

Изобретение относится к горной промышленности, а именно - к буровым шарошечным долотам для бурения с продувкой забоя воздухом.

Известны буровые шарошечные долота с конструктивной схемой опоры ролик - шарик - ролик и системой продувочных каналов для охлаждения долота (1). Однако недостаточно обоснованный выбор параметров замкового шарикового подшипника, воспринимающего при бурении значительные нагрузки, направленные вдоль оси цапфы, приводит к его разрушению и выходу долота из строя.

Известна конструкция бурового шарошечного долота со схемой опоры ролик - шарик - ролик, при этом конструкция замкового шарикового подшипника включает упорное кольцо, воспринимающее часть осевых усилий при сдвиге беговых дорожек замкового подшипника относительно друг друга от осевых усилий. Однако данное техническое решение приводит к дополнительному нагреву долота при работе упорного кольца и не позволяет эффективно защитить от скалывания или отгибания рабочий бурт шарикового подшипника на цапфе, обращенный в сторону стенки скважины (2).

Задача изобретения заключается в повышении ресурса работы долота путем усиления радиально-упорного замкового шарикового подшипника.

Поставленная задача решается тем, что в буровом шарошечном долоте, содержащем корпус с многовенцовыми шарошками, установленными на цапфах посредством радиально-упорного замкового шарикового подшипника качения, размещенного между периферийным и концевым опорными роликовыми подшипниками качения, диаметр d шариков в замковом шариковом подшипнике определяется из соотношения:

$$D/d = 11,3 \div 13,2;$$

где D - диаметр долота. При этом радиусы беговой дорожки на цапфе периферийного опорного роликового подшипника качения R_p и радиус беговой дорожки на цапфе по дну желоба радиально-упорного замкового шарикового подшипника качения R_w находится в соотношении:

$$R_p - R_w > 0,25 d$$

На фиг.1 показано в разрезе буровое шарошечное долото; на фиг.2 - дана в разрезе нижняя часть долота в увеличенном масштабе относительно фиг.1 с целью лучшего показа элементов опоры; на фиг.3 дан в разрезе фрагмент шарикового и периферийного роликового подшипников в увеличенном масштабе относительно фиг.1 и 2 с целью показа особенностей усиленного шарикового подшипника опоры.

Буровое шарошечное долото 1 вращается вокруг осевой линии 2 долота. Корпус долота выполнен из трех лап 3, из которых показана только одна. Каждая лапа 3 в нижней части включает в себя цапфу 4, на которой монтируется шарошка 5, армированная разрушающими породу элементами 6 в виде твердосплавных зубков (или фрезерованных на корпусе шарошки стальных зубков). Опорный узел шарошки 5 (опора долота) выполнен на подшипниках качения и содержит периферийный радиальный роликовый подшипник

7, концевой радиальный роликовый подшипник 8 и радиально-упорный шариковый подшипник 9. С помощью указанных подшипников качения шарошка 5 имеет возможность вращаться с минимальным реактивным моментом вокруг цапфы 4, передавая от нее нагрузку на забой скважины при бурении. От перемещений вдоль оси цапфы 4 шарошка 5 удерживается шариковым подшипником 9, выполняющим одновременно роль замкового подшипника - его шарики после сборки запираются замковым пальцем 10, который заварен швом 11.

Долото имеет следующую схему продувки опоры: через каналы 12 в лапе и 13 в цапфе для охлаждения и удалений попадающих частиц породы внутрь опоры подается сжатый воздух, который затем расширяется и в просветы между телами качения, зазоры 14 между цапфой и шарошкой, зазоры 15 между лапой и торцом шарошки выходит в призабойное пространство.

В опорном узле долота находится бурт 16, расположенный между поверхностью беговой дорожки 17 на цапфе периферийного подшипника 7 и дном желоба 18 шарикового подшипника 9.

Буровое шарошечное долото работает следующим образом.

Установленная на цапфе 4 лапа 3 шарошка 5 с помощью опорных роликовых 7 и 8 и упорного шарикового 9 подшипников вращается на цапфе 4 и своим вооружением 6 разрушает породу.

Практика горнорудного бурения показывает, что наиболее слабым звеном в конструкциях опор со схемой ролик - шарик - ролик является радиально-упорный шариковый замковый подшипник. Это происходит, поскольку в данной схеме опоры шариковый подшипник является единственным подшипником, воспринимающим составляющую общей нагрузки, направленную вдоль оси цапфы, тогда как составляющая в направлении, перпендикулярном оси цапфы, воспринимается всеми, в том числе и шариковым, подшипниками опоры.

Неудовлетворительная работоспособность шарикового подшипника 9 проявляется потрем направлениям. Во-первых, на его рабочих поверхностях на цапфе и шариках появляются усталостные контактные повреждения в опережающем порядке по сравнению с роликовыми подшипниками 7 и 8, во-вторых, из-за перенапряжений наблюдается раскалывание шариков, приводящее к последующему катастрофическому износу опоры. В-третьих, рабочий бурт шарикового подшипника на цапфе 16, обращенный в сторону стенки скважины, на определенном этапе работы либо скалывается от усталостных напряжений, либо отгибается с проявлением ползучести, защемляя ролики радиального подшипника 7. В случае поломки бурта 16 ролики периферийного подшипника 7 теряют направление и разворачиваются в беговой дорожке 17, а в случае защемления роликоподшипник качения превращается в своеобразный подшипник скольжения. В обоих случаях происходит форсированное разрушение опоры и выход долота из строя.

Для преодоления указанных недостатков необходимо усиление радиально-упорного шарикового подшипника в опоре, усиление подшипника производится за счет шариков увеличенного диаметра, выполненных в

определенном соотношении к размеру долота.

Поскольку наружные контуры шарошек, а, следовательно, и их внутреннее пространство для размещения опоры, ограничены размером долота, диаметр беговой дорожки шарикового подшипника в шарошке колеблется в незначительных пределах, в зависимости от конкретных конструктивных воплощений. При этом объем, и следовательно, мощность шарикового подшипника существенно изменяется от диаметра применяемых шариков.

Для выбора оптимальных размеров, используемых в радиально-упорном подшипнике, можно ввести в качестве критерия коэффициент $K = D/d$, где D - диаметр шарошечного долота, показанный на фиг.1 и фиг.2, а d - диаметр шарика подшипника, показанный на фиг.1.

В долотах, выпускаемых заводами бывшего СССР, диаметр применяемых в опоре шариков меньше диаметра долота в 14,17 - 17,0 раз; в долотах, выпускаемых фирмами Европы и США, $K = 17,0 \div 17,56$.

Предлагаемый в настоящем техническом решении диапазон значений критерия K составляет: $K = 13,2 \div 11,3$. При диаметре шариков, начиная с $K = 13,2$, происходит существенное усиление шарикового подшипника, которое затем нарастает по мере уменьшения K , т.е. увеличения диаметра шариков. Однако ниже значения $K = 11,3$ возникает серьезная опасность поломки цапфы, поскольку при практически неизменном наружном диаметре подшипника с увеличением размеров применяемых шариков неизбежно происходит уменьшение диаметра беговой дорожки на цапфе. Кроме того, с увеличением диаметра шариков растет диаметр сверления под замковый палец 10, через который шарик вводится в беговую дорожку 18 при сборке секции долота, что также приводит к ослаблению цапфы.

При работе долота под воздействием реакции забоя шарошка 5 стремится переместиться вдоль оси цапфы 4 в сторону стенки скважины. Типичная картина износа опор долот показывает, что рабочим буртом шарикового подшипника является бурт 16, расположенный со стороны периферийного радиального роликового подшипника 7 (фиг.2, 3). Бурт 16 одновременно является направляющим буртом для роликов подшипника 7.

Для обеспечения прочности бурта 16 необходимо, чтобы поверхность беговой дорожки 17 на цапфе у периферийного подшипника 7 возвышалась над дном желоба 13 шарикового подшипника 9 на величину, превышающую $0,25 d$, где d - диаметр шарика подшипника 9. На фиг.3 эта величина обозначена h , следовательно $h = (R_p - R_w) > 0,25 d$, где R_p - радиус беговой дорожки на цапфе периферийного опорного роликового подшипника 7; R_w - радиус беговой дорожки на цапфе по дну желоба радиально-упорного замкового шарикового подшипника 9.

В известных конструкциях величина h равна или меньше $0,25 d$, вследствие чего дно желоба 18 подшипника 9 недостаточно заглублено в цапфу относительно роликовой дорожки

подшипника 7 или даже возвышается над дорожкой 17 роликового подшипника 7. При этом рабочий бурт 16 приобретает консольную конструкцию и для обеспечения его прочности требуется наращивать его толщину, теряя пространство для размещения более мощных подшипников.

В предлагаемой конструкции усилия реакции шарошки передаются шариками, упирающимися в основной или полностью в монолит цапфы. При этом верхняя часть бурта 16 выполняет единственную функцию - является только направляющим буртом для роликов подшипника 7 и не разрушается под воздействием осевых усилий при работе долота.

Пример.

В промышленных условиях проводились сравнительные испытания трехшарошечных буровых долот, изготовленных в соответствии с предлагаемым техническим решением, а также долот, имеющих традиционный опорный узел. При этом, для получения максимально достоверных результатов, экспериментальные опытные долота и стандартные долота имели практически одинаковое вооружение. Конструкция систем продувки также совпадала в сопоставляемых долотах.

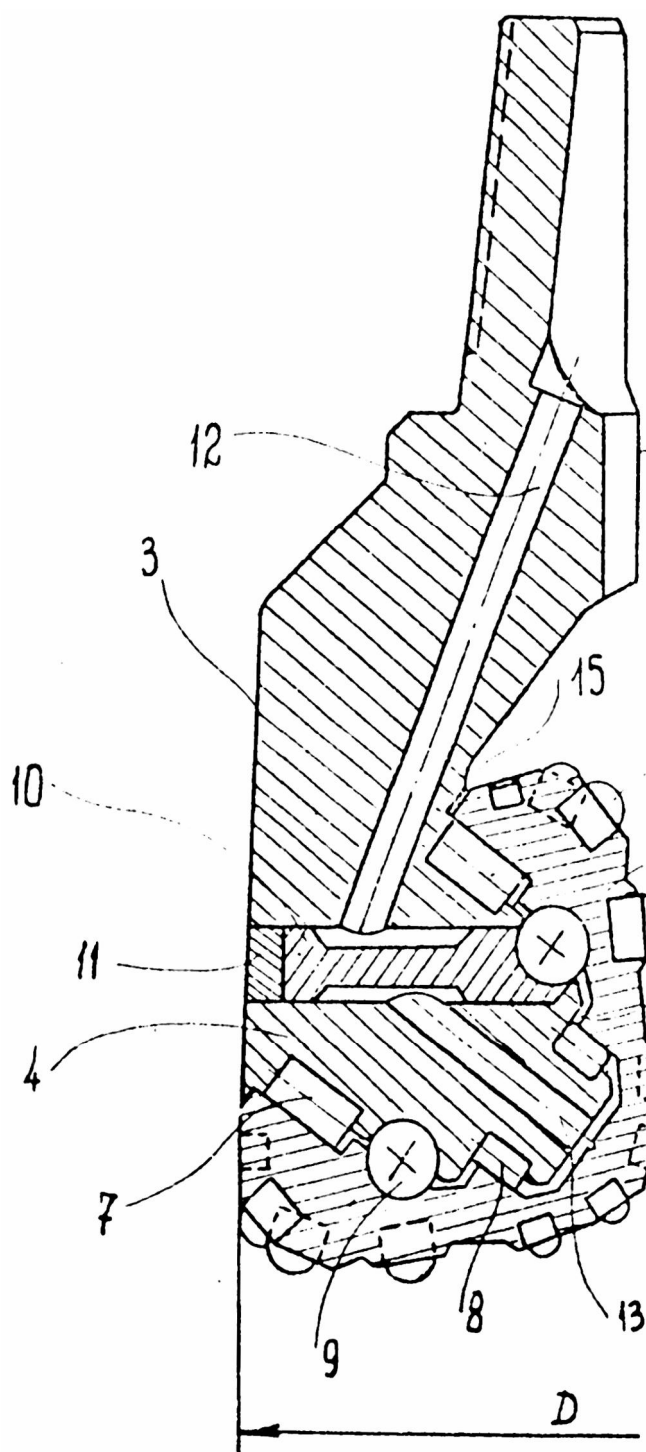
Технические параметры экспериментальных долот. Долота размером 244,5мм, предназначенные для бурения абразивных крепких пород, оснащенные твердосплавными зубками со сферической формой головки. Новая конструкция опоры по схеме ролик - шарик - ролик изготовлена в соответствии с рекомендациями изобретения. В замковом радиально-упорном подшипнике были использованы шарик диаметром 19,05мм, при этом значение коэффициента K составляло: $K = 12,83$. Поверхность роликовой дорожки возвышалась над дном желоба на 7мм, таким образом

$$h = R_p - R_w = 0,39 d.$$

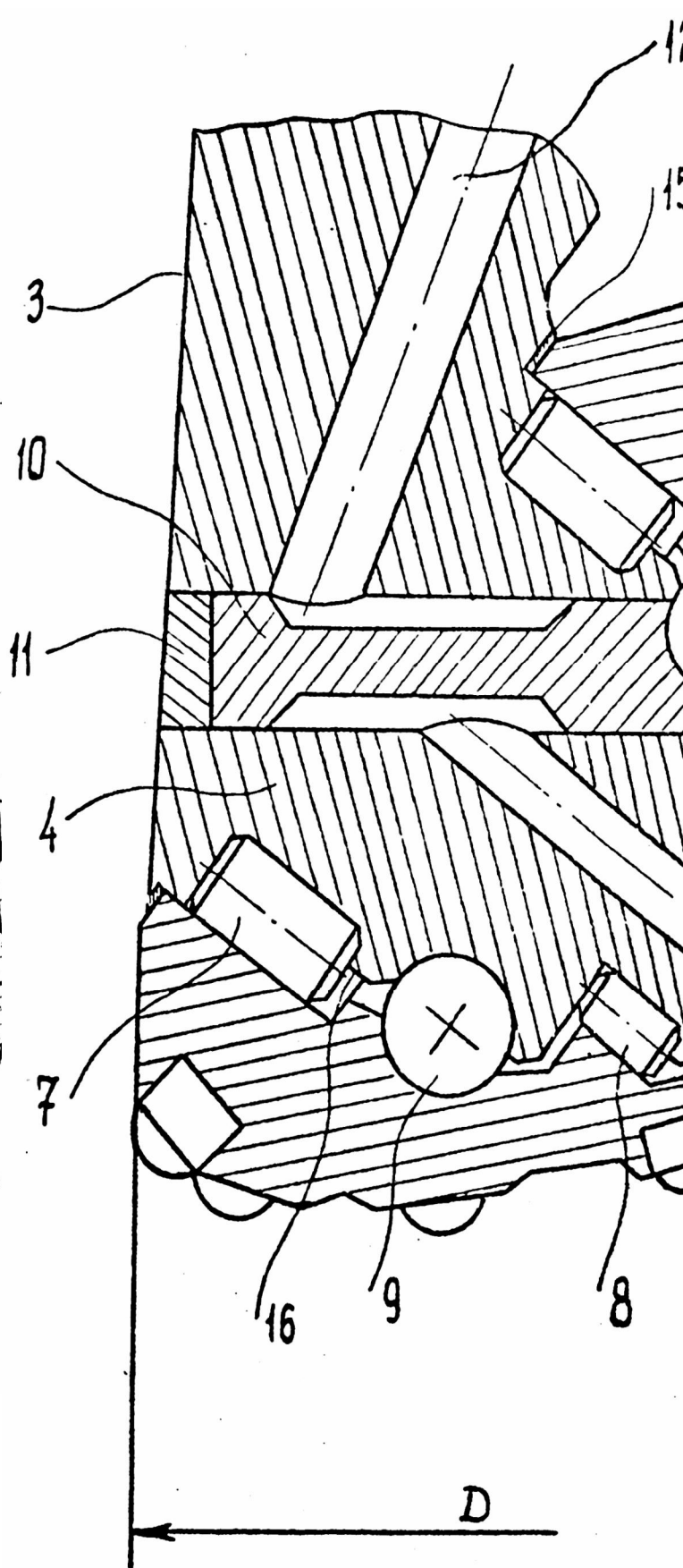
Технические параметры базовых долот, используемых для сопоставления результатов. Размер долот 244,5мм; конструкция опоры ролик - шарик - ролик. Размер шариков в радиально-упорном замковом подшипнике: $d = 15,875$ мм, коэффициент $K = 15,4$. Поверхность беговой дорожки возвышалась над дном желоба на 0,7мм, откуда $h = 0,045 d$, т.е. $h < 0,25 d$.

При бурении взрывных скважин в железистых кварцитах различной прочности получено увеличение износостойкости опоры опытных долот в 3,2 раза в породах крепостью $f = 16$ и в 2,6 раза в породах крепостью $f = 20$.

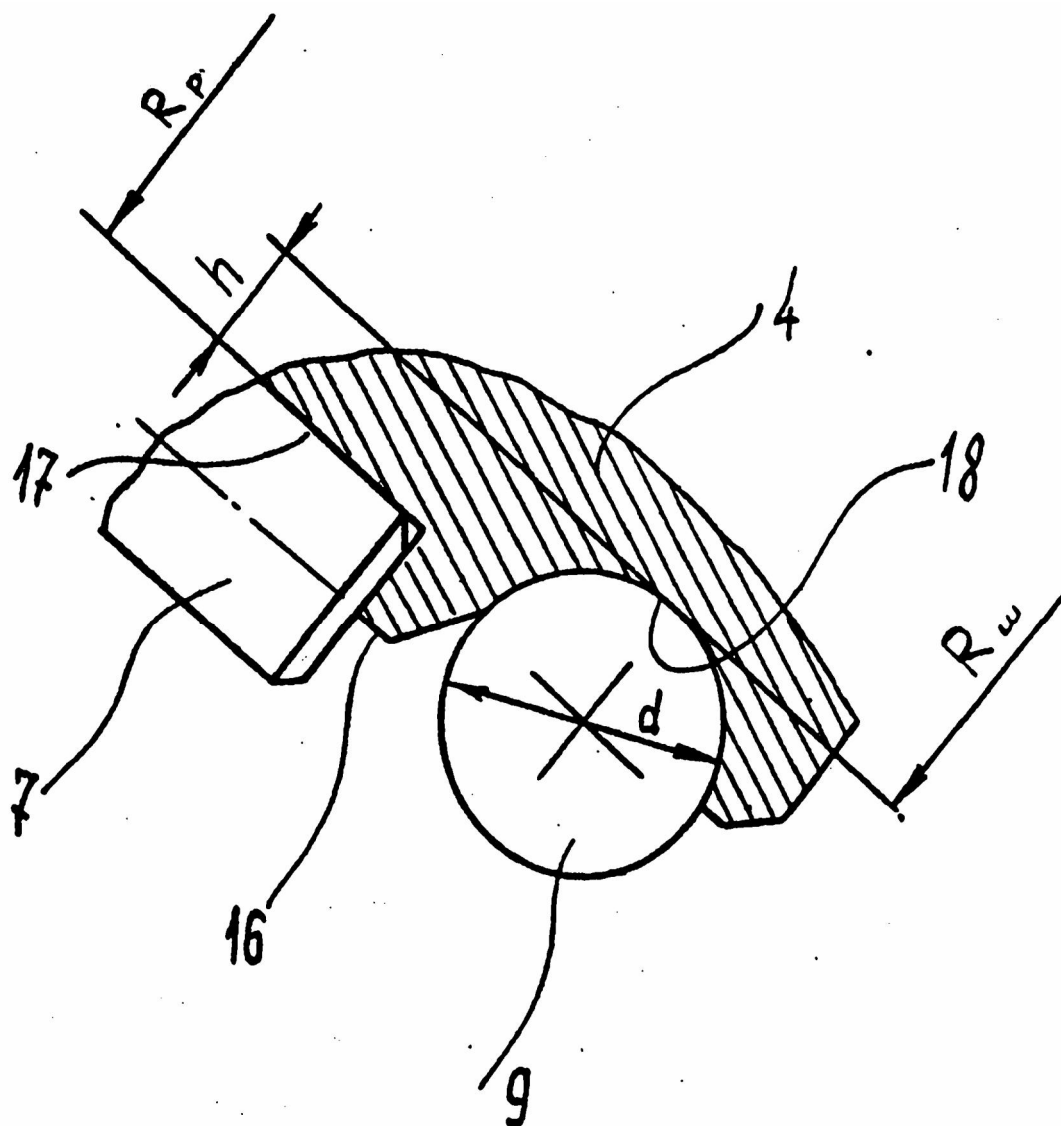
Применение долот с усиленным радиально-упорным подшипником дает возможность увеличить ресурс работы долота за счет меньшего износа опоры и элементов вооружения. Это позволяет повысить эффективность бурения скважин и снизить их себестоимость.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3