

2. Установлено, что максимальные значения радиальных температурных  $\bar{\sigma}_{rr}$ , тангенциальных  $\bar{\sigma}_{\theta\theta}$  и касательных  $\bar{\sigma}_{r\theta}$  напряжений при бурении абразивных горных пород алмазным долотом достигаются на границе контакта инструмент – порода, они существенно зависят от радиальной и угловой координат профиля и скорости вращения.

3. Показано, что при увеличении относительного значения коэффициента теплообмена  $\alpha_1$  от 1,5 до 3,5 кВт/(м<sup>2</sup>·К) все составляющие температурных напряжений уменьшаются более чем в 2 раза.

4. Общие термоупругие напряжения  $\sigma_{ij}$  существенно зависят от угловой и радиальной координат и отличаются от  $\bar{\sigma}_{ij}$ . Максимальные значения  $\sigma_{rr}$  и  $\sigma_{r\theta}$  достигаются на рабочей поверхности долота при  $\theta = 18^\circ$  и  $90^\circ$ , а тангенциальные напряжения  $\sigma_{\theta\theta}$  при  $\theta = 18^\circ$  имеют наименьшие значения и при увеличении  $\theta$  они возрастают.

5. Полученные результаты имеют научное и прикладное значение для технологии изготовления алмазных буровых долот и могут быть использованы для решения задачи изнашивания таких инструментов.

### Литература

1 Бондаренко Н.А., Жуковский А.Н., Мечник В.А. Исследование износа алмазных буровых долот. 2. Нестационарная задача теплопроводности для алмазного бурового долота в процессе его работы // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – № 2 (19). – С. 54–58.

2 Бондаренко Н.А., Жуковский А.Н., Мечник В.А. Исследование износа алмазных буровых долот. 3. Анализ температурных полей // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – № 3 (20). – С. 87-90.

3 Бондаренко Н.А., Жуковский А.Н., Мечник В.А. Исследование износа алмазных буровых долот. 4. Уравнение изнашивания // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – №4(21). – С.16-19.

4 Бондаренко Н.А., Жуковский А.Н., Мечник В.А. Исследование износа алмазных буровых долот. 5. Кинетика износа // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2007. – № 1(22). – С.34-37

5 Коваленко А.Д. Основы термоупругости. – Киев: Наук. думка, 1970. – 307 с.

УДК 622.24.051

## ПРО РЕЗЕРВИ КОМПЛЕКСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТРИШАРОШКОВОГО ДОЛОТА ДЛЯ НИЗЬКООБЕРТОВОГО БУРІННЯ

Я.М. Дрогомирецький, М.Й. Бурда, В.В. Татарин

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48241,  
e-mail: zvd@nimg.edu.ua

*Рассматриваются резервы возможных комплексных исследований относительно износостойкости элементов тришарошечного долота для низковращательного бурения с учетом конструктивных особенностей опор, существующих пар трения в опорах, а также технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на износостойкость элементов тришарошечного долота.*

*Reserves of possible complex researches of three-cone bit's elements wearing for low-speed drilling taking into account bearings' constructional features, existing tribological situations in bearings and technological and operational factors that influence on three-cone bit's elements wearing are considered.*

### Вступ

В національній програмі “Нафта і газ України до 2010 року” значна увага приділяється питанню щодо паливно-енергетичного комплексу, розв’язок якого не можливий без пошукових робіт, буріння нових розвідувальних і експлуатаційних свердловин на нафту і газ як на суші, так і на шельфі. Незважаючи на постійне удосконалення техніки і технології буріння, витрати на буріння свердловин все ж залишаються високими. Ці витрати тісно пов’язані, зокрема із використанням різних типів породо-

руйнівного інструменту, його зносостійкістю та надійністю.

Буріння свердловин на Україні проводиться, в основному, тришарошковими долотами, частка яких складає близько 80 % всього об’єму буріння.

Дослідження тришарошечних доліт і режимів їх експлуатації при бурінні свердловин засвідчили, що найефективнішим при проведенні свердловин є низькообертівий режим.

Разом з тим, вказані резерви підвищення техніко-економічних показників роботи тришарошечних доліт при бурінні глибоких і надгли-

боких свердловин, що пов'язані з їх зносостійкістю та надійністю, на теперішній час залишаються не реалізованими.

Отже, викликає потреба в більш глибокому дослідженні зносостійкості елементів тришарошкових доліт, що застосовуються при низькообертovому бурінні і в розробці на цій основі комплексу теоретичних, конструктивних, технологічних і експлуатаційних рішень, які б давали змогу підвищити загальні показники буріння свердловин.

### 1. Конструктивні особливості опор тришарошкових доліт

Для низькообертovого буріння нафтових і газових свердловин долотні заводи України та Росії випускають різноманітні типи доліт, опори яких мають три різновиди підшипників (рис. 1):

1) ролик – кулька замкова – ковзання – Р-К<sub>3</sub>-К (схема точно відповідає опорі типу АН чи ГН);

2) ролик – кулька замкова – упорний бурт – ковзання (відповідає типу 2АН чи ГНУ);

3) ковзання – кулька замкова – упорний бурт – ковзання – К-К<sub>3</sub>-К (відповідає типу 3АН або ГАУ).

У всіх зазначених вище схемах опор застосовується упорна п'ята.

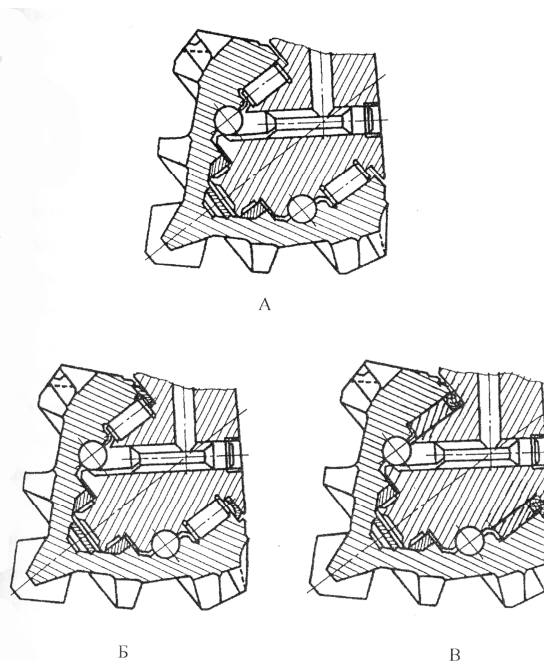
Всі тришарошкові долота для низькообертovого буріння виготовляються з гідромоніторними соплами з металокерамічних сплавів.

Тришарошкові долота типу ГН із фрезерованим озброєнням шарошок використовуються у верхніх горизонтах або в інтерналах, які розбурюються на воді або глинистому розчині, і мають відкриту негерметизовану опору, різновидність підшипників якої складає Р-К<sub>3</sub>-К.

Тришарошкові долота із твердосплавним озброєнням, а також частина доліт із фрезерованими зубцями, що використовуються при бурінні м'яких, середніх і середньотвердих малоабразивних порід, відпрацьовуються на бурових розчинах, що містять абразивні частинки і мають герметизовану опору Р-К<sub>3</sub>-К. Герметизація здійснюється прогумованим пружним кільцем типу Бельвіля (долото типу ГНУ).

Тришарошкові долота із твердосплавним озброєнням типу ГАУ призначені для буріння абразивних, м'яких, середніх, твердих, міцних та пластичних порід, а також використовуються у важкорозбурюваних або ускладнених інтервалах і мають герметизовану опору К-К<sub>3</sub>-К, виконану з високою точністю та якістю спряжених поверхонь. Герметизація такої опори здійснюється О-подібним гумовим ущільнюючим кільцем.

На сьогодні накопичено певний досвід щодо герметизації тришарошкових доліт, хоча й досі зустрічаються певні труднощі її реалізації, основною з яких є обмеженість місця для розміщення вузла герметизації. Більшість труднощів виникає внаслідок впливу одне на одне: діаметра долота, достатнім запасом міцності в кожному елементі долота для сприйняття випадкових динамічних навантажень, що виникають під час



А) ГН; Б) ГНУ; В) ГАУ

Рисунок 1 – Різновиди опор шарошкових доліт для низькообертovого буріння

опускання долота та піднімання його зі свердловини.

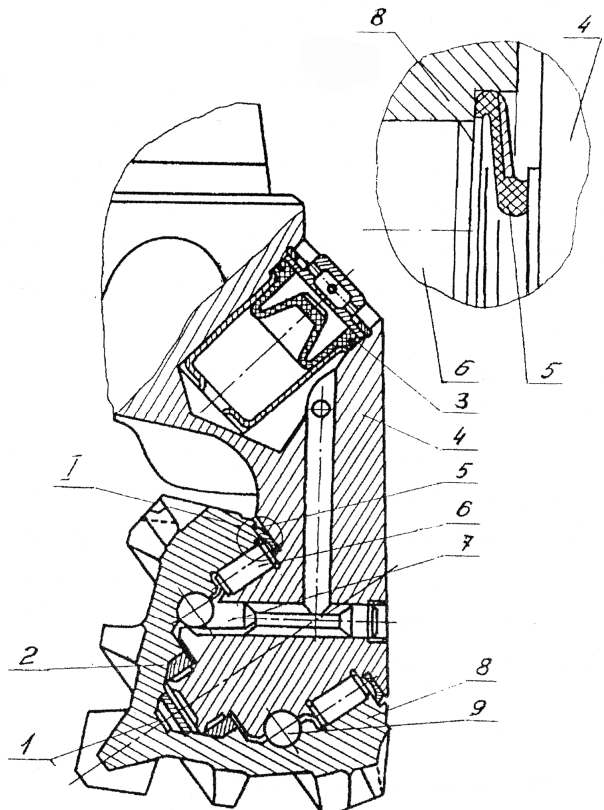
Незважаючи на певні досягнення, проблема герметизації опори все ще залишається відкритою. Це пов'язано з тим, що існує безліч конструкцій ущільнюючих пристроїв, застосування яких в долотах засноване не чисто конструктивних міркуваннях і досвіді роботи ущільнювачів в загальному машинобудуванні. Проте, їх застосування в опорі долота не завжди ефективно, що пояснюється конструктивними особливостями опори та характером їх спрацювання.

Слід відмітити, що всі герметизовані долота типу ГНУ і ГАУ мають лубрикаторні пристрої в лапах доліт для подачі мастила до опорних підшипників (рис. 2).

### 2. Конструктивні особливості існуючих пар тертя в опорах тришарошкових доліт

Конструктивні особливості існуючих опор тришарошкових доліт (див. рис. 1) дають підстави для функціонування наступних пар тертя:

- бігова доріжка цапфи – периферійний ролик – бігова доріжка шарошки (пара кочення);
- бігова доріжка цапфи – кулька замкова – бігова доріжка шарошки (пара кочення);
- кінцева бігова доріжка цапфи – підшипник ковзання – бігова доріжка шарошки (пара ковзання);
- упорна торцева поверхня цапфи – торцева поверхня шарошка (упорна торцева пара ковзання);
- торцеве ущільнення – поверхня шарошки для долота типу ГНУ (торцева пара ковзання);
- радіальне ущільнення – поверхня шарошки для долота типу ГАУ (радіальна пара ковзання).



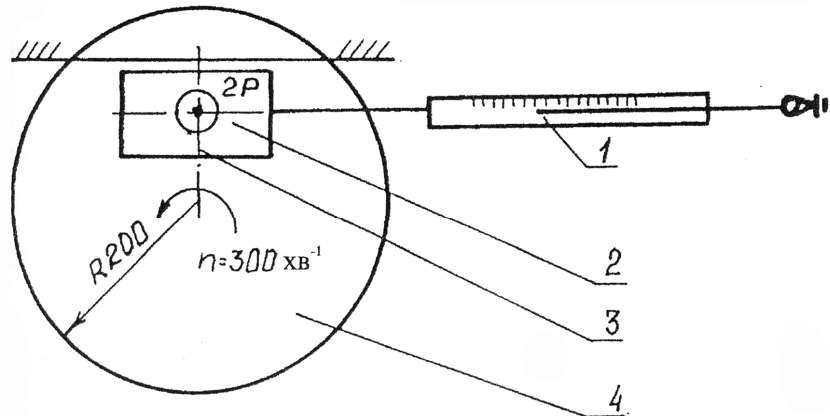
1 – упорна п'ята; 2 – кінцевий підшипник ковзання; 3 – компенсатор мастильного матеріалу; 4 – лапа долота; 5 – торцева ущільнююча манжета; 6 – периферійний підшипник кочення; 7 – замковий палець; 8 – шарошка; 9 – замковий кульковий підшипник кочення

**Рисунок 2 — Секція герметизованого шарошкового долота типу ГБУ**

Дослідження вище наведених пар тертя необхідно проводитися за наступними схемами:

- випробування пар тертя в режимах ковзання (типу вал-втулка) необхідно проводити на машині тертя УМТ-1 або за схемою диск-колодка на машині тертя СМЦ-2;

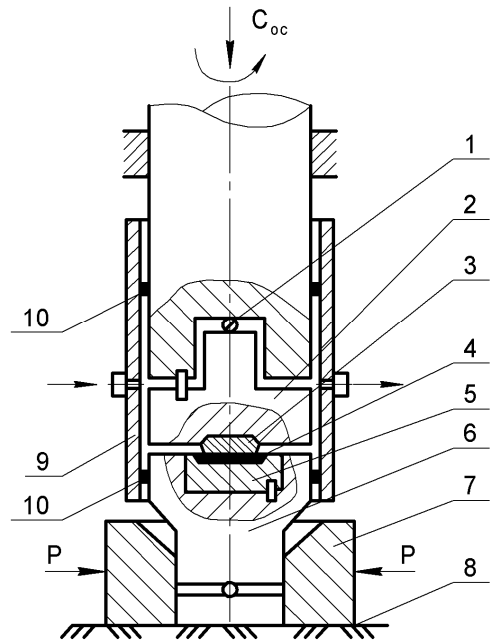
- випробування самих гумових ущільнень і вибір матеріалу для них слід проводити за простою схемою (рис. 3);



1 – динамометр; 2 – оправка під навантаженням 2P; 3 – випробувальне кільце; 4 – сталевий диск

**Рисунок 3 – Схема випробувань гумових ущільнень**

- випробування торцевих пар тертя необхідно проводити за схемою (рис. 4) [7].



1 – кулька шпінделя; 2 – взірець; 3 – підп'ятник; 4 – стеліт; 5 – контртіло; 6 – корпус; 7 – затискачі; 8 – станина; 9 – циліндрична камера; 10 – гумові ущільнюючі кільця

**Рисунок 4 – Схема випробувань пар тертя**

### 3. Технологічні чинники, що впливають на зносостійкість елементів тришарошкових доліт

Ефективність процесів буріння тісно пов'язана із технологічною довговічністю та зносостійкістю елементів доліт, що, в першу чергу, визначається правильним вибором сталі для виготовлення доліт, а також обґрунтованим використанням режимів термічної та хіміко-термічної обробки (ХТО). У зв'язку з тим, що бурові долота експлуатуються у вкрай важких умовах, питання про технологічність вибору сталі для виготовлення окремих деталей повинно вирішуватись строго диференційовано.

Таблиця 1 – Основні параметри долотних сталей

Механічні вла- стивості	Шарошка				Лапа		
	16ХНЗМА	17НЗМА	18ХНЗМА	19ХГМА	20ХНМА	12НЗМА	14НЗМА
Границя плин- ності, МПа	850	750	900	580	580	900	850
Відносте зву- ження, %	55	50	55	40	40	50	55
Ударна в'яз- кість, Дж/см <sup>2</sup>	11	10	10	8	8	9	10

Наприклад, сталь, що використовується для виготовлення лап долота, повинна забезпечувати високу міцність і в'язкість у поєднанні із високою контактною витривалістю та зносостійкістю. Це викликано тим, що лапа піддається впливу високих статичних і динамічних навантажень, крутних моментів, а самі робочі поверхні підпорядковані контактному-втомним, абразивним і ударно-абразивним видам зношування.

Питанням обґрунтованого вибору марок сталей для тришарошкових доліт, методів їх обробки завжди приділялась значна увага [1, 2]. Найбільш широке впровадження отримали сталі 12ХН2 та 12ХН2А. Сталі 17ХН2 та 20ХН2 – основні замітники сталі 12ХН2 – відрізняються більш стійкою серцевиною зубів, тіла шарошок і лап. Сталь 20ХН3А (із підвищеним вмістом нікелю) призначалась для виготовлення доліт, що експлуатуються у твердих і середньої твердості породах.

Незважаючи на високі фізико-механічні показники хромонікелевих сталей марок 12ХН2, 17ХН2 та 20ХН3А, стійкість доліт, виготовлених із даних сталей, залишається все ще не достатньою, особливо при форсованих режимах буріння.

Всеросійський науково-дослідний інститут бурової техніки (ВНДІБТ, м. Москва, Росія) рекомендує орієнтуватись на показники границі плинності, відносного видовження та ударної в'язкості долотних сталей, що наведені в табл. 1.

Однак одночасне судження щодо переваги використання ти чи інших сталей, не може бути сформульоване лише на підставі наведених показників.

#### 4. Експлуатаційні чинники, що впливають на зносостійкість елементів тришарошкових доліт

Техніко-економічні показники бурових робіт визначаються, насамперед, правильним вибором типу долота відповідно до характеристик порід, які розбурюються. Лише використання інформації про міцність та абразивні властивості гірських порід, відомостей про конструктивні особливості доліт і накопичених даних про їх обробку дасть змогу розробляти науково-обґрунтовані рекомендації щодо ефективного використання тришарошкових доліт для низькообертового буріння.

Найбільш широкі дослідження у цьому напрямку проведені на Україні та в Росії (Російському державному університеті нафти і газу ім. І.М. Губкіна та в ВНДІБТ, м. Москва). Так, при комплексному використанні знань про міцність та абразивні властивості гірських порід вдалось зменшити розхід доліт на деяких площах ВАТ “Укрнафта” всередньому на 31-45% [2,3].

Одним із перспективних експлуатаційних напрямків як у вітчизняному, так і закордонному долотобудуванні є застосування мастильних матеріалів, що значно підвищували б зносостійкість і довговічність герметизованих опор для низькообертового буріння. При цьому змащувальні матеріали повинні відповідати таким вимогам [4]:

а) бути пластичними та утримуватись в герметизованих опорах в процесі роботи долота на вибої свердловини, тобто володіти високими адгезійними властивостями;

б) зберігати високі фізико-механічні та мастильні властивості при підвищенні температури;

в) перешкоджати корозії та ерозії металу;

г) володіти високими протизношувальними та противозадирними властивостями;

д) бути екологічно чистими при потраплянні їх в промивальний розчин циркуляційної системи бурової установки чи в амбари для збирання бурового шламу.

Ці вимоги вирішуються введенням згущувачів чи добавок у вигляді спеціальних антифрикційних частинок в натуральні або синтетичні мастила, які утворюють на робочих поверхнях опори захисні покриття [5]. Надалі, маючи такі комплексні дослідження зносостійкості пар тертя тришарошкових доліт для низькообертового буріння, їх завантаженість, можна говорити і про їх надійність [6].

#### Література

- 1 Долговечность шарошечных долот / Н.А.Жидовцев, В.Я.Кершенбаум, Э.Г.Гинзбург и др. – М.: Недра, 1992. – 266 с.
- 2 Жидовцев Н.А. и др. Стойкость буровых долот. – К.: Наукова думка, 1979 – 244 с.
- 3 Жидовцев Н.А. и др. Упрочнение опор буровых долот поверхностным пластическим деформированием // Тр. Укр. ГИПРОНИИнефть – М.: Недра, 1971. – Вып. 10. – С. 9-13.

4 Дрогомирецький Я.М. Резерв підвищення довговічності герметизованих опор шарошkových доліт // Нафт. і газова пром-сть. – 1998. – №5 – С. 25.

5 Дрогомирецький Я.М., Жидовцев Н.А. Влияние смазки на долговечность тяжело нагруженных подшипниковых узлов // Матер. Всес.

науч.-техн. конф. “Трение и изнашивание композиционных материалов” (секция III. Композиционные покрытия). – Гомель, 1982. – С. 71-72.

6 Дрогомирецький Я.М. Вплив інтенсивності експлуатації шарошkových доліт на їх надійність // Нафт. і газова пром-сть. – 1998. – №2. – С. 22-23.

УДК 622.243.92.05 (088.8)

## РОЗРАХУНОК БУРОВОГО АМОРТИЗАТОРА, СКОНСТРУЙОВАНОГО НА БАЗІ ПЛАСТИНЧАСТОЇ ПРУЖИНИ

*А.С.Величкович*

ІФНТУНГ, 76019, м.Івано-Франківськ, вул.Карпатська,15, тел.(0342) 507626,  
e-mail:velja2@mail.ru

*Представлено описання строения и принципа действия бурового амортизатора, который сконструирован на базе пластинчатой пружины. Обращено внимание на конструктивные особенности амортизатора и определены приоритетные области его применения. Произведено статический расчёт амортизатора на прочность и жёсткость, в результате которого получены простые аналитические формулы для инженерного проектирования. Приведены рекомендации о возможности варьирования эксплуатационными характеристиками амортизатора*

*It is given the description of the structure and principle of work of the boring shock absorber which is constructed on the base of the plating spring. It is paid a regard to structural features of the device and certainly priority areas of his application. The static calculation of the shock absorber is carried out on the durability and inflexibility, as a result of which the simple analytical dependences are got for an engineering design. It is made a recommendation in relation to possibility of varying of the considered device's operating descriptions.*

Для підвищення довговічності й надійності машин і механізмів велике значення мають заходи зі зниження виникаючих у процесі експлуатації вібрацій. Вібрації негативно позначаються на роботі окремих вузлів машин і механізмів, тому проблема віброізоляції технічних об'єктів є дуже важливою.

З виникненням значних вібрацій безумовно пов'язані і процеси буріння нафтових і газових свердловин. Наявність вібрацій бурильного інструменту знижує техніко-економічні показники буріння, шкідливо впливає на роботу елементів бурильної колони, доліт, вибійних двигунів і наземного обладнання, а також погіршує умови роботи бурових бригад. Буріння свердловин в умовах інтенсивних вібрацій знижує стійкість озброєння і опор шарошkových доліт та алмазних коронок, призводить до втрат корисної потужності вибійних двигунів (30% і більше), погіршує сам процес руйнування гірських порід (до 50% знижується механічна швидкість проходження свердловин) та підвищує питомі енерговитрати на буріння, знижує процент виходу керна, є причиною багатьох аварій, що в підсумку призводить до зростання прямих витрат на проходку кожного метра. При бурінні на невеликій глибині часто можна візуально спостерігати вібрацію ведучої труби. При збільшенні глибини свердловини бурильна колона може руйнуватися без видимих проявів вібрації на поверхні. Вібраційні навантаження під час

буріння міцних порід мають суттєвий вплив на викривлення стовбура свердловини. Тому важливим напрямком удосконалення процесу буріння є боротьба із шкідливими впливами вібрацій, що виникають при роботі долота на вибої свердловини [1-5].

При інтенсивній вібрації бурильного інструменту тривіальним вирішенням проблеми є зменшення швидкості обертання й осьового навантаження на долото. Це дає змогу вийти з критичної зони і зменшити вібрацію до допустимої межі, однак при цьому неможливо досягти найвищої продуктивності долота, відповідно, знижуватимуться техніко-економічні показники буріння.

На сьогодні запропоновано ряд технічних заходів, способів і пристроїв, що дозволяють понизити шкідливий вплив вібрацій і здійснити регулювання динамічного режиму бурильної колони. Один із перспективних і найбільш кардинальних шляхів вирішення проблеми базується на використанні спеціальних віброзахисних пристроїв – бурових амортизаторів. Застосування таких пристроїв при бурінні нафтових і газових свердловин має специфічний характер: необхідно не повністю погасити вібрації, а створити певний баланс між динамікою породоруйнівного інструменту та рівнем його віброзахисту, що повинно забезпечити зростання техніко-економічних показників буріння і, разом з тим, покращити умови роботи елементів