

УДК 622.24.051.55

doi:10.20998/2413-4295.2020.01.01

## ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДАННЯ З'ЄДНАННЯ «ЗУБОК-ШАРОШКА» НА ЯКІСТЬ ВСТАВНОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ОСНАЩЕННЯ ШАРОШОК БУРОВИХ ДОЛІТ

А. М. СЛІПЧУК<sup>1</sup>\*, Р. С. ЯКИМ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> кафедра технології машинобудування, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, УКРАЇНА

<sup>2</sup> кафедра технологічної та професійної освіти, Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка, м. Дрогобич, УКРАЇНА

\*e-mail: andsl@ukr.net

**АНОТАЦІЯ** Представлено результати досліджень одного із ключових аспектів, що стосуються забезпечення якості виготовлення шарошок тришарошкових бурових доліт, оснащених твердосплавними вставними зубками. Досліджено вплив технологічних параметрів на формування отворів під посадку твердосплавних зубків та операції складання з'єднання «зубок-шарошка». Аналізом встановлено, що на етапах операцій розвірчування отворів виникає найбільше проблем щодо забезпечення якості. Основна ідея полягає у встановленні раціональних технологічних параметрів на закріплення породоруйнівних елементів в тіло шарошки. На основі численних експериментів на різних типорозмірах твердосплавних зубків встановлено, що швидкість процесу пресування має надзвичайно важливе значення. Аналізом розрізаних і розібраних таких з'єднань встановлено, що стінки отвору мають значну пластичну деформацію, мікротріщини, подекуди утворилася стружка на дні отвору. Досліджено параметри відхилення по шорсткості таких поверхонь. Скориставшись рекомендаціями, виявили, що змочування зубків у окислений парафін зменшує пластичну деформацію стінок отвору вдвічі. Це дає можливість підвищувати значення натягу і з'єднання. Для підвищення точності технологічної операції пресування розроблено спеціальний пристрій, який дав змогу точно орієнтувати перед пресуванням вставні зубки, а також суттєво зменшити брак. Аналізом стінок отворів на сталі 14ХНЗМА виявлено, що при натягах до 0,068 мм мала місце пружна деформація, далі до 0,148 мм, в подальшому при збільшенні натягу було отримано значну пластичну деформацію. Теоретично та експериментально обґрунтовано розроблені шляхи вдосконалення технології виготовлення бурових доліт, що мінімізує деформацію шарошок та зубків. З цієї метою встановлено емпіричну залежність, що дозволяє встановити залежність між параметрами шорсткості та величиною натягу з'єднання «зубок-шарошка» доліт.

**Ключові слова:** формування отворів; шорсткість; зубок; шарошка; натяг; тришарошкове бурове долото; швидкість запресування

## THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS DURING PRESSING TUNGSTEN CARBIDE INSERT CUTTER IN THE CONE OF THE ROLLER CONE BITS FOR THE RELIABILITY CONNECTION

А. SLIPCHUK<sup>1</sup>, R. JAKYM<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Technological and Professional Education, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, UKRAINE

<sup>2</sup> Department of Mechanical Engineering, Lviv Polytechnic National University, L'viv, UKRAINE

**ABSTRACT** One of the key aspects, which are designed to ensure the quality's production of cones for roller cone bits drill bits with tungsten carbide insert cutter are presented. The influence of technological parameters on the formation of holes for planting tungsten carbide insert cutter and the assembling operation of the connection "tungsten carbide insert cutter-cone". The analysis showed that at the stages of holes reaming operations there are the most problems in quality assurance. Based on numerous experiments on different sizes of tungsten carbide insert cutter, it is established that the speed of the pressing process is extremely important. Analysis of cut and disassembled such joints revealed that the walls of the hole have a significant plastic deformation, micro cracks, and in some places chips formed at the bottom of the hole. The parameters of deviation in the roughness of such surfaces were also investigated. If we use the recommendations, then we found that wetting the tungsten carbide insert cutter in oxidized paraffin reduces the plastic deformation of the hole's wall in half. This allows you to increase the tension in the connection. In order to increase the accuracy of the pressing operation, a special device was developed, which allowed accurately orienting the tungsten carbide insert cutter before pressing, as well as significantly reducing the shortage. Analysis of the hole's walls on the steel AISI 9315H revealed that at tensions up to 0.068 mm there was an elastic deformation, then up to 0.148 mm, and then with increasing tension was obtained significant plastic deformation. Theoretically and experimentally substantiated developed methods to improve the technology of drilling bits, which minimizes the deformation of cones and tungsten carbide, insert cutters. The main purpose was to determine the empirical dependence, which allows establishing the relationship between the roughness parameters and the amount of tension in the connection "cone- tungsten carbide insert cutter".

**Keywords:** hole formation; roughness; tooth; cone; tension; three-cone drill bit; pressing speed

### Вступ

Технологія виготовлення тришарошкових бурових доліт, що використовується на сучасних

підприємствах, передбачає застосування холодного запресування для з'єднання твердосплавних вставних зубків з тілом шарошки. На виробництві застосовується система натягів для кожного

типорозміру зубка, відповідно до співвідношення твердості тіла шарошки та хвостовика зубка, а також особливостей конструкції вінців шарошки й розташування твердосплавних зубків. Основна мета у досягненні якості – забезпечення найкращих показників розподілу внутрішніх напружень в спряжених поверхнях з'єднань твердосплавного породоруйнівного оснащення шарошок. Практика показує, що цьому сприяє підвищення точності операцій формоутворення спряжених поверхонь деталей, а також процесів складання [1]. Для забезпечення точності з'єднання у заданих граничних значеннях, здійснюється контроль якості формоутворення отворів на усіх стадіях: зенкерування після цементації, гартування і високого відпуску, розвертання після гартування і низького відпуску.

Для різних типорозмірів шарошок застосовують спеціальні долотні сталі, зокрема: 14ХНЗМА, 15НЗМА 17НЗМА, 20ХНЗА. Шарошки піддаються складній технології зміцнення на основі цементації, що ґрунтовно описана в праці [2]. Це забезпечує високі показники по зносостійкості, ударній в'язкості шарошок. Проте, високі показники твердості вінців шарошок, у які запресовували вставні твердосплавні зубки, не забезпечували надійного з'єднання «зубок-шарошка» через утворення тріщин та випадання вставних зубків. Тривалий час у долотобудуванні застосовували ідею щодо зменшення небезпечних напружень в зоні краю отвору в шарощі, яка реалізовувалася фрезеруванням площадок на вінцях шарошки (видалення цементованого шару в ділянці отвору), або ж прорізуванням вінців на глибину цементованого шару [3,4]. За останнє десятиліття така технологія не застосовується через значну трудомісткість процесу, надлишкову витрату долотної сталі, зношення інструменту, зношення верстатного парку, а також збільшення видатків на інші статті витрат на виробництво. Економнішою технологією є захист вінців антицементацийною пастою перед цементациєю шарошок. Недоліком цієї технології є виникнення випадків непрогнозованого «пробою» захисного шару та виникнення ділянок насичених вуглецем. Це вимагає встановлення підвищених вимог щодо якості та зносостійкості інструменту, а також підвищення точності виконання операцій формоутворення отворів під посадку вставних твердосплавних зубків.

Надійне з'єднання «твердосплавний зубок – вінець шарошки» також забезпечують конструкції у яких між стінками сусідніх отворів менше 10мм. Проте, такі конструкторські рішення висувають високі вимоги щодо показників пластичності сталі через небезпеку утворення тріщин, навіть у вінцях виконаних без цементованого шару [5,6]. Це також висуває жорсткі вимоги до технології виготовлення шарошок, і особливо, параметрів технологічних операцій формоутворення отворів та процесу складання такого з'єднання [7,8].

## Мета роботи

Основна мета роботи полягає у дослідженні впливу технологічних параметрів складання на міцність з'єднання «зубок-шарошка», формоутворення отворів під посадку твердосплавних зубків та операції складання з'єднання «зубок-шарошка». Вивчення впливу технологічних параметрів пресування на величину сили випресовування зубків, як таку, що характеризує якість з'єднання «зубок-шарошка».

В матеріалах статті представлено результати досліджень одного з ключових аспектів, які стосуються забезпечення якості виготовлення шарошок тришарошкових бурових доліт оснащених твердосплавними вставними зубками.

## Виклад основного матеріалу

Вимірювання шорсткості на поверхнях хвостовиків твердосплавних зубків досліджуваних поверхонь здійснювали за допомогою профілометра HOMVEL TESTER T1000, а також профілометра моделі 296 (рис. 1).

Експресне вимірювання отворів у шарошках здійснювали із застосуванням цехового обладнання на основі пневмокомпаратора «Western L-10», що дає максимальну похибку до 2,5 мкм. (рис. 2)

Для досліджень спеціально готували темплети, вирізані з шарошок бурових доліт (рис. 3).

Для кінцевого оброблення отворів під вставні зубки застосовували різальний інструмент, загальний вигляд різальних частин якого представлено на рис. 4.

Аналізом встановлено, що на етапах операцій розвірчування отворів виникає найбільше проблем щодо забезпечення якості. Цю операцію виконують розверткою з твердосплавними пластинами. Документацією передбачено отримання шорсткості  $R_a 1,25 - 2,5$  мкм.

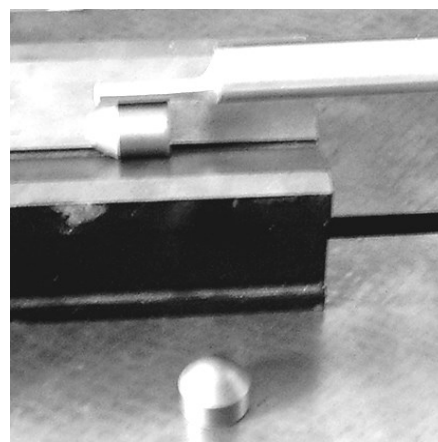


Рис. 1 – Вимірювання шорсткості на поверхнях хвостовиків твердосплавних зубків

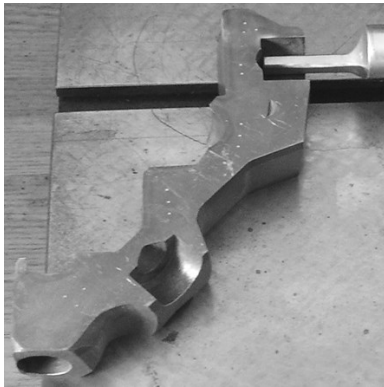


Рис. 2 – Вимірювання шорсткості на поверхнях отворів у темплетях шарошок

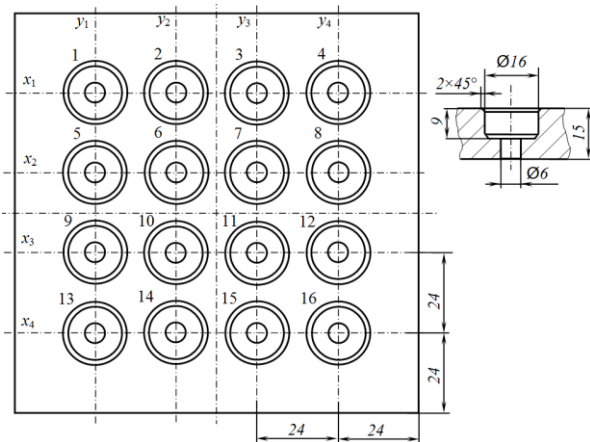
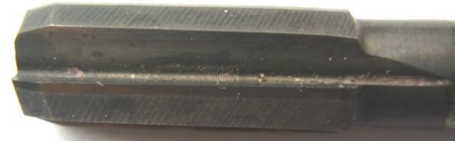


Рис. 3 – Схема пластини для досліджень параметрів отворів під вставні зубки (для прикладу подано розміри для випробування твердосплавних зубків діаметром 16 мм)

Тривалий час пресування твердосплавних зубків здійснювали вручну, на глибину 3 – 5 мм, а далі із застосуванням гідравлічного преса, до упору в торцеву частину дна отвору. При цьому було встановлено, що характер конструкції та величина показника шорсткості хвостовиків твердосплавних зубків, а також параметрів техпроцесу виконання операцій пресування впливає не тільки на якість з'єднання, а й цілісність твердосплавного зубка. Зокрема, при недостатньо якісній фасці чи нерациональних її параметрах в західній частині хвостовика твердосплавного зубка виникали перекошування у посадці між осями симетрії отвору й зубка [9]. Також, при пресуванні виникав звуковий ефект потріскування. Аналізом розрізаних і розібраних таких з'єднань встановлено що стінки отвору мають значну пластичну деформацію, мікротріщини, подекуди утворилася стружка на дні отвору. На тілі хвостовика виявлені сколювання різної величини.



а – розвертка з твердосплавними пластинами VK6M, що дає змогу здійснювати підбір дна отвору,



б – розвертка з цільного твердого сплаву VK6OM,



в – свердло з цільного твердого сплаву фірми «Hertel», застосоване для чистового розвірчування і підбирання дна отворів

Рис. 4 – Різальні частини інструмента для різних варіантів кінцевого оброблення отворів під вставні твердосплавні зубки

На основі численних експериментів на різних типорозмірах твердосплавних зубків встановлено, що швидкість процесу пресування має надзвичайно важливе значення (табл. 1 та рис. 5). Зокрема, при повільному процесі отримуються (на різних стадіях), тріщини у вінцях шарошок, значна пластична деформація. При дуже швидкому процесі, зокрема ударному, що також тривалий час застосовувався – фіксували поломки твердосплавних зубків, не співвісність між осями отворів та посаджених зубків. Оскільки фізико-механічні показники плавко сталей, конструктивний варіант розташування твердосплавних зубків у вінцях шарошки, типорозміри зубків дають доволі значне розсіювання показників, тому до сьогодні актуальним є розробка раціональних параметрів процесу пресування.

Таблиця 1 – Результати вимірювання зусилля випресовування в залежності від швидкості запресовування зубків у шарошку

Швидкість запресовування V, м/с	Величина зусилля випресовування P, кН						Середнє значення зусилля
	1	2	3	4	5	6	
0,2	20,5	19,5	18,7	19,2	20,5	21	19,9
2	20	20,5	19,5	18,5	19	19,2	19,45
4	17,4	17	17,2	18,1	17,9	17,7	17,55
6	14,8	15,2	16,2	15,8	16,5	15,3	15,63
8	14,9	15,1	14,6	14,8	15,7	16	15,18
10	15,8	14,9	14	14,2	14,4	14,6	14,65
12	15,1	15,3	14,9	14,7	14,6	14,4	14,83

На міцність пресового з'єднання впливає багато чинників, серед яких: величина натягу, точність геометрії форм спряжених деталей, площа фактичного контакту, шорсткість спряжених поверхонь, матеріал деталей [10-12]. Зрозуміло, що при відхиленнях від заданих форм міцність розглядуваного з'єднання зменшується, при критичних динамічних навантаженнях може виникати «зрив» з початкового положення охоплюючої деталі, що, у свою чергу, може призвести до аварійних ситуацій. Досліджено вплив параметра шорсткості (Ra) внутрішньої поверхні глухих отворів, яка отримується після обробки, у шарошці на міцність з'єднання «зубок-шарошка» (табл. 3 та рис. 6).

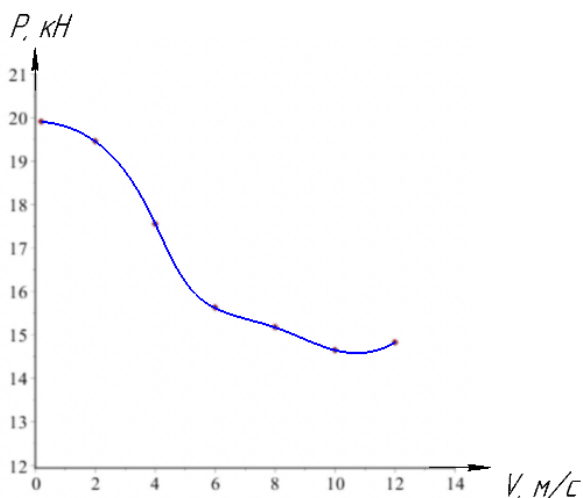


Рис. 5 – Вплив швидкості процесу пресування на зусилля випресовування вставлених твердосплавних зубків

Для вимірювання розподілу шорсткості на циліндричній поверхні хвостовиків твердосплавних зубків здійснювали повертання на визначений крок навколо осі зубок. Це уможливило отримати загальну картину розподілу шорсткості по усій циліндричній поверхні (табл. 2).

Дослідження подібних параметрів на отворах у вінцях шарошок здійснювали на наперед підготовлених темплатах вирізаних і підготовлених із шарошок бурових доліт (рис. 3).

Скористувавшись рекомендаціями [14], виявили, що змочування зубків у окислений парафін зменшує пластичну деформацію стінок отворі у двічі. Це дає можливість підвищити значення натягу у з'єднанні.

Для підвищення точності технологічної операції пресування розроблено спеціальний пристрій [15], що дає змогу точно орієнтувати перед пресуванням вставні зубки (рис. 7), а також суттєво знизити брак. Також, така технологія уможлиблює підвищувати швидкість процесу. Зокрема, при швидкісному пресуванні, як виявилось можна застосувати ефект швидкого проковзування поверхні

тіла хвостовика в отвір вінців шарошки, при цьому контактуючі поверхні зазнають пружної деформації, а зубок не пошкоджується.

Таблиця 2 – Результати вимірювання шорсткості на хвостовиках деяких типів твердосплавних зубків

	$l_1$	$l_2$		
Середнє значення шорсткості поверхні ніжки зубка, Ra, мкм	1,718	1,718	1,498	1,287
Крок повертання зубка при вимірюванні мм	~2	~2	~2,4	~2

Таблиця 3 – Результати вимірювання зусилля випресовування в залежності від шорсткості стінок отворів у шарошці

Шорсткість стінок отворів у шарошці Ra, мкм	Вимірювання зусилля P, кН					Середнє значення зусилля
	1	2	3	4	5	
0,1	21,5	19,5	18,0	19,0	16,5	18,9
0,3	17,5	16,5	16,7	14,3	15,2	16,04
0,6	15,1	14,9	14,5	16,0	16,5	15,4
0,8	15,0	16,1	16,5	17,0	18,0	16,52

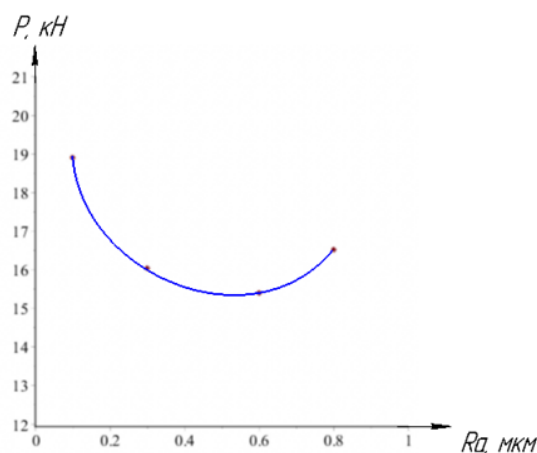
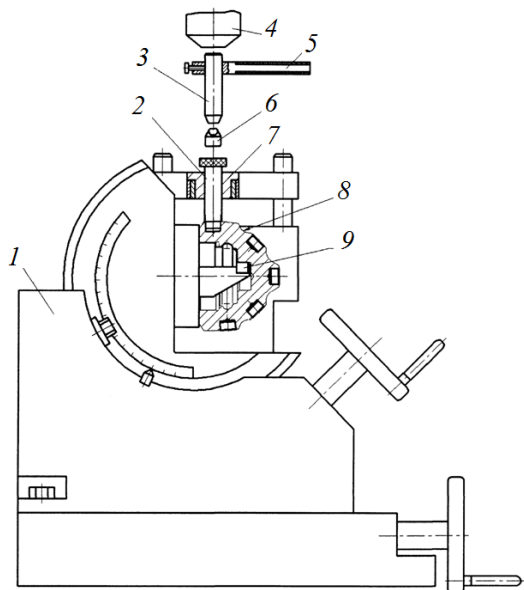


Рис. 6 – Вплив шорсткості стінок отворів у шарошці на зусилля випресовування вставлених твердосплавних зубків типового профілю хвостовика



1 – основа пристрою; 2 – вловлювач отвору;  
3 – пуансон; 4 – оправка під штовхач пресу;  
5 – руків'я; 6 – твердосплавний вставний зубок;  
7 – втулка направляюча;  
8 – шарошка; 9 – оправка установу

Рис. 7 – Схема пристрою для операції пресування твердосплавних зубків у корпус шарошки на пресі П-6234

Аналізом стінок отворів на сталі 14ХНЗМА виявлено, що при натягах до 0,068 мм має місце пружна деформація. Натяги до 0,148 мм забезпечують пластичну деформацію (рис. 8). Зі збільшенням значень натягів (більше 0,148 мм) фіксували інтенсивне утворення значних пластичних деформацій, а також мікротріщин в ділянці кромки отвору в шарошці. При натягах вище 0,158 мм мали місце викривування в основі хвостовика твердосплавного зубка.

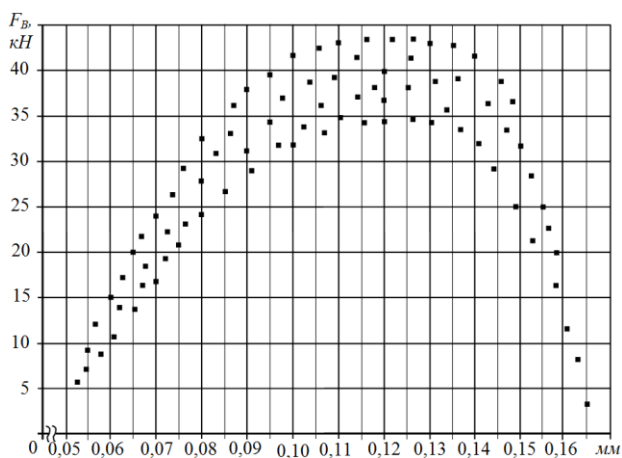


Рис. 8 – Залежність зусилля випресування  $F_B$  твердосплавних зубків (діаметр зубка 16 мм) від величини натягу в з'єднанні

Здійснені дослідження на предмет встановлення впливу технологічних параметрів формоутворення отворів у вінцях шарошок на точність їхніх конструкторських параметрів. Для зенкерування, розвірчування допуск на діаметр складав 0,6 мм. Для першого розвірчування допуск на діаметр дорівнював 0,1 мм, на сторону – 0,05 мм. Для кінцевого розвірчування допуск на діаметр прийнято 0,05 мм, на сторону – 0,025 мм. Відхилення від перерізу осей отворів з віссю шарошки був не більше 0,13 мм, а у вершині до 0,25 мм для всіх решта отворів.

### Висновки

Овальність отворів необхідно зменшити до 0,02 мм, бо зі збільшенням допуску навколо отвору виникає несприятливий розподіл напружень що веде до руйнування спряжених елементів зубка та отвору вінця шарошки.

Забезпечення сталого профілю та значення шорсткості отворів можливо добитися введенням додаткової кінцевої операції розвірчування, яка би виконувала роль кінцевого калібрування отвору. Для цього ефективним є застосування монолітних твердосплавних розверток, які забезпечують вищу стабільність та якість оброблених отворів проти розверток із паяними твердосплавними розвертками.

Параметри пресування мають вибиратися відповідно до показників міцності та пластичності сталі шарошок. Також для кожного типорозміру та конструкції шарошок має забезпечуватися сприятливий розподіл значень напружень у тілі вінців та твердосплавних зубків породоруйнівного оснащення шарошок бурових доліт. При цьому необхідно враховувати характер розподілу напружень у близько розташованих не тільки двох зубках, а групах зубків у вінцях шарошки.

Для посадки зубків на основних вінцях (як найбільш навантажені), доцільно пресувати за умов підвищених значень натягів. Для підвищення якості пресування, перед пресуванням, твердосплавні зубки доцільно змочувати в окислений парафін, або іншу речовину, що забезпечує ефективне ковзання спряжених поверхонь при пресуванні.

Зубки необхідно ретельніше калібрувати для усунення неоднорідної шорсткості по твірній хвостовика.

Надалі перспективно вдосконалювати конструкцію хвостовиків твердосплавних вставних зубків, а також технологію селективного складання.

### Список літератури

1. Сліпчук А. М. Яким Р. С. Підвищення якості технології пресування твердосплавних породоруйнівних зубків у шарошки бурових доліт. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. праць. Харків, 2017. Вип. 7 (1229). С. 110–117. doi:10.20998/2413-4295.2017.07.15.

2. Яким Р. С., Петрина Ю. Д. *Теорія і практика забезпечення якості та експлуатаційних показників цементованих деталей шарошkových бурових доліт. Монографія.* Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2011. 189 с.
3. Беляев А. И. Исследование технологического процесса сборки шарошек буровых долот с твердосплавным вооружением: *дис. кандидата техн. наук.* Москва, 1977. 200 с.
4. Крылов К. А., Стрельцова О. А. *Повышение долговечности и эффективности буровых долот.* Москва: Недра, 1983. 206 с.
5. Gupta A., Chattopadhyaya S., Hloch S. Critical investigation of wear behaviour of WC drill bit buttons. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 2013. № 46 (1), P. 169–177. doi:10.1007/s00603-012-0255-9.
6. Yong, D., Chen, M., Jin, Y., Yakun, Z., Daiwu, Z., Lu, Y. Theoretical and experimental study on the penetration rate for roller cone bits based on the rock dynamic strength and drilling parameters. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2016. № 36. P. 117–123.
7. Huang, Zhiqiang, Li Qin, Zhou, Jing Shuang, Ma Yachao, Hu Wengang, Fan Yongtao. Experimental research on the surface strengthening technology of roller cone bit bearing based on the failure analysis. *Engineering failure analysis*, 2013. № 29. P. 12–26. doi: 10.1016/j.engfailanal.2012.08.018.
8. Schroder J. Cone retention and tapered bearing preload system for roller cone bit. *US patent application*, filed 2011. Nov. 2.
9. Naganawa Shigemi. Feasibility study on roller-cone bit wear detection from axial bit vibration. *Journal of petroleum science and engineering*, 2012. Iss. 82-83. P. 140–150.
10. Pandey P. A., Mukhopadhyay K., Chattopadhyaya S. Reliability analysis and failure rate evaluation for critical subsystems of the dragline. *Journal of the brazilian society of mechanical sciences and engineering*, 2018. № 40 (2). doi:10.1007/s40430-018-1016-9.
11. Schroder Jon, Di Pasquale Maurizio, Richards Alun, Yorty Jesse. Bearing innovations extend roller-cone bit life. *Oil & gas journal*, 2016. Iss. 114, № 6. P. 50–55.
12. Gustafson A., Schunnesson H., Kumar, U. Reliability analysis and comparison between automatic and manual load haul dump machines. *Quality and reliability engineering international*, 2015. № 31 (3). P. 523–531. doi: 10.1002/qre.1610.
13. Satya Prakash, Mukhopadhyay. Reliability analysis of tricone roller bits with tungsten carbide insert in blasthole drilling. *Journal International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2020. №34 (2). P.101–118. doi: 10.1080/17480930.2018.1530055.
14. Ребиндер П. А., Щукин Е. Д. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения *Успехи физических наук*, 1972. Т. 108. Вып. 1. С. 3–42.
15. Яким Р. С., Петрина Ю. Д., Яким І. С. *Науково-практичні основи технології виготовлення тришарошkových бурових доліт та підвищення їх якості і ефективності: монографія.* Івано-Франківськ: Видання ІФНТУНГ, 2011. 384 с.
- bits]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KhPI" Vysoki tekhnolohiyi v mashynobuduvanni [Bulletin of the National Technical University "KhPI" High technologies in mechanical engineering: collection].* Kharkiv, 2017, Iss. 7 (1229), pp. 110–117. doi:10.20998/2413-4295.2017.07.15.
2. Yakim R. S., Petrina Yu. D. *Teoriya i praktyka zabezpechennya yakosti ta ekspluatatsiynykh pokaznykiv tsementovanykh detaley sharoshkovykh burovykh dolit [Theory and practice of quality assurance and operational indicators of cemented parts of cone drill bits].* Monograph. Ivano-Frankivsk: IFNTUNG Publishing House, 2011, p.189.
3. Belyaev A. I. Issledovaniye tekhnologicheskogo protsesssa sborki sharoshek burovykh dolot s tverdosplavnym vooruzheniyem [Investigation of the technological process of assembling cones of drill bits with carbide equipment]: *dis ... candidate of technical sciences.* 1977, Moscow, p.200.
4. Krylov K. A., Streltsova O. A. *Povysheniye dolgovechnosti i effektivnosti burovykh dolot [Improving the durability and efficiency of drill bits].* Moscow: Nedra, 1983, p. 206.
5. Gupta A., Chattopadhyaya S., Hloch S. Critical investigation of wear behaviour of WC drill bit buttons. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 2013, no 46 (1), pp. 169–177, doi:10.1007/s00603-012-0255-9.
6. Yong, D., Chen, M., Jin, Y., Yakun, Z., Daiwu, Z., Lu, Y. Theoretical and experimental study on the penetration rate for roller cone bits based on the rock dynamic strength and drilling parameters. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2016, no 36, pp. 117–123.
7. Huang, Zhiqiang, Li Qin, Zhou, Jing Shuang, Ma Yachao, Hu Wengang, Fan Yongtao. Experimental research on the surface strengthening technology of roller cone bit bearing based on the failure analysis. *Engineering failure analysis*, 2013, Iss. 29, pp. 12–26, doi: 10.1016/j.engfailanal.2012.08.018.
8. Schroder J. Cone Retention and Tapered Bearing Preload System for Roller Cone Bit. *US patent application*, filed Nov. 2, 2011.
9. Naganawa Shigemi. Feasibility study on roller-cone bit wear detection from axial bit vibration. *Journal of petroleum science and engineering*, 2012, Iss. 82-83, pp. 140–150.
10. Pandey P. A., Mukhopadhyay K., Chattopadhyaya S. Reliability analysis and failure rate evaluation for critical subsystems of the dragline. *Journal of the brazilian society of mechanical sciences and engineering*, 2018, no. 40 (2), doi:10.1007/s40430-018-1016-9.
11. Schroder Jon, Di Pasquale Maurizio, Richards Alun, Yorty Jesse. Bearing innovations extend roller-cone bit life. *Oil & gas journal*, 2016, Iss. 114, no. 6, P. 50–55.
12. Gustafson A., Schunnesson H., Kumar U. Reliability analysis and comparison between automatic and manual load haul dump machines. *Quality and reliability engineering international*, 2015, no. 31 (3), pp. 523–531, doi: 10.1002/qre.1610.
13. Satya Prakash, Mukhopadhyay. Reliability analysis of tricone roller bits with tungsten carbide insert in blasthole drilling. *Journal International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2020, no. 34 (2), pp. 101–118, doi: 10.1080/17480930.2018.1530055.
14. Rebinder P. A., Shchukin E. D. Poverkhnostnyye yavleniya v tverdykh telakh v protsessakh ikh deformatsii i razrusheniya [Surface phenomena in solids in the processes of their deformation and destruction]. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk [Advances in physical sciences]*, 1972, Iss. 1, pp. 3–42.

#### References (transliterated)

1. Slipchuk A. M., Jakum R. S. Pokrashchennya yakosti tekhnolohiyi protsesu zapresovuvannya zubkiv u sharoshky burovykh dolit [Improving the quality of the technology of the process of pressing insert cutter in the cones of drill

15. Yakim R. S., Petrina Yu. D., Yakym I. S. *Naukovo-praktychni osnovy tekhnolohiyi vyhotovlennya trysharoshkovykh burovyykh dolit ta pidvyshchennya yikh yakosti i efektyvnosti: monohrafiya [Scientific and practical*

*bases of technology of manufacturing cone drilling bits and increasing their quality and efficiency]. monograph. Ivano-Frankivsk: IFNTUNG Edition, 2011, 384 p.*

#### Відомості про авторів (About authors)

**Сліпчук Андрій Миколайович** – кандидат технічних наук, Національний університет «Львівська політехніка», доцент кафедри технології машинобудування, м. Львів, Україна; ORCID: 0000-0003-0584-6104, e-mail: andsl@ukr.net

**Andrey Slipchuk** – Candidate of Technical Sciences, PhD, Lviv Polytechnic National University Docent of the Department of Technology of Mechanical Engineering, c. Lviv, Ukraine, ORCID: orcid.org/0000-0003-0584-6104, e-mail: andsl@ukr.net

**Яким Роман Степанович** – доктор технічних наук, професор, Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка, професор кафедри технологічної та професійної освіти; м. Дрогобич, Україна, e-mail: Yakym.r@online.ua

**Roman Yashkym** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Professor of Department of Technological and Professional Education, Drohobych, Ukraine, e-mail: Yakym.r@online.ua

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

Сліпчук А. М., Яким Р. С. Вплив технологічних параметрів складання з'єднання «зубок-шарошка» на якість вставного твердосплавного оснащення шарошок бурових доліт. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 3 (5). С. 3-9. doi: 10.20998/2413-4295.2020.01.01.

*Please cite this article as:*

Slipchuk A., Yakym R. The influence of technological factors during pressing tungsten carbide insert cutter in the cone of the roller cone bits for the reliability connection. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020, no. 3 (5), pp. 3-9, doi: 10.20998/2413-4295.2020.01.01.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

Сліпчук А. Н., Яким Р. С. Влияние технологических параметров сборки соединения «зубок-шарошка» на качество вставного твердосплавного оборудования шарошек буровых долот. *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. Серия: *Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2020. № 3 (5). С. 3-9. doi: 10.20998/2413-4295.2020.01.01.

**АННОТАЦІЯ** Представлены результаты исследований одного из ключевых аспектов, касающихся обеспечения качества изготовления шарошек трехшарошечных буровых долот, которые оснащены твердосплавными вставными зубками. Исследовано влияние технологических параметров на формообразование отверстий под посадку твердосплавных зубков и операции сборки соединения «зубок-шарошка». Анализом установлено, что на этапах операций развертывания отверстий возникает больше всего проблем по обеспечению качества. Основная идея этой работы заключается в установлении рациональных технологических параметров на закрепление породоразрушающих элементов в теле шарошки. На основе многочисленных экспериментов на различных типоразмерах твердосплавных зубков установлено, что скорость процесса прессования имеет чрезвычайно важное значение. Анализом разрезанных и разобранных таких соединений было установлено, что стенки отверстия имеют значительную пластическую деформацию, микротрещины, образование стружки на дне отверстия. Также исследовали параметры отклонения по шероховатости таких поверхностей. Воспользовавшись рекомендациями, обнаружили, что смачивание зубков в окисленный парафин уменьшает пластическую деформацию стенок отверстия в два раза. Это дает возможность повышать значение натяжения в соединениях. Для повышения точности технологической операции прессования разработано специальное устройство, которое позволило точно ориентировать шарошку перед прессованием вставных зубков, а также существенно уменьшить брак. Анализом стенок отверстий шарошки, которая изготовлена из стали 14ХНЗМА обнаружено, что при натяжении в 0,068 мм имеет место упругая деформации. При натяжении до 0,148мм было получено значительное пластическую деформацию. Теоретически и экспериментально обосновано и разработано пути совершенствования технологии изготовления буровых долот, что минимизирует деформацию шарошек и зубков. С этой целью установлено эмпирическую зависимость, которая позволяет установить зависимость между параметрами шероховатости и величине натяжения соединения «зубок-шарошка» долот.

**Ключевые слова:** формообразование отверстий; шероховатость; зубок; шарошка; натяжение; тришарошковое буровое долото; скорость запрессовки

Надійшла (received) 27.08.2020