

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ УДАРНО-АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ОЗБРОЄННЯ БУРОВОГО ІНСТРУМЕНТУ

О.М. Семеген, З.М. Одосій, М.М. Семеген

ІФНТУНГ, 76019, м Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46077,
e-mail: public@nung.edu.ua

Описано розроблений пристрій, для дослідження параметрів ударно-абразивного зношування елементів озброєння бурового інструменту та для отримання залежності змін форми зубків від факторів буріння в процесі їх зношування в умовах, що є близькими до реальних умов роботи озброєння породоруйнівного інструменту. Моделювання процесу руйнування озброєння бурового інструменту вирішується завдяки конструктивним особливостям пристрою, що дають можливість створити об'ємний циклічний характер зміни напряму і вектора навантажень на досліджуваній елемент озброєння бурового інструменту та забезпечити прокочування та ковзання робочої поверхні зубків поверхнею контрзразка через шар абразиву. Дані дослідження дозволять удосконалити конструкцію робочих елементів породоруйнівного озброєння шарошkových доліт з метою підвищення їх працездатності.

Ключові слова: шарошкове долото, ударно-абразивне зношування, озброєння бурового інструменту, зубок.

Описано разработанное устройство, для исследования параметров ударно-абразивного износа элементов вооружения бурового инструмента и получения зависимости изменения формы зубков от факторов бурения в процессе их износа в условиях, близких к реальным условиям работы вооружения породоразрушающего инструмента. Моделирование процесса износа вооружения бурового инструмента обеспечивается благодаря конструктивным особенностям устройства, которые позволяют создать объемный циклический характер нагружения и изменения направления вектора нагрузок на исследуемый элемент вооружения бурового инструмента, а также обеспечить прокатывание и скольжение рабочей поверхности зубков поверхностью контрзразка через слой абразива. Данные исследования позволяют совершенствовать конструкцию рабочих элементов породоразрушающего вооружения шарошковых долот с целью повышения их работоспособности.

Ключевые слова: шарошечное долото, ударно-абразивный износ, вооружения бурового инструмента, зубок

The article describes the developed device that can be used for examing the parameters of shock-abrasive wear of the arms drilling tool elements and to get the depending variation of the form from factors of the drilling in the process of wear. The conditions are similar to real conditions of operation of armament rock tool. Modeling of wear arms drilling tool is provided by the design of the device that allows to create a surround cyclical loading and provides rolling and sliding of the arms drilling tool through a layer of abrasive. These studies will improve the design of weapons drilling bits items and their performance

Key words: roller bit drilling, shock-abrasive wear, arms drilling tool, teeth

Основний об'єм буріння свердловин різного призначення в нафтогазовидобувній промисловості здійснюється шарошковими долотами, які протягом останніх 50 років є основним видом породоруйнівного інструменту, що забезпечує 85 ... 95% об'ємів буріння свердловин [1]. Породоруйнівний інструмент призначений для одноразового використання, це зумовлює підвищені вимоги до його проектування, виготовлення та експлуатації.

Бурове шарошкове долото – один з небагатьох інструментів, роботу якого спостерігати безпосередньо в реальних умовах неможливо: воно працює на великій глибині, а відповідної апаратури, здатної з достатньою точністю реєструвати всі явища, які відбуваються у вибої, ще не створено. Термін служби доліт знаходиться в широкому діапазоні (в межах 5-45 год., а іноді й більше в залежності від властивостей порід). Бурове долото – це нероз'ємна складна конструкція. Долото при бурінні глибоких свердловин, як правило, не опускають

повторно у вибій. Сучасне виробництво бурового інструменту не передбачає ремонту або відновлення доліт.

В процесі буріння внаслідок зношування відбувається зміна форми та початкових параметрів робочих елементів долота (рис. 1), що призводить до збільшення площі взаємодії озброєння з вибоєм і, як наслідок, до зниження контактних напружень та ефективності самого буріння. За результатами досліджень темп проходки залежить не тільки від параметрів режиму буріння, початкової геометрії та конструктивних особливостей робочих елементів, властивостей руйнуючої гірської породи, але і від того, якої форми набувають поверхні робочих елементів шарошок в процесі зношування.

Долото працює в умовах високої динамічності та циклічності прикладання навантажень, а також за високого гідростатичного тиску, який може досягати 6000 - 8000 МПа. На долото передається обертовий момент до 2,8 кНм, крім того очисний агент витікає з насадок зі

швидкістю до 50-100 м/с, що діють на зубки. Навантаження мають циклічний характер з числом циклів напружень до 18 Гц при турбінному бурінні та до 3 Гц при роторному. Протягом роботи шарошкового долота у вибої загальна кількість циклів навантажень, близька до $1 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^5$ та вище, є достатньою для настання втомного зношування металу, особливо в умовах високих напружень, наявності різких переходів від тіла шарошки до зубка. Втомна міцність озброєння долота знижується в результаті взаємодії з корозійно-активним середовищем. Характер зародження та поширення тріщин в твердому сплаві обумовлює зв'язок між його довговічністю та параметрами її механіки руйнування [2].



Рисунок 1 – Спрацювання шарошкового долота

Зубки шарошки експлуатуються в надважких умовах. За умов сумісного впливу статичних і динамічних навантажень та абразивної дії породи, що руйнується, зубки повинні бути одночасно надміцними і зносостійкими [3, 4, 5].

Під час переключування шарошки нерівним вибоєм зубки сприймають різні за характером та величиною деформації. Тіло зубка в поперечному перерізі сприймає стискання і знакозмінний згин. Величина згинальних напружень є максимальною біля основи зубка, а стискаючих — біля його вершини.

Значний вплив на ефективність роботи зубків в умовах суттєвого їх заглиблення в гірську породу має форма зубків та геометрія їх робочих органів, а також їхні поєднання, що забезпечує самозаточування озброєння шарошок бурового долота в процесі буріння.

Основними факторами, які впливають на зношування зубків шарошкового бурового долота, є:

- механічні та абразивні властивості гірських порід;
- осьове навантаження та швидкість обертання долота;
- подача та властивості бурового розчину;
- конструктивні особливості зубків.

В загальному об'ємі причин виходу з ладу шарошкови доліт спрацювання озброєння шарошок, як видно з рисунка 2, складає до 25%, про що свідчать тривалі промислові спостереження за їх роботою [6].

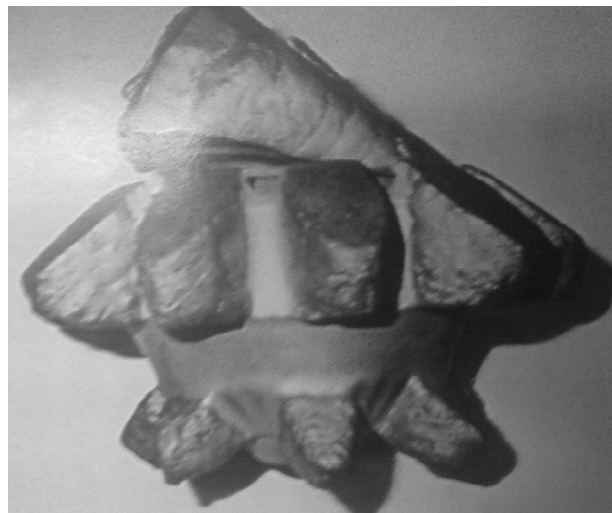


Рисунок 2 – Спрацювання озброєння шарошки

Аналіз промислових випробувань шарошкови доліт свідчить, що темп зниження механічної швидкості залежить від профілю зубка, який формується у процесі буріння.

Відомі методи визначення параметрів зносостійкості породоруйнівних інструментів, що базуються на зношуванні взірців, виготовлених у вигляді стрижнів або пластин з досліджуваного матеріалу інструменту, шляхом їх тертя до поверхні наждачного каменю або блока гірської породи [7]. Зносостійкість визначається при цьому одиничними взірцями, уникаючи значних затрат часу на проведення досліджень. При цьому спостерігається нерівномірне питоме навантаження на взірці через неоднакову висоту зразків, що є недоліками даних методів, які відповідно знижують точність досліджень. Відомі пристрої та стени для випробування на ударно-абразивне зношування, конструктивними елементами яких є бункер з абразивним середовищем, пристрій для кріплення і обертання досліджуваних зразків та засіб для створення навантажень, що взаємодіє з утримувачем зразків [8, 9]. Проте недоліками даних пристроїв є необхідність багаторазового дублювання кожного досліду для досягнення точності отриманих під час випробувань результатів. Також до недоліків можна віднести і те, що вони не повною мірою моделюють особливості прикладання навантажень, тобто циклічну зміну век-

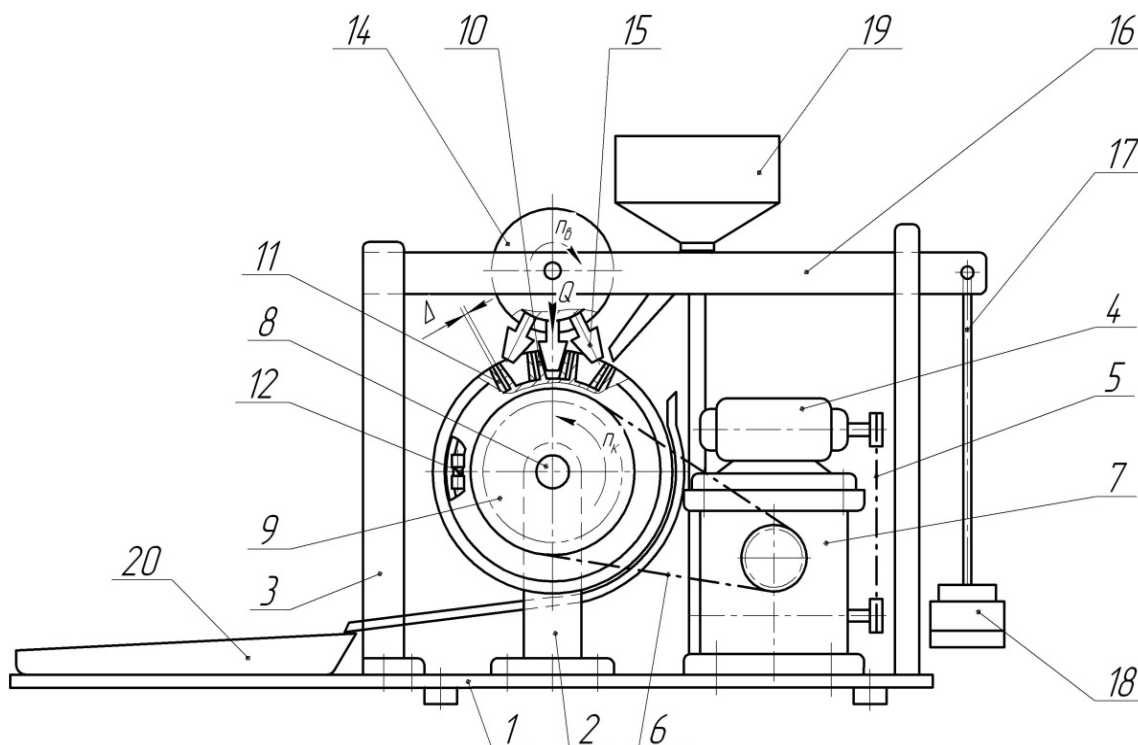


Рисунок 3 – Конструкція пристрою для дослідження на ударно-абразивне зношування елементів озброєння бурового інструменту

тора та величини навантаження, що діють під час роботи бурового інструменту.

Іншим, близьким до спроектованого, є пристрій для випробовування на абразивне зношування зразка [10], який містить станину, утримувач зразка та контрзразка, засіб для створення навантаження між зразком та контрзразком у вигляді двоплечого важеля, на одному плечі якого встановлено змінні вантажі, а друге його плече виконує роль утримувача зразка, встановленого на станині, привод обертання утримувача контрзразка, привод обертання диска-копіра та вузол подачі абразиву.

Недоліком даного пристрою є те, що він не повною мірою відтворює умови роботи зубків у реальних умовах, що рухаються в процесі руйнування гірських порід, тобто в абразивному середовищі, піддаючись стиранню та ударним навантаженням, а саме:

- поєднання прокочування та ковзання абразивних частинок у міжконтактному просторі;
- не відтворює циклічний характер зміни напрямку і вектора навантажень.

Проблема, що існує сьогодні при розробці ефективного бурового інструменту, полягає у забезпеченні максимальної інформативності про стан елементів озброєння бурового інструменту на кожному етапі їх роботи [11, 12]. Тому актуальним є пошук способів вдосконалення конструкції стендів та пристроїв, призначених для визначення параметрів зносостійкості елементів озброєння бурового інструменту.

Удосконалення озброєння шарошкових доліт з метою дослідження зміни, підвищення ефективності руйнування гірських порід здійснюється за двома основними напрямками:

1) оптимізація конструктивних і геометричних параметрів зубців, що дають змогу зберегти початкову площу взаємодії їх з породою, яка руйнується в процесі буріння;

2) раціональне розміщення твердого сплаву на поверхні та в об'ємі озброєння з метою забезпечення зношування останнього з збереженням початкової руйнуючої здатності.

Існуючі методики лабораторних досліджень стійкості зубків шарошкових доліт не моделюють в комплексі умови роботи зубків у вибої. Однак, для отримання необхідної залежності змін форми зубків в процесі їх зношування в умовах взаємодії з породою, руйнування якої супроводжується суттєвим заглибленням в неї робочих елементів, виникла необхідність в розробці та удосконаленні існуючих пристроїв і стендів для випробування на ударно-абразивне зношування елементів озброєння шарошок бурового інструмента. Дані дослідження уможливають вдосконалення конструкції робочих елементів породоруйнівного озброєння шарошкових доліт. Такі дослідження проводяться науковцями Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу в напрямку удосконалення методів визначення параметрів зносостійкості та побудови пристроїв, що їх реалізують. Зокрема розроблений пристрій для дослідження зміни параметрів ударно-абразивного зношування елементів озброєння бурового інструменту.

Запропонований пристрій, схематично зображений на рисунку 3, відноситься до області трибології, а саме до випробувань матеріалів на зношування за наявності абразиву і навантажень та може бути використаний для визна-

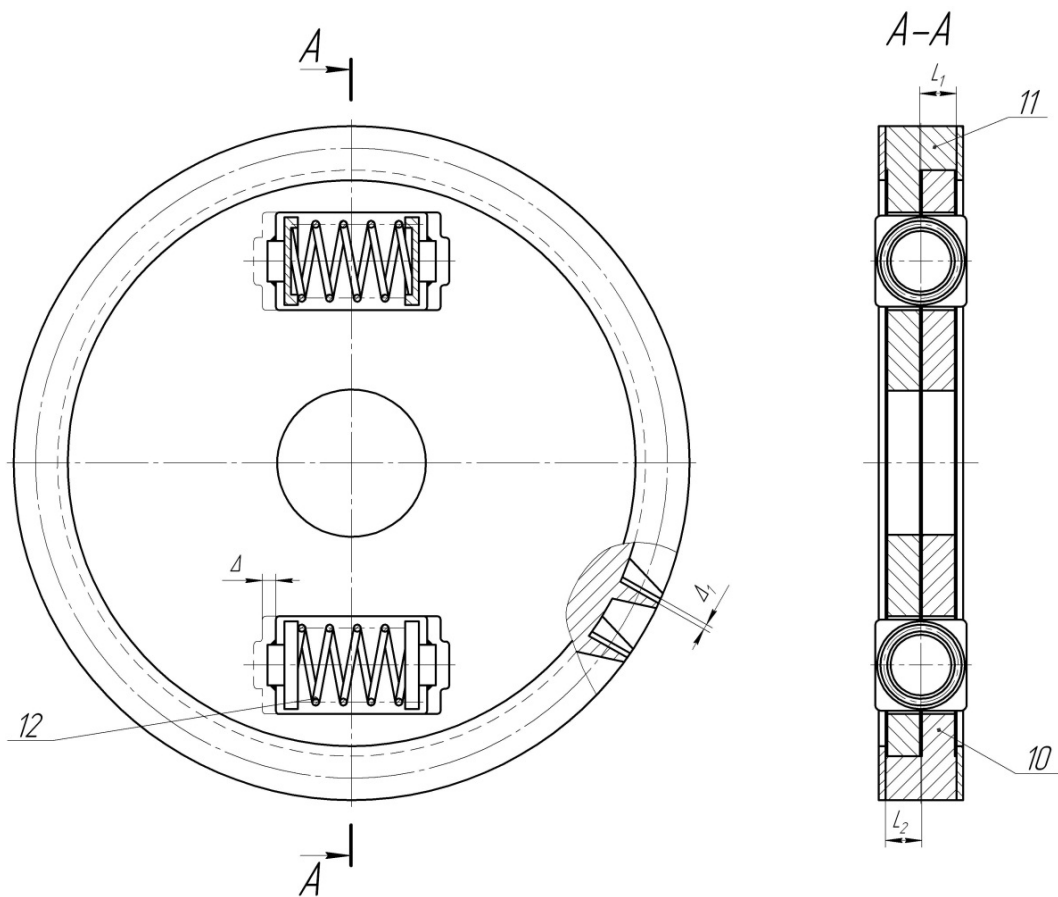


Рисунок 4 – Конструкція контр зразка



Рисунок 5 – Утримувач зразків

чення зносостійкості елементів озброєння бурового інструменту. Пристрій для дослідження на ударно-абразивне зношування елементів озброєння бурового інструменту складається з станини 1, опори 2, стійки 3 і привода обертання контрзразка, який складається з електродвигуна 4, клинопасових передач 5, 6 та черв'ячного редуктора 7, що розміщені на ста-

нині 1. На валу 8, встановленому на опорі 2 з можливістю обертання розміщений шків 9 та контрзразок, який складається з двох співвісних дисків: ведучого 10 та веденого 11. Між ведучим 10 та веденим 11 дисками встановлено пружні елементи 12. Засіб для створення навантаження Q між контрзразком і утримувачем зразків 14, що кріпить зубки 15, встановлений

на стійці 3 і складається з важеля 16, тяги 17 та змінних вантажів 18. На станині 1 встановлено вузол подачі 19 та піддон для збору 20 абразиву.

Завдання вирішується конструктивними особливостями пристрою для дослідження параметрів ударно-абразивного зношування елементів озброєння бурового інструменту, а саме контрзразок, як видно з рисунка 4, складається з двох співвісних дисків з профільними зовнішніми поверхнями, які виконані зубчастими з торцевими видовженнями та неповним профілем зубців. Один диск є ведучим та кінематично зв'язаним з приводом обертання контрзразка, а другий диск - ведений та змонтований з можливістю провертання відносно ведучого диска. Між ними встановлено пружні елементи; кожен зубець контрзразка розділений радіальною площиною на дві частини, одна з яких виконана на ведучому диску з торцевим видовженням у бік веденого диска на величину, рівну його товщині L_1 ; друга частина зубця виконана на веденому диску з торцевим видовженням у бік ведучого диска на величину його товщини L_2 . На обох дисках виконано пази, в які із зазором входять відповідні видовження. Співвісне встановлення даних дисків на вал дозволяє конструктивно утворити зубчасте колесо з можливістю зміни кроку утворених зубців на величину Δl , використовуючи при цьому в їх з'єднанні пружні елементи, кінці яких з'єднують зубчасті диски між собою. В пази утвореного у такий спосіб зубчастого колеса при обертанні почергово занурюються дослідні зубки.

Утримувач зразків виконаний у вигляді диска, по периферії якого встановлені випробувачні зубки (рис. 5), утворює зачеплення із зубцями контрзразка.

Пружний елемент, необхідний для забезпечення можливості взаємного провертання ведучого та веденого дисків відносно одного, під час почергового заглиблення зубків у пази контрзразка під дією радіального навантаження при їх взаємному зачепленні через шар абразиву та створення циклічного об'ємного навантаження на зубки, забезпечуючи умови дослідження зубків максимально наближеними до умов роботи елементів озброєння бурового інструменту. За допомогою розробленого пристрою можна моделювати роботу зубків долота, тобто дію на них осьової сили, обертання зубків з одночасним їх втисканням у вибій, прокочуванням та проковзуванням по ньому. Внаслідок цього відбувається спрацювання зубків, яке призводить до того, що їх площадка з притупленням змінює форму робочої поверхні озброєння на циліндричну змінного радіуса.

Пристрій для дослідження параметрів ударно-абразивного зношування елементів озброєння бурового інструменту, загальний вигляд якого показаний на рисунку 6, працює так.

Натурні зразки досліджуваного матеріалу у вигляді фрезерованих зубків (рис. 7), попередньо зважених та про клеймованих, встановлюють в їх утримувач, та вводять в контакт з контрзразком, який конструктивно складається



Рисунок 6 – Проведення досліджень на ударно-абразивне зношування елементів озброєння бурового інструменту



Рисунок 7 – Досліджувані зразки у вигляді фрезерованих зубків

з ведучого та рухомого веденого співвісних дисків з профільними зовнішніми зубчастими поверхнями.

Навантажують зразки зусиллям Q за допомогою засобу для створення навантаження, рисунок 3, встановлюючи необхідну кількість вантажів 18. Подають абразив в зону контакту, використовуючи вузол подачі абразиву 19, який збирається у піддоні для збору абразиву 20. Після включення електродвигуна 4, приводиться в обертання контрзразок через привод обертання



Рисунок 8 – Моделювання умов роботи елементів озброєння породоруйнівного інструменту

ня необхідного передавального відношення, при цьому обертовий рух від електродвигуна 4 через клинопасову передачу 5, черв'ячний редуктор 7 та клинопасову передачу 6 передається на шків 9 та через вал 8 і ведучий диск 10 контрзразка через пружні елементи 12 на ведений диск 11 контрзразка з заданою частотою обертання n_k . В результаті відбувається прокочування та ковзання робочої поверхні зубків 15 поверхню контрзразка через шар абразиву, як видно з рисунка 8.

В процесі взаємного обертання утримувача зразків та контрзразка під дією пружних елементів відбувається циклічне навантаження зубків необхідної величини. В початковий момент контакту при зануренні зубків в пази контрзразка, поверхні яких утворені підпружиненими ведучим 10 та веденим 11 дисками пружними елементами 12, зубки сприймають мінімальне навантаження. У міру взаємного провертання утримувача зразків з частотою обертання n_e та контрзразка значення навантаження на кожен окремий зубок циклічно зростає до максимального значення. При цьому зубки 15 сприймають згинальні напруження: максимальні напруження розтягу на набігаючій грані зубка, максимальні напруження стиску на протилежній в напрямку обертання грані зубка. В момент максимального заглиблення зубки повертають ведений диск 11 контрзразка відносно ведучого 10 на величину Δ_1 , як видно з рисунка 4, за рахунок роботи пружних елементів 12, розміри яких зменшуються на величину Δ та сприймають максимальні напруження стиску в напрямку дії навантаження Q та в напрямку обертання від зусиль, що створюють пружні елементи. При подальшому провертанні зубки циклічно розвантажуються та виходять з зони контакту. Таким чином відбувається знакозмінне циклічне навантаження зубків при їх ударно-абразивному зношуванні.

Після завершення випробувань стенд вимикається, розбирається утримувач зразків 14 та знімаються зубки 15. Проводиться їх повторне зважування для визначення втрати маси та розрахунку параметрів відносної зносостійкості досліджуваних матеріалів.

Використання запропонованого пристрою дасть змогу повно та об'єктивно проводити дослідження параметрів ударно-абразивного зношування широкого спектра елементів озброєння бурового інструменту, моделюючи умови, що є близькими до реальних умов роботи озброєння породоруйнівного інструменту. При цьому передбачається використання широкого діапазону абразивних матеріалів та забезпечення режимів, які імітують режими буріння на вибої.

Література

- 1 Браженцев В.П. Создание и совершенствование долот на различных этапах развития бурения / В.П. Браженцев // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2003. – №5. – С. 31-33.
- 2 Закиров Н.Н. Контактная прочность вооружения буровых долот / Н.Н. Закиров // Бурение и нефть. – 2003. – №7-8. – С. 46-47.
- 3 Механіка руйнування і міцність матеріалів: Довідн. посібник; під заг. ред. В.В. Панасюка. – К.: Наук.думка, 1988. – ISBN 5-12-000300-1. – Т. 10. Міцність та довговічність нафтового обладнання з під. ред. В.І.Похмурського, Є.І. Крижанівського. – Львів – Івано-Франківськ: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України; Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2006. – 1193 с. – ISBN 978-966-694-076-9.

4 Бугай Ю.Н. Центробежно–армированный породоразрушающий инструмент / Ю.Н. Бугай, И.В. Воробьев. – Львов: Выща школа, 1989. – 290 с.

5 Майстренко А.Л. Вязкость разрушения твердых сплавов, используемых в буровом инструменте / А.Л. Майстренко // Физ.-хим. механика материалов. – 1979. – №4. – С. 122-124.

6 Марик В. Б. Підвищення стійкості тришарових доліт проти спрацювання / В. Б. Марик, С. Д. Проць // Нафтова і газова промисловість. – 1997. – №3. – С. 9-11.

7 А.с. 1086108 А. СССР, Новочеркасский политехнический институт им. С. Орджоникидзе, Всесоюзный научно-исследовательский институт твердых сплавов и тугоплавких материалов Е21 В10/00. Способ определения износоустойчивости армирующих материалов горных инструментов / В.И. Павленко, Е.И. Суслов, Н.В. Павленко, А.А. Кетов, В.И. Анохин (СССР). – №3564520/22-03; заявлено 11.03.83; опубл. 15.04.84, Бюл. № 14.

8 А.с. 1241100. СССР, Ивано-Франковский институт нефти и газа G 01 N 3/56. Устройство для испытания материалов на ударно-абразивное изнашивание / М.И. Бурда, В.Я. Белоусов, И.М. Богатчук, Т.И. Чорный (СССР). – №3821276/25-28; заявлено 05.12.84; опубл. 30.06.86, Бюл. № 24.

9 А.с. 1241099 А1. СССР, Ростовский институт инженеров железнодорожного транспорта 4G01 N3/56. Устройство для испытания материалов на трение и износ / В.В. Шаповалов, Ю.А. Евдокимов, И.В. Киселев, П.А. Белов-Лер (СССР). – №3800907/25-28; заявлено 17.10.84; опубл. 30.06.86, Бюл. № 24.

10 А.с. 1415149. СССР, G 01 N 3/56. Способ испытания материала на износ и устройство для его осуществления / Н.Н. Дорожкин, В.Н. Гимельфарб, С.П. Рагунович, Ю.С. Коробов, Г.Д. Скляр (СССР). – №4177995/25-28; заявлено 07.01.87; опубл. 07.08.88, Бюл. № 29.

11 Марик В.Б. Актуальні проблеми тришарових доліт / В.Б. Марик, Є.І. Крижанівський, В.Є. Довжок // Розвідка та розробка нафтогазових і газових родовищ. – 2003. – №2(7). – С. 109-112.

12 Торгашов А.В. Современные шарошечные долота, проблемы их совершенствования и повышение надежности / А.В. Торгашов, В.А. Барвинок, И.К. Бикбулатов. – Самара: Изд. Самарского научного центра РАН, 2000.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
11.05.12
Рекомендована до друку професором
Петриною Ю.Д.*