

*The critical overview of the magnetic fishing tools is given. The construction of the developed fishing mill with mobile magnetic system on the basis of high power permanent magnets has been described.*

**Key words:** *borehole, fishing tool, permanent magnet, fishing mill.*

#### **Література**

1. А. с. 1090846 СССР, МКИ Е 21 В 31/06. Магнитный ловитель / Ю.А. Курников, Н.Ф. Коржик, Л.И. Романишин и др. – Опубл. 07.05.84, Бюл. №17.
2. А. с. 171347 СССР, МКИ Е 21 В 31/06. Магнитный фрезер-паук / В.А. Серенко, И.А. Серенко, В.В. Гостев. – Опубл. 26.05.65, Бюл. № 11.
3. Pat. 4059155 USA, IC E21 В 31/06. Junk basket and method of removing foreign material from a well / Tom R. Greer. – Publ. 22.11.77.
4. Романишин Л. І., Романишин Т. Л. Дослідження впливу конструктивних чинників на ефективність роботи магнітних ловильних пристроїв // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сборник научных трудов. – Вып. 13. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, НАН Украины, 2010. – С. 66–71.
5. Куневич А. В., Подольский А. В., Сидоров И. Н. Ферриты: Энциклопедический справочник: В 5 томах. – СПб.: Информационно-издательское агенство «ЛИК», 2004. – Т. 1. Магниты и магнитные системы. – 358 с.

*Надійшла 15.06.11*

УДК 622.24.051.73

**Р. С. Яким**, канд. техн. наук

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна*

#### **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ ВІДКРИТИХ ОПОР ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ**

*Встановлено, що на інтенсивність руйнування відкритих опор шарошкових доліт суттєво впливають процеси проковзування і перекошування роликів великого підшипника в ділянці переходу «навантажена сторона – ненавантажена сторона». Опори в процесі роботи повинні забезпечувати якомога тривало мінімальні значення зазорів і биття (особливо торцевого) шарошки.*

**Ключові слова:** *шарошкове долото, опора, биття, руйнування*

Однією з важливих проблем у довговічності тришарошкових бурових доліт є ефективність роботи опор. Відкриті опори працюють в умовах значних контактних навантажень у присутності корозійного середовища і абразиву. Це суттєво сприяє руйнуванню і заклинюванню елементів опори. В результаті при працездатному породоруйнуючому оснащенні долото виходить з ладу. За таких умов вивчення ефективності функціонування підшипників опор є актуальним і має важливе практичне значення для розкриття резервів підвищення довговічності шарошкових бурових доліт.

Конструкція відкритих опор тришарошкових бурових доліт обумовлює односторонню навантаженість бігових доріжок цапф лап зі сторони вибою. Це спричинює знос і руйнування в межах сектору навантаженої зони цапфи лапи.

Промисловими спостереженнями встановлено, що однією з причин передчасного руйнування опор є проковзування тіл кочення в підшипниках кочення. Явище проковзування в підшипниках при великих питомих навантаженнях сприяє виникненню дотичних напружень в контактах і викришуванню поверхневих шарів, а присутність абразиву приводить до інтенсифікації процесів руйнування контактуючих поверхонь опори.

Зокрема, встановлено [1], що проковзування роликів великого підшипника відбувається у більшій мірі в ненавантаженій, ніж у навантаженій зоні підшипників. У всіх випадках зі зростанням навантаження проковзування в навантаженій зоні зменшується, а у ненавантаженій зоні збільшується. Значний вплив на проковзування роликів здійснює зазор в підшипнику. З ростом посадкового зазору зменшується кут зони навантаження, тобто зменшується число контактуючих

роликів. Однак аналіз відпрацьованих бігових доріжок цапф лап вказує на те, що найбільше проковзування відбувається в ділянці виходу роликів з навантаженої сторони (рис. 1). Причому проковзування інтенсифікується у міру зростання зазорів між тілами кочення. Тут добре виражені три ділянки, що відрізняються характером руйнування.

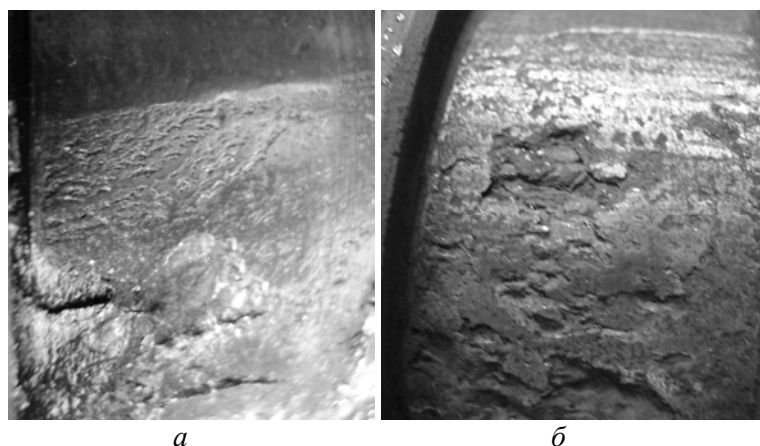


Рис. 1. Руйнування роlikової бігової доріжки цапфи долота в ділянці переходу «навантажена сторона – ненавантажена» (зліва розташована бігова доріжка замкового кулькового підшипника): а – пряма лінія переходу орієнтована під кутом  $30^\circ$ ; б – крива лінія переходу, орієнтована під кутом  $10^\circ$

Так, у найбільш навантаженій зоні спостерігається контактне руйнування, утворене нормальними динамічними навантаженнями. Далі руйнування спричинюються щораз зростаючою дією дотичних навантажень, що характеризують ковзання тіл кочення по біговій доріжці в умовах дії нормальних навантажень. І, нарешті, найбільш яскраво виділяється ділянка, де тіла кочення виходять з навантаженої зони і діють максимальні дотичні навантаження. На біговій доріжці спостерігається різкий перехід між зоною катастрофічного руйнування цементованого шару і працездатною, менше навантаженою ділянкою бігової доріжки.

Необхідно зауважити, що у всіх випадках, де були виявлені перекошені і розвернуті ролики, цей перехід мав форму кривої лінії (кромка цементованого шару), що орієнтується під деяким кутом до осі цапфи (як правило не меншим  $30^\circ$ ), а також коли лінія має значну кривизну. Це пояснює той факт, що рух роликів у навантаженій зоні утруднюється виникненням опорів по лінії твірної, що призводить до ефекту ризання тіла кочення. При цьому відбувається різке зменшення ділянки навантаженої лінії твірної ролика. В умовах значних динамічних навантажень це може призвести до розколювання ролика. Відтак ролик витісняється з навантаженої зони вже з деяким перекосом. Далі, втрачаючи зчеплення з біговою доріжкою і вдаряючись до інших роликів чи буртів постелі бігової доріжки, його орієнтація стає випадковою. При деформації буртів чи наявності фрагментів зносу елементів опори розколених тіл кочення ролики розвертаються. Тобто виникнення перекоосу твірних роликів у всіх випадках здійснює негативний вплив на роботу підшипників, в яких наявне проковзування роликів, що узгоджується з отриманими даними в [2].

З другої сторони, в момент припрацювання і усталеної роботи опори відбувається зростання кута між віссю симетрії шарошки і цапфи. Це спричинює до різкого зростання контактних навантажень в роликівих рядах, які є дуже чутливими до перекошування. Крім цього, гострий край ролика вступає у взаємодію з буртами і біговою доріжкою, тим самим прискорюються руйнування контактуючих ділянок. Так, контактні руйнування на бігових доріжках периферійного роликівого підшипника виникають в ділянці її країв (рис. 2). І навіть використання роликів з закругленими меридіанами не вирішує цю проблему через значні кути перекошування в опорі та неможливість забезпечити рівномірність розподілу навантаження по всій твірній роликів [2, 3]. Тому важливим є недопущення швидкого виникнення таких перекошуваль.



*Рис. 2. Втомне контактне руйнування в навантаженій зоні цапфи лапи по краях бігової доріжки великого роликового підшипника*

Максимальний кут перекоосу в опорі виникає при максимальному посадковому зазорі у великому роликовому і мініимальному – в малому роликовому підшипниках. Протилежне поєднання посадкових зазорів у радіальних підшипниках майже повністю усуває перекошування в опорі і підвищує довговічність радіально-упорного кулькового і великого роликового підшипників у порівнянні з попереднім випадком в 3-4 рази [3]. При цьому у більшості випадків втомна міцність опори залежить від довговічності великого роликового підшипника.

Необхідно зауважити, що невраховуючи деформацій в підшипниках опори при перекосах всі осьові зусилля в опорі сприймають упорні підшипники ковзання. Замковий підшипник в цьому випадку не сприймає навантажень. Все радіальне навантаження сприймають роликові підшипники. Коли під дією осьового зусилля вступить в роботу замковий підшипник, його кульки в нижній частині будуть зміщуватися. У результаті зносу і руйнування в навантаженій зоні кулькової бігової доріжки буде виникати друга бігова доріжка (рис. 3). Відтак буде зростати кут між осями цапфи лапи і шарошки.

Відомо, що посадкові зазори у кінцевих підшипниках визначають значення ексцентричності прикладання осьового навантаження, а саме, при їх збільшенні утворюється нерівномірність розподілу навантаження між тілами кочення замкового підшипника. Часткове усунення цього досягається кутовим зміщенням осі бігової доріжки цапфи роликового підшипника відносно осі бігової доріжки шарошки. Однією з основних причин зниження довговічності опори при недостатній точності виготовлення її елементів є роздільна, неузгоджена робота упорного підшипника ковзання і замкового підшипника [4].



*Рис. 3 Характер крихкого руйнування бігової доріжки замкового підшипника в навантаженій стороні цапфи лапи*

В момент припрацювання і устаненого зношування основне навантаження припадає на упорний підшипник. Причому його експлуатація на початковому етапі характеризується гранично допустимими режимами. Після того як поверхні осьових підшипників зношуються, в роботу вступає замковий підшипник. Це спричинює припрацювання окремих підшипників в неоптимальних умовах, коли знос сусідніх підшипників уже досягнув певних значень. Тому автори [4] рекомендують конструкції вузлів, які б забезпечували розвантаження замкового кулькового підшипника і кінцевого підшипника ковзання. Разом з цим в [5] рекомендується виконувати замковий підшипник для основного сприйняття осьового зусилля, а упорний ковзання повинен відігравати допоміжну функцію. Проте найкраща працездатність опор з осьовими підшипниками ковзання забезпечується рівномірним

навантаженням на елементи опори [6]. Це досягається мінімальними зазорами між п'ятою і підп'ятником в даній конструкції опори, а також забезпеченням стабілізації опори в осьовому напрямку парою тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” [7]. З цією метою вивчено вплив биття шарошок на експлуатаційні показники опори Р-К-Р з підшипниками ковзання.

На ВАТ „Дрогобицький долотний завод” (ВАТ „ДДЗ”) було виготовлено експериментальні партії секцій бурових доліт з відкритою опорою для високообертового буріння 244,5 ОК-ПГВ Д26У. Випробовування доліт проводили на стенді (СВД) ВАТ „ДДЗ” при забезпеченні осьового навантаження на долото 170-180 кН.

Як відомо, зазори в опорі суттєво впливають на биття шарошки. З метою встановлення впливу биття на експлуатаційні показники опори були випробувані вибрані три однакові серійні комплекти, у яких були заміряні значення радіального і торцевого биття шарошки. Після відпрацювання комплектів на стенді протягом 20 год. був заміряний лінійний знос на цементованому упорному торці шарошки. Це дало можливість найбільш коректно оцінити спричинене зносом осьове зміщення в опорі. Оскільки знос наплавленого шару становив у всіх випадках 0,01 мм, то оцінювали знос цементованого упорного торця шарошки. Необхідно зауважити, що цементований шар упорного торця шарошки не забезпечує необхідну стійкість у порівнянні з наплавленим торцем лапи. Тут виникають значні руйнування цементованого шару з його відшаруванням (рис. 4). Це призводить до значних опорів руху шарошки, схоплюванню та заїданню контактуючих поверхонь. І якщо у закритих опорах можна значно покращити умови роботи пар тертя шляхом забезпечення вибіркового перенесення, то у відкритих опорах це є проблематичним.



Рис. 4. Відшарування фрагментів цементованого шару на упорному торці шарошки зі сталі 14ХНЗМА-В ( $\times 500$ )

Вплив середніх значень радіального (0,433 мм.) і торцевого (0,5 мм.) биття шарошки відносно цапфи лапи на знос упорного торця (0,423 мм.) оцінювали методом найменших квадратів. Отже, при відсутності биття шарошки знос є мінімальним і, очевидно, залежить від конструктивного виконання упорного підшипника ковзання „п'ята-підп'ятник” та узгодженої роботи всіх підшипникових рядів опори. Разом з тим торцеве биття в досліджуваних межах має сильніший вплив, ніж радіальне приблизно на 20,6%. Це може бути пояснене тим, що при відпрацюванні долота з високими значеннями торцевого биття зростають ударні навантаження. В результаті інтенсифікується процес руйнування відповідальних поверхонь опори. Крім цього, в роботу інтенсивно вступає замковий підшипник кочення та роликові ряди опори. Як було показано вище, замковий підшипник, будучи нерозрахованим на сприймання значних навантажень, інтенсивно руйнується. Зокрема, поряд з руйнуванням бігових доріжок (рис 3) в навантаженій зоні зафіксовано випадки руйнування кульок (рис. 5). Це, в свою чергу, якщо не спричинить заклинювання опори, то створить вкрай важкі умови для функціонування роликових рядів, які не в змозі нормально працювати при значних осьових навантаженнях. Отримані дані добре узгоджуються з відомими результатами досліджень впливу точності складання опори на її напруження [2, 4].



Рис. 5. Руйнування кульок замкового підшипника опори: а – сколювання фрагменту кульки; б – розколювання кульок пополам і на декілька частин

Отже, на інтенсивність руйнування відкритих опор шарошкових доліт суттєво впливають процеси проковзування і перекошування роликів великого підшипника в ділянці переходу „навантажена сторона – ненавантажена сторона”. Поряд зі збільшенням вантажності замкового кулькового підшипника та підвищенням контактної тривкості цапфи лапи у навантаженій зоні важливим є стабілізація роботи опори і недопущення швидкого виникнення явищ проковзування й перекошування роликів. Це може бути досягнуто узгодженою роботою підшипників опори і особливо підвищенням довговічності осьових підшипників ковзання. Опори в процесі роботи повинні забезпечувати якомога тривало мінімальні значення зазорів і биття (особливо торцевого) шарошки. Для належного функціонування осьових підшипників ковзання, зокрема пари тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки”, необхідно забезпечити відведення тепла від цементованого торця, а також створити умови для оптимальних умов тертя.

*Установлено, что на интенсивность разрушения открытых опор шарошечных долот существенно влияют процессы проскальзывания и перекося роликів большого подшипника в участке перехода «нагруженная сторона - ненагруженную сторону». Опоры в процессе работы должны обеспечивать как можно длительно минимальные значения зазоров и биений (особенно торцевой) шарошки.*

**Ключевые слова:** шарошечное долото, опора, биение, разрушение.

*Sliding and warping of rollers in opened bearings of three-cone rock bits can be avoided by using coordinated running of bearings and providing with minimum values of clearances and beating (especially butt end beating) of the cone as to arm pin. Directions of efficiency increase of ball bearing and axle one of bearings sliding are defined.*

**Key word:** roller bit, support, beating, destruction.

### Література

1. Барыльник В. Н. Влияние основных факторов на величину проскальзывания роликів в опорах долот / Н. И. Марухняк, Н. А. Жидовцев, С. А. Посташ, В. Ф. Еременко // Нефтяная и газовая промышленность. – 1975. – № 3. – С. 9 – 12.
2. Посташ С. А. Повышение надежности и работоспособности шарошечных долот. / С. А. Посташ – М.: Недра, 1982. – 120 с. – (Межиздательская серия „Надежность и качество”).
3. Рымар А. М. Повышение несущей способности подшипников качения опор шарошечных буровых долот: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02 „Машиноведение и детали машин” / Рымар Александр Миронович. – Львов, 1987. – 263 с.
4. Долговечность шарошечных долот. / Жидовцев Н. А., Кершенбаум В. Я., Гинзбург Э. С. и др. – М.: Недра, 1992. – 272 с.
5. Барыльник В. Н. О совместной работе подшипников опоры шарошек, выполненной по схеме Р-Ш-С-У / В. Н. Барыльник, А. В. Зубарев, С. А. Посташ // Реферативный

- научно-технический сборник Машины и нефтяное оборудование. – 1987. – № 1. – С. 14 – 18.
6. Петрина Ю. Д. Вплив конструкторсько-технологічних параметрів на працездатність опор тришарошкових гірничорудних бурових доліт / Ю. Д. Петрина, Р. С. Яким, Т. Б. Пасинович // Нафтогазова енергетика. – 2008. – № 1 (6). – С.72 – 77.
7. Підвищення працездатності пари тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” в тришарошкових бурових долотах для високообертового буріння / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 4 (29). – С.90 – 97.

Надійшла 31.03.10

УДК 622.244.4.06

**А. И. Вдовиченко**, чл.-кор. АТН України

*Союз буровиков Украины*

## **К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТЕ РЕБИНДЕРА И ДЕЙСТВИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ АЛМАЗНОМ БУРЕНИИ**

*На основе анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований, также практического опыта установлено, что эффект Ребиндера не оказывает существенного влияния на повышение эффективности алмазного бурения при использовании ПАВ. На повышение стойкости алмазного инструмента основное влияние оказывает способность эмульсионной промывочной жидкости образовывать в зоне трения хемосорбированные вязко-пластичные сверхпрочные пленки.*

**Ключевые слова:** эффект Ребиндера, ПАВ, стойкость алмазного инструмента.

Эффект Ребиндера – (адсорбционное понижение прочности), изменение свойств твердых тел вследствие протекания химических процессов, вызывающих уменьшение поверхностной (межфазной) энергией тела. Проявляется в снижении прочности и возникновения хрупкости, уменьшения долговечности, облегчения диспергирования. Эффект был открыт академиком П.А. Ребиндером в 1928 году а в 1944 году некоторые неорганические электролиты и поверхностно-активные вещества (ПАВ) были рекомендованы как понизители твердости в бурении [1].

Профессор Днепропетровского горного института Е.Ф. Эпштейн в 1969 году установил зависимость механической скорости бурения от поверхностного натяжения промывочной жидкости [2]. Это положение на протяжении нескольких десятилетий, вплоть до настоящего времени, стало каноническим правилом и связывало большие надежды для большинства буровиков, как ученых, так и практиков, в увеличении механической скорости бурения, а также послужило основой для определения основных направлений совершенствования промывочных жидкостей в бурении, несмотря на то, что глубоких фундаментальных исследований по этому вопросу на то время не проводилось, а интерпретация экспериментальных и практических результатов, как по количеству, так и по разнообразию условий имела невысокий уровень достоверности.

Если для твердосплавного, шарошечного и, особенно ударно-вращательного бурения пористых пород, это положение, в какой то мере, могло быть допустимым [3], то для алмазного высокооборотного в твердых породах, оно никак не увязывалось с элементарными теоретическими расчетами и имело большие расхождения с результатами накопленного практического опыта и достижений в области использования эмульсионных промывочных жидкостей.

Профессор Томского политехнического университета В.Д. Евсеев в 1985 году разработал новую концепцию действия эффекта Ребиндера на основе явлений электризации свежих поверхностей при разрушении хрупких диэлектрических порообразующих минералов [4]. Введены новые ключевые понятия, характеризующие процесс разрушения минералов-диэлектриков. Развитие трещин нормального отрыва сопровождается пространственным разделением противоположных по знаку электрических зарядов. Вводится такие понятия как время релаксации зарядов в разрушаемом диэлектрике ( $T$ ) и жидкости ( $t$ ), проникающей в полость растущей трещины. Релаксация зарядов - это