кочення та сепараторами. Наприклад, шарикопідшипники типу 0000 ГОСТ 8338-93; типів 60000 та 80000 ГОСТ 7242-85; типу 1000 ГОСТ 5720-75; типу 3000 ГОСТ 8545-78; типу 6000 ГОСТ 831-90; типу 7000 ГОСТ 333-94; типу 8000 ГОСТ 6874-82 тощо.

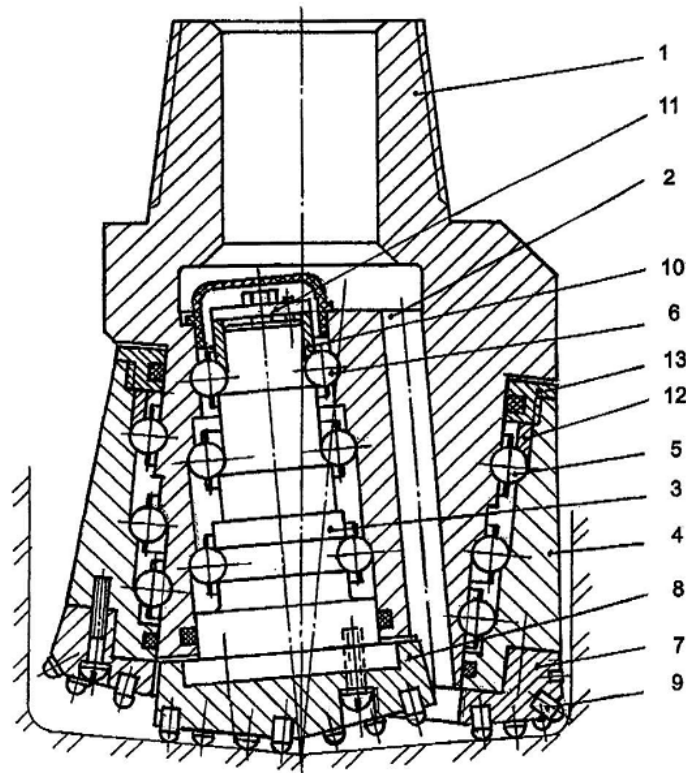
Породоруйнівні органи бурового долота оснащені знімними кінцевими насадками, виготовленими із зносостійкого матеріалу. Робочі поверхні насадок армовані вставками (зубками) 9, виготовленими із твердого матеріалу, наприклад із твердого сплаву на вольфрамо-кобальтовій основі або з надтвердого композиційного матеріалу на основі штучних та природних алмазів. При цьому вершини зубків можуть мати алмазне покриття.

Бурове долото працює наступним чином. Корпус долота з'єднують з буровою трубою бурової машини. Бурове долото з обертанням та заданим осьовим навантаженням подають на вибір свердловини. Одночасно з цим через продувальні канали 2 під тиском подають повітря. У міру занурювання зубків 9 в поверхню вибою свердловини, породоруйнівні органи вступають у механічний контакт з породою і перекочуються по вибою за рахунок обертання корпусу 1 долота. Зони контакту породоруйнівних органів з породою розташовані по різні боки від осі свердловини, що виключає можливість виникнення радіальних вібрацій доло-

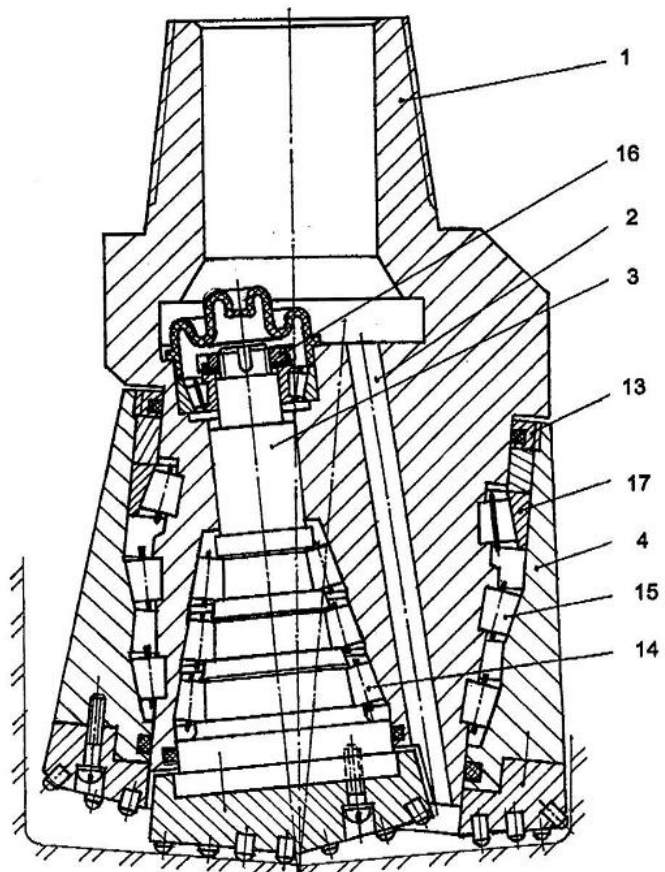
та щодо осі свердловини. Траєкторія руху кожного із зубків 9 озброєння кінцевих насадок 7 та 8 має вигляд біжучої хвилі. При цьому зубки 9 послідовно діють на локальні ділянки поверхні вибою, руйнують та подрібнюють певний шар породи. Потіки стиснутого повітря здувають буровий шлам з поверхні вибою і виносять його через затрубний обшир на поверхню. Конічна форма зовнішнього породоруйнівного органа зводить до мінімуму можливість контакту його поверхні із стінками свердловини. Цей фактор суттєво зменшує робочий крутний момент на валу двигуна-обертача та зводить до мінімуму нагрів елементів долота.

Стендові та натурні випробування дослідних зразків бурових доліт (наприклад, фіг. 4) показали високу ефективність цих доліт, порівняно з традиційними тришаршковими долотами, а саме:

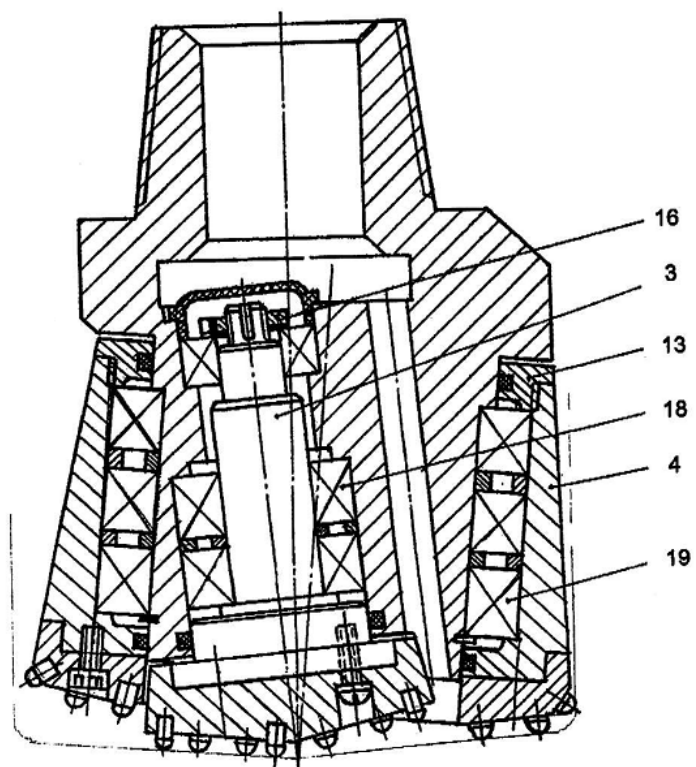
- підвищення механічної швидкості буріння у 2-2,5 разу за рахунок можливості збільшення величини навантаження на долото;
- зменшення у 2-3 рази величини потрібного крутного моменту двигуна-обертача;
- підвищення довговічності підшипникових опор долота у 10-45 разів за рахунок збільшення кута зони навантаження підшипників в опорах до 360° ;
- підвищення у 3-5 разів довговічності твердосплавного озброєння породоруйнівних органів за рахунок зміни траєкторії руху та кутів занурення зубків в породу; загальне підвищення ресурсу роботи долота у 4-5 разів за рахунок використання змінних комплектів озброєння.



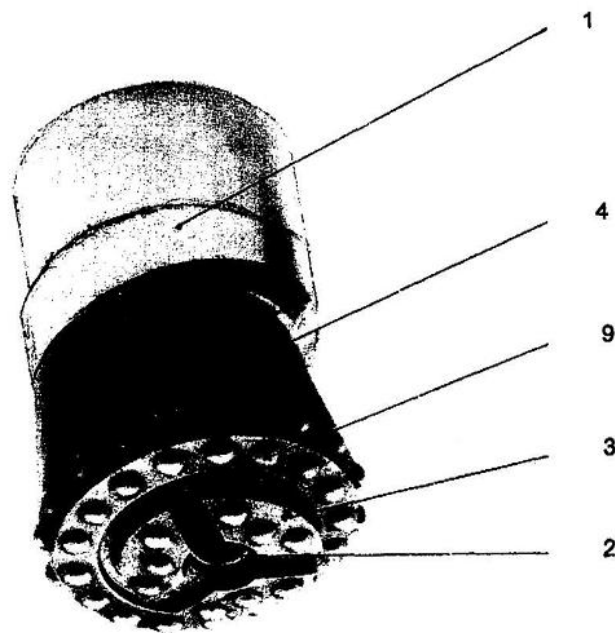
Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фіг. 4