

– уміння ухвалювати рішення за наслідками експерименту.

3. Статистична інформація про відмови МІВСК є неповними вибірками, оскільки деякі комплектуючі за час спостережень жодного разу не відмовили. Лише на підставі таких вибірок можна прогнозувати показники надійності МІВСК, причому точність такого прогнозу залежить від правильності визначення законів розподілу напрацювання на відмову.

4. Кінець терміну служби МІВСК характеризується істотним збільшенням кількості відмов. У цей період більш економічним і розвадливішим виявляється заміна МІВСК, аніж підтримка її працездатності. Проблема з технічної перетворюється на економічну.

Література

1 Мозгалевский А. В., Гаскаров Д. В. Техническая диагностика. – М.: Высш. шк., 1983. – 223 с.

2 Jameson B. Analyzing Data-Comm. Channels Requires Special Equipment Doing Special Measurements // Electronic Design. 2004, Oct. pp.144-148.

3 Копей Б.В., Лопатин В.В., Копей И.Б. Помехоустойчивость низкопотенциальных электрических измерений в штанговых скважинных насосных установках и горных выработках // Методы и средства технической диагностики: Сб. научных статей. – 2006. – Вып. XXIII. – С. 127-132.

4 Lucas M. Faulkenberry. SYSTEMS TROUBLESHOOTING HANDBOOK John Wiley & Sons, inc. 2003 608p.

5 Роткоп Л.Л. Автоматическое управление процессами массового производства. – М.: Машиностроение, 1992. – 274 с.

УДК 622.24.051.55

ВПЛИВ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ОПОР ТРИШАРОШКОВИХ ГІРНИЧОРУДНИХ БУРОВИХ ДОЛІТ

Ю.Д.Петрина, Р.С.Яким, Т.Б.Пасинович

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024

e-mail: public@nuing.edu.ua

Установлено, что возникновение трещин, а также раскол пяты и подпятника в большинстве случаев осуществляется не столько под воздействием ударных нагрузок, сколько перекосами в сопряженных поверхностях. Это объясняется технологическими особенностями механической обработки и процесса соединения, а также конструкцией узла. Предложены конструкторско-технологические пути повышения работоспособности опор трехшарошковых горнорудных буровых долот.

Робота опори шарошкового долота характеризується значною кількістю чинників, серед яких основними є: розподіл навантаження в опорі, швидкість ковзання, тривалість функціонування, температура, середовище та ін. В свою чергу, у більшості випадків працездатність опори шарошкового долота визначає низка конструкторсько-технологічних параметрів. Тобто, точність виготовлення, якість складання, досконалість конструкції, висока зносостійкість і тріщиностійкість, контактна витривалість тощо дають підстави очікувати високих показників напрацювання долота. Тому дослідження конструкторсько-технологічних резервів підвищення напрацювання гірничорудних шарошkových доліт є актуальними.

Вирішенню даної проблеми присвячено роботи [1-5] та ін. Відповідно до різних підходів

At is determined that the cracks formation and the abutment and step-bearing in most cases are caused not so much by the percussion loadings operation as by the warps in the conjugated surfaces. At can be explained by the technological peculiarities of mechanical treatment, composing process and the unit construction. The design and technological ways of efficiency increase of three-cone mining rock bits bearings.

вирішення окресленої проблеми існує декілька основних напрямків: підбір і оптимізація матеріалів трибологічної пари „п'ята-підп'ятник” [1-3], оптимізація конструкції вузла [4], вдосконалення технології складання секцій [5] та ін.

Зокрема, в [1] запропоновано підвищити зносостійкість за рахунок оптимізації параметрів мащення, герметизації опори, а також підвищувати антифрикційні властивості матеріалів п'яти і підп'ятника карбідонітрацією.

На ВАТ „Дрогобицький долотний завод” робились спроби використання як матеріалу для п'ят сплаву ВК10, що працює в парі з підп'ятником зі сталі Р6М5. Проте під час запресовування твердосплавних п'ят відбувалось їх розтріскування і сколювання (до 10%); після відпрацювання доліт розколювання відбулося у 90% випробовуваних доліт. На основі цього та

проведених експериментальних досліджень автори [2] рекомендують використовувати для виготовлення п'ят твердий сплав ВН20 із високomodульним наповнювачем (карбідом вольфраму).

В результаті проведеного аналізу фізико-механічних властивостей пар тертя відпрацьованих доліт різних виробників автори [3] рекомендують поряд з оптимізацією матеріалів здійснювати пошуки шляхів вдосконалення конструкції трібопари.

Відомо, що посадкові проміжки у кінцевих підшипниках визначають значення ексцентричності прикладання осьового навантаження, а саме: внаслідок їх збільшення утворюється нерівномірність розподілу навантаження між тілами кочення замкового підшипника. Часткове усунення цього досягається кутовим зміщенням осі бігової доріжки цапфи роликів підшипника відносно осі бігової доріжки шарошки. Крім цього, однією з основних причин зниження довговічності опори за недостатньої точності виготовлення її елементів є роздільна, незгоджена робота упорного підшипника ковзання і замкового підшипника [4]. В момент припрацювання і устанавленого зношування основне навантаження припадає на упорний підшипник. Причому його експлуатація на початковому етапі характеризується гранично допустимими режимами. Після того, як поверхня торця цапфи зношується, в роботу вступає замковий підшипник. Це спричинює припрацювання окремих підшипників в неоптимальних умовах, коли зношування сусідніх підшипників уже досягнуло певних значень. Тому автори рекомендують конструкції вузлів, які б забезпечували розвантаження замкового кулькового підшипника і кінцевого підшипника ковзання.

В [5] запропоновано метод комп'ютерного селективного підбору і складання багаторядних підшипників кочення і ковзання із забезпеченням необхідного проміжку. Проте, в умовах виробництва використання селективного підбору складальних одиниць, якими виступають дорогі деталі – шарошки № 1, 2, 3 і лапи, є утрудненим з огляду на утворення незавершеного виробництва, що призводить до прямих збитків для виробників доліт.

З метою продовження розвитку ідей вдосконалення шарошкових доліт конструкторсько-технологічними шляхами та заповнення виявлених прогалин було поставлено завдання: дослідити вплив конструкторсько-технологічних параметрів на надійність роботи пари тертя „п'ята-підп'ятник” в опорах тришарошкових гірничорудних бурових доліт.

Гіпотезою дослідження є твердження, що підвищення точності та стабільності технологічних процесів механічної обробки та складання дадуть змогу відкрити нові резерви в підвищенні працездатності пари тертя опори бурового долота. В свою чергу, оптимізація проміжку між п'ятою і підп'ятником, імовірно, позитивно впливає на нормальний процес припрацювання та відпрацювання долота.

Експериментальні дослідження проводили

над комплектами доліт 244,5 Т-ПВ-D28, виготовленими за існуючими типовими технічними умовами. Здійснювали пресування п'ят (сталі Р9М4К8) та підп'ятників (сталь Р6М5) згідно існуючого типового технологічного процесу.

Відпрацювання секцій проводили на стенді для випробовування доліт (СВД) ВАТ „Дрогобицький долотний завод”. Спочатку всі комплекти припрацьовували протягом 1 год за навантаження на комплект 15–20 кН, після чого дослідження продовжували з робочим навантаженням 60–70 кН і швидкістю обертання долота 100 об/хв. Перед початком випробовувань опори доліт заповнювали мастилом СКА/6 (УС-СА), а потім комплекти відпрацьовували з охолодженням технічною водою.

Перед початком відпрацювання проводили заміри геометричних параметрів робочих поверхонь цапфи і шарошки. Через кожні 4-5 год комплекти розбирали з метою зовнішнього огляду і проведення замірів. Експеримент припиняли у випадку утворення піттингів, схоплювань, сколювання, тріщин на робочих поверхнях елементів опори, які спричинювали втрату працездатності секції.

Проведені заміри малої бігової доріжки (МБД) до і після впресовування п'яти вздовж осі лапи і упоперек осі лапи представлено в табл. 1.

З отриманих даних видно, що діаметр МБД в напрямку до осі лапи збільшився після пресування п'яти на величину від 0,005 до 0,015 мм. Спостереження за процесом пресування засвідчило, що збільшення розміру зумовлене конструктивними особливостями лапи – наявністю пазу для продування (розташований упоперек осі лапи) та перекосом п'яти, спричинене параметрами отвору під посадки. Оскільки точність і стабільність процесу пресування п'яти забезпечити важко, після пресування п'яту шліфують. Перекіс п'яти спостерігався візуально і складав до 0,6–1,0 мм.

Перед випробовуваннями провели також заміри геометричних параметрів, що визначають натяг пари тертя „п'ята – підп'ятник”. З цією метою виміряли відстань від кулькової бігової доріжки (КБД) до п'яти і підп'ятника. Отримані дані наведені в табл. 2.

Результати стендових випробовувань на предмет динаміки просідання, припрацювання і зношування секцій шарошкових доліт зображені на рис. 1

Аналіз спостережень за експериментами та отриманих даних дає можливість зробити висновки, що недопресування та припрацювання (робота до 4,5 год.) складає більше половини загального зношування пар тертя, що негативно впливає на роботу опори, а у випадку робочого упорного бурта – одночасно починають працювати дві пари тертя, що призводить до росту крутного моменту. Найменше просідання, припрацювання, зношування за 4,5 год. забезпечується рівномірним навантаженням на елементи опори, що досягається мінімальними проміжками між п'ятою і підп'ятником у даній конструкції опори.

Таблиця 1 – Результати вимірювань діаметрів малої бігової доріжки лапи перед і після запресування п'яти

№ п/п	№ лапи	Діаметр МБД 28,1 _{-0,045}			
		діаметр до запресування		діаметр після запресування	
		вздовж осі лапи	упоперек осі лапи	вздовж осі лапи	упоперек осі лапи
1	1	28,04	28,04	28,055	28,04
2	2	28,04	28,04	28,045	28,04
3	3	28,055	28,055	28,065	28,055
4	4	28,06	28,06	28,07	28,06
5	5	28,05	28,05	28,06	28,06
6	6	28,045	28,045	28,06	28,045

Таблиця 2 – Результати вимірювань геометричних параметрів пари тертя „п'ята - підп'ятник”

№ секції	розмір від КДБ до п'яти 36,96 _{-0,06}	розмір від КДБ до п'яти 36,86 ^{+0,12}	Натяг або зазор по парі тертя
1	36,93	36,88	0,05
2	36,88	36,95	- 0,07
3	36,91	36,87	0,04
4	36,91	36,93	- 0,02
5	36,95	36,92	0,03
6	36,95	36,94	0,01
7	36,92	36,90	0,02
8	36,89	36,94	- 0,05
9	36,92	36,93	- 0,01

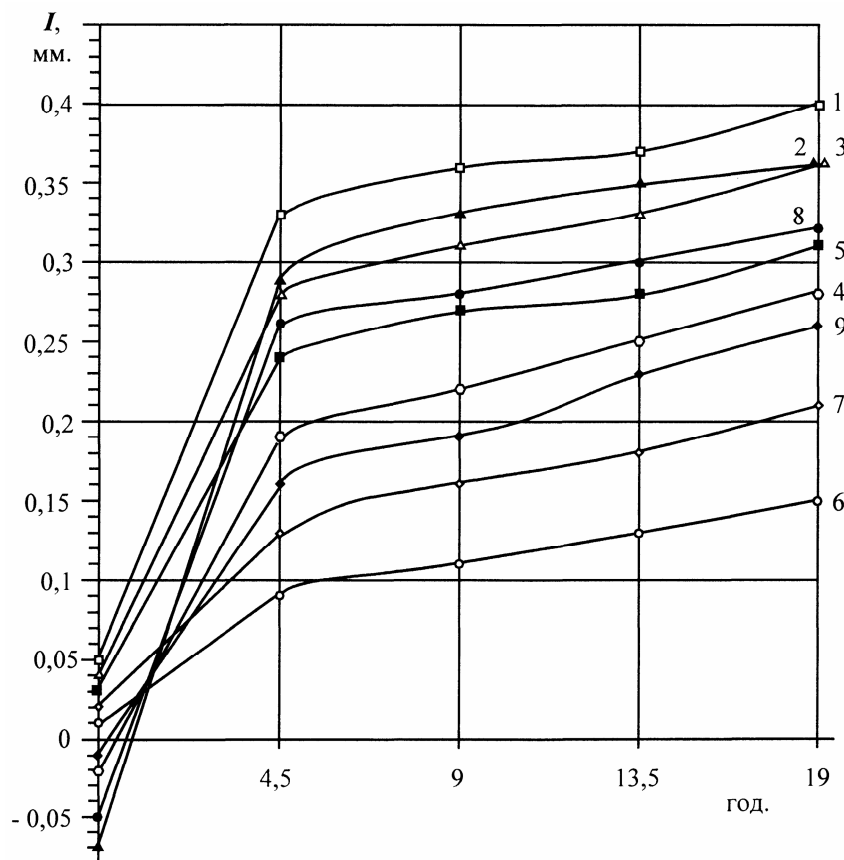
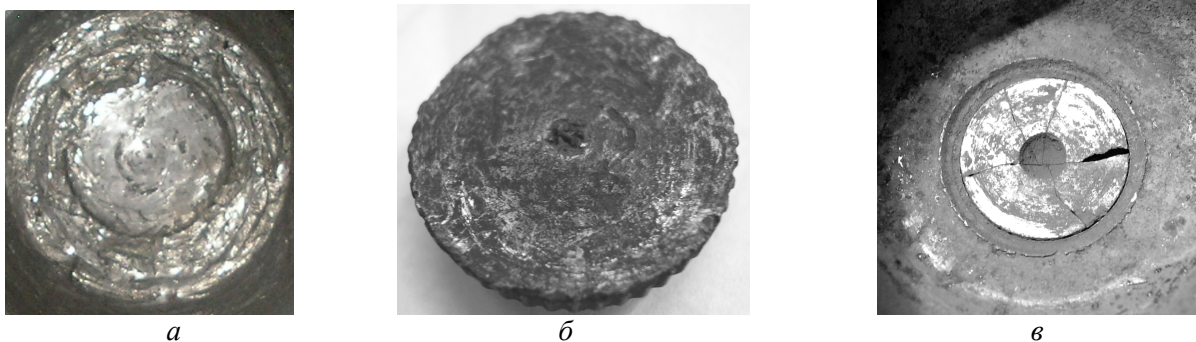
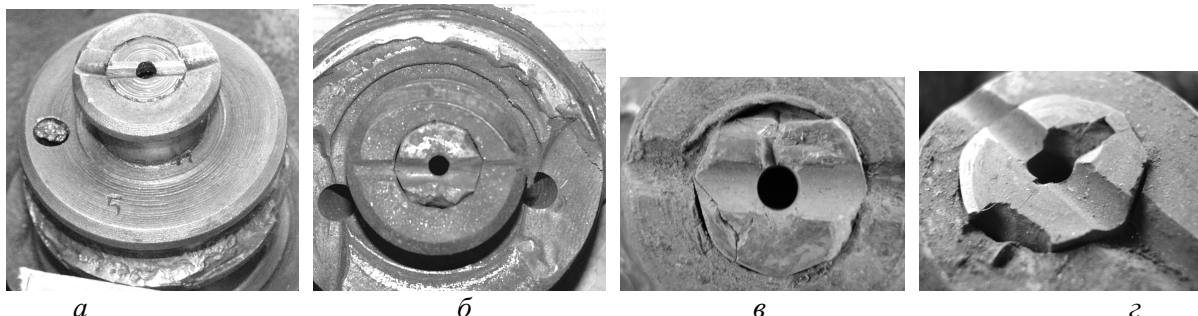


Рисунок 1 – Залежність просідання та зношування п'яти і підп'ятника від напрацювання секції (позначені цифрами 1- 9) долота за початкового умовному натягу чи проміжку



а – зношування робочої поверхні з елементами сколювання по периферії, розклепування під'ятника, завальцювання рваної поверхні від схоплювання спряженої упорної поверхні шарошки (секція 6); б – катастрофічне ударно-абразивне руйнування робочої поверхні під'ятника (секція 5); в – зношування робочої поверхні, просідання і розколювання під'ятника, кільцеподібне зношування спряженої упорної поверхні шарошки (секція 8)

Рисунок 2 – Характерні руйнування відпрацьованого протягом 19 год. під'ятника і спряженої упорної поверхні шарошки



а – абразивне зношування у вигляді глибоких концентричних рівчаків п'яти, катастрофічне втомне викришування, тріщина і сколювання на кульковій біговій доріжці з навантаженого боку лапи (секція 8); б – окремі сколи по периферії перекошеної п'яти, інтенсивне зношування упорного бурта малої бігової доріжки з навантаженого боку лапи (секція 3); в – крихке руйнування спричинене перекосом і повертанням п'яти (секція 5); г – нерівномірне зношування, просідання, перекіс, тріщини і сколювання п'яти (секція 1)

Рисунок 3 – Характерні руйнування відпрацьованої протягом 19 год. п'яти і робочих поверхонь лапи

Якщо середнє зношування п'яти за 4,5 год. роботи складає 0,02 мм, то за цей час п'ята просідає на величину від 0,05 до 0,23 мм. Для під'ятника ці значення є меншими: середнє зношування – 0,01 мм, а просідання – від 0,02 до 0,12 мм. В сумі створюється проміжок між парою „п'ята-під'ятник” від 0,11 до 0,33 мм. Це явище, як відомо, може спричинювати перекоп шарошки відносно осі цапфи і, тим самим, відбувається неодноразове вступання в контакт робочих поверхонь опори. Зокрема, надмірне навантаження на пару спричинює швидку втрату працездатності п'яти і під'ятника (рис. 2, 3). Все це негативно впливає на роботу долота. Зокрема, у випадку комплекту 1 через значне просідання і зношування п'яти та під'ятника, утворення значних люфтів відбулося перекошування робочих площин пари і, як наслідок, інтенсивно вступив у роботу замковий кульковий підшипник, і після 9 год. відпрацювання виявилися розколотими 2 кульки. При цьому після 4,5 год. роботи було виявлено відколи по периферії на п'яті і під'ятнику. Після 19 годин

роботи на робочій поверхні під'ятника виявили тріщину, сліди ударно-абразивного зношування, наклеп.

При значних натягах (секції 2, 4, 8), де основне навантаження в опорі припадає на пару „п'ята-під'ятник”, робочі поверхні МБД, ВБД, КБД, не припрацювавшись, вступали в роботу і секція передчасно виходила з ладу. Було помічено розколювання кульок: в секції 2 – через 13,5 год. (2 шт), в секції 4 – через 19 год. (1 шт), в секції 8 – через 19 год. (2 шт). Характерне зношування кульок замкового підшипника зображено на рис. 4.

У випадку мінімальних значень натягів (0,01 мм – секція 9) та мінімальних проміжків (0,01-0,02 мм – секції 6, 7) отримали найвищу стійкість елементів опори. Аналіз відпрацювання робочих поверхонь виявив одностороннє вступання в роботу пари тертя та рядів опори і, як наслідок, відбувалося їх ефективне припрацювання. Так, проведений аналіз секцій 6, 7 після відпрацювання 23 годин за підвищених навантажень (80 кН) (рис. 5) засвідчив, що

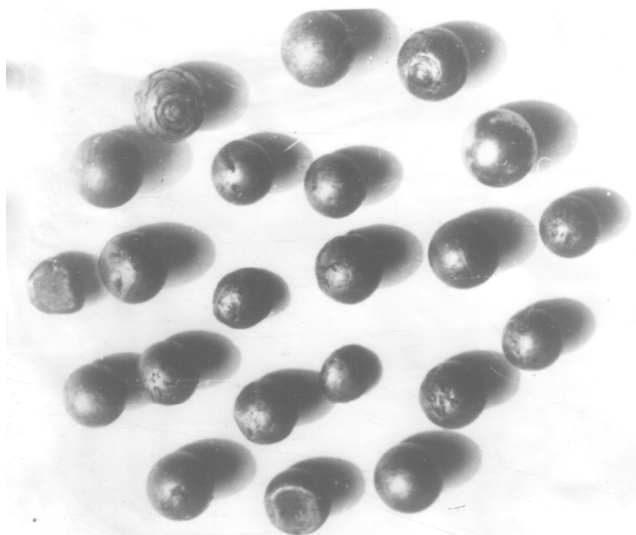
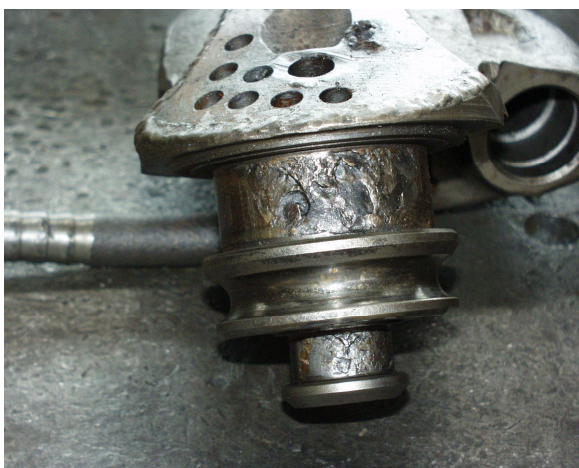
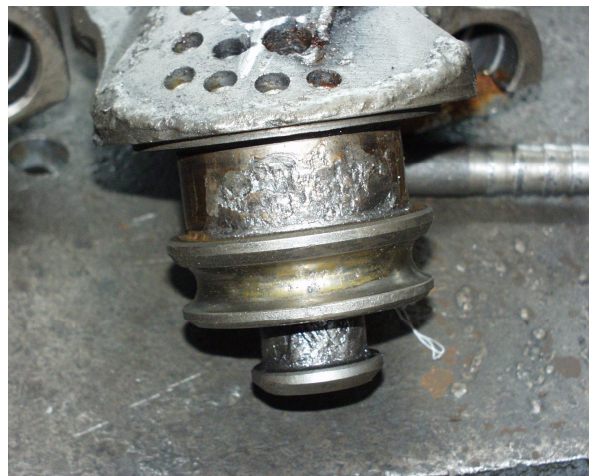


Рисунок 4 – Характерні руйнування кульок замкового кулькового підшипника: загальне зношування, ривчачки, пластична деформація, розколювання



а



б

а – рівномірне контактне втомне руйнування ВБД і МБД, утворення ланцюжка піттингів і контактних дрібних викришувань на дні КБД (секція 6); б – контактне втомне руйнування ВБД і МБД з боку КБД, утворення піттингів і локальних значних контактних викришувань на дні і по краях КБД (секція 7)

Рисунок 5 – Характерні втомні руйнування бігових доріжок секцій 6 і 7 після 23 годин відпрацювання з навантаженого боку

основною причиною виходу з ладу є контактне втомне руйнування ВБД і МБД, при цьому на КБД спостерігали порівняно незначне руйнування. Тобто відбувалось нормальне відпрацювання секції, без значних перекосів та за рівномірного розподілу навантажень на опорні поверхні.

В основному натяг під час запресовування п'яти $N = 0,2-0,5$ мм забезпечує її надійне кріплення, унеможливаючи прокручування під час роботи. За меншого значення натягу ($N = 0,08-0,15$ мм) спостерігається процес прокручування п'яти, що спричинює утворення крайових тріщин і сколювання (рис. 3, в р2). Необхідно зауважити, що у випадку завищених значень натягу ($N = 0,5-0,6$ мм) за рахунок процесу зрізування шару матеріалу зі стінок отвору під час пресування п'яти відбувається утворення значних об'ємів стружки під тілом п'яти. Це

унеможливує її запресовування на повну глибину і сприяє виникненню перекосів і просідання в процесі припрацювання.

З отриманих даних випливає, що п'ята і підп'ятник не допресовуються за існуючих технічних умов пресування. Для з'ясування цього питання було досліджено партії шарошок і лап. Встановлено, що глибина отворів під посадку елементів пари може коливатися в межах від 0,05 до 0,5 мм і від 0,01 до 0,15 мм для п'ят і підп'ятників відповідно. Крім цього, форма дна отворів спричинює перекошування під час навантаження на п'яту і підп'ятник, причому ефект перекошування відчутніший в лапі через наявність навантаженого і не навантаженого боків.

Для перевірки якості посадки підп'ятника в гніздо шарошки було проведено порівняльні випробовування 15 шарошок після запресовування та після допресовування. Результати ви-

Таблиця 3 – Результати вимірювань геометричних параметрів якості посадки п'яти

№ партії	Марка долота лапи	Просідання після допресовування, мм.	Середнє значення просідання, мм.	Кількість перекосів, шт.	Значення перекосу, мм.
1	244,5 Т-ПВ-D28	0,03 – 0,29	0,14	6	0,03 – 0,6
2	244,5 Т-ПВ-D28	0,03 – 0,30	0,15	5	0,05 – 0,58
3	244,5 ОК-ПГВ-D26	0,02 – 0,32	0,13	3	0,04 – 0,42
4	244,5 ОК-ПГВ-D26	0,02 – 0,19	0,09	5	0,01 – 0,35
5	250,5 ТКЗ-ПГВ-D27	0,02 – 0,21	0,11	2	0,08 – 0,13
6	250,5 ТКЗ-ПГВ-D27	0,03 – 0,20	0,12	4	0,02 – 0,6

мірювань засвідчили, що просідання підп'ятника після допресовування складало від 0,01 до 0,03 мм за середнього значення 0,017 мм.

Вимірювання просідання п'яти після запресовування і допресовування свідчать, що просідання відбувається від 0,03 до 0,29 мм, причому з 15 вимірних посадок виявили 6 перекосів. Дослідження ще 5 партій по 15 лап різних типів доліт показали також наявність просідання п'ят після допресовування та випадки перекосу (табл. 3).

Аналіз отриманих даних виявив що перекошування п'яти може складати від 13 до 40% в партії.

Проведені експериментальні дослідження свідчать про необхідність підвищення точності формування поверхонь отворів, а саме: забезпечити підбір дна для отримання необхідної площинності, на яку базується п'ята при запресовуванні. Для підп'ятника важливим є формування точності конусних поверхонь, на яких він базується.

Рекомендується виконувати секції з парами „п'ята-підп'ятник” із забезпеченням проміжку 0,01–0,02 мм за умови відсутності явища просідання в момент припрацювання. Для усунення явища просідання п'яти перспективним є забезпечення площинності дна отвору та виконання канавки на його рівні, в яку буде витискатися стружка утворена в процесі пресування. Також необхідно конструктивно забезпечувати одночасне рівномірне навантаження на елементи опори під час припрацювання доліт.

Оскільки в умовах виробництва метод селективного підбору елементів секцій є трудомістким і не може розглядатися на найближчу перспективу, то слід оптимізувати поля допусків на механічну обробку лапи і шарошки. Це можливо завдяки широкому впровадженню високоточних верстатів з ЧПК та підвищенню контролю якості технологічних процесів.

Надалі перспективним є дослідження можливості підвищення контактної довговічності робочих спряжених поверхонь тертя і кочення в опорі шарошкового долота.

Література

- 1 Дрогомирецький Я.М. Підвищення довговічності шарошкових доліт для низькооборотового буріння: Автореф. дис... докт. техн. наук / ІФДТУНГ. – Івано-Франківськ, 1999. – 36 с.
- 2 Новые пары трения для шарошечных долот / В.П.Бондаренко, Л.Е.Василенко, А.В.Галков, Р.И.Гук, Я.Р.Круглий, А.М.Барановский // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н.Бакуля, 2005. – Вып. 8. – С. 262-265.
- 3 Структура и свойства деталей пар трения опор шарошечных долот различных изготовителей / В.П.Бондаренко, А.В.Галков, И.А.Гнатенко, Р.И.Гук, Я.Р.Круглий // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н.Бакуля, 2004. – Вып. 7. – С. 225-232.
- 4 Жидовцев Н.А., Кершенбаум В.Я., Гинзбург Э.С. и др. Долговечность шарошечных долот. – М.: Недра, 1992. – 272 с.
- 5 Морозов Л.В. Повышение долговечности буровых долот на основе компьютерного анализа элементов конструкций и их сборки: Автореф. дис... канд.техн. наук / Самарский гос. техн. университет. – Самара, 2003. – 23 с.