

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРЕСУВАННЯ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ЗУБКІВ У ШАРОШКИ БУРОВИХ ДОЛІТ

Р. С. ЯКИМ¹, А. М. СЛІПЧУК^{2*}

¹Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І.Франка, м. Дрогобич, УКРАЇНА

²Кафедра технології машинобудування Національний Університет "Львівська політехніка", м. Львів, УКРАЇНА

*e-mail: andsl@ukr.net

АНОТАЦІЯ Встановлено, що за забезпечення існуючою технологією нормального розподілу розмірів отворів у вінцях шарошок під вставні твердосплавні зубки типорозміром 14 мм створюються сприятливі умови для групування селективних груп по розмірах отворів та вставних зубків. Запропоновано підхід для встановлення раціональних параметрів натягів для проектування з'єднання „зубок – шарошка” у дев'яти селективних групах. Такий підхід уможливило забезпечити сталі середні значення натягу на рівні 0,103 мм. Формування селективних груп зубків і отворів під них забезпечує отримання заданої точності при складанні з'єднання „зубок – шарошка” за умов заданої точності оброблення отворів у вінцях шарошок. Це усуває виникнення нераціональних значень натягів, які знижують надійність з'єднання „зубок – шарошка”.

Ключові слова: вставні породоруйнівні зубки; натяг; з'єднання „зубок-шарошка”; селективна група; шарошка

REFINEMENT TECHNOLOGY PRESSING OF TUNGSTEN CARBIDE INSET CUTTER IN ROLLER CONE BIT

R. S. YAKYM¹, A. M. SLIPCHUK²

¹Drohobych State Pedagogical University. Franko, m. Drohobych

²Department of Manufacturing Engineering National University "Lviv Polytechnic", Lviv, e-mail: andsl@ukr.net

ABSTRACT Determined that modern technology to ensure normal distribution sizes of holes in the roller cone bit for installation cutter pick under the false standard size of 14 mm create favourable conditions for selective grouping groups the size of holes and plug tungsten carbide inset cutter. In article proposed a method to establish rational parameters tensions in the design of connections "cone - tungsten carbide inset cutter" nine selective groups. This approach enables to provide constant average value of tension at 0.103 mm. Formation of selective groups tungsten carbide inset cutter and holes for it a specified accuracy when drawing up connection "cone - tungsten carbide inset cutter " provided the desired precision cutting holes in the row of cone. It does not appear irrational values of the tensions which reduce the reliability of "cone - tungsten carbide inset cutter ".

The purpose of the article is to highlight research dedicated to solving important practical problems to improve the existing production technology of roller cone bit of embedded rock cutting equipment. The main task is studying the effect of design parameters connection "cone - tungsten carbide inset cutter". We solve this task in the case when tungsten carbide inset cutter diameter below 14 mm and investigate the impact of tensions to ensure the reliability of the embedded rock cutting equipment.

Keywords: tungsten carbide inset cutter; tension; connection "cone - tungsten carbide inset cutter"; selective group; cone.

Вступ

Сьогодні для спорудження свердловин різноманітного призначення широко застосовуються бурові шарошкові долота оснащені вставними твердосплавними породоруйнівними зубками. Технологія виготовлення таких доліт є однією з найскладніших в долотобудуванні. Поміж проблем досягнення якості шарошкових бурових доліт однією з найдискусійніших є забезпечення якості кріплення твердосплавних вставок в тіло шарошок. Важкі умови роботи вставного породоруйнівного оснащення бурових доліт, особливості матеріалів шарошки й твердосплавних зубків, конструкція з'єднання „зубок – шарошка”,

особливості технології виготовлення спричинюють постановку комплексної проблеми. В даній статті аналізуються проблеми вдосконалення технології пресування вставних твердосплавних породоруйнівних зубків з метою підвищення якості породоруйнівного оснащення шарошок доліт призначених для буріння порід середньої твердості.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналізом даних досвіду виготовлення тришарошкових бурових доліт з вставним породоруйнівним оснащенням, а також результатів досліджень з окресленої проблеми встановлено, що існує декілька

перспективних рішень [1-11]. Першим є встановлення раціональних значень посадок з гарантованим натягом. Для чого встановлено характер напруженого стану у з'єднанні „зубок – шарошка” та раціональні параметри посадок твердосплавних вставок у вінці шарошок [1, 5-7, 12 – 14]. Одночасно авторами виявлено низку труднощів спричинених суперечливими вимогами до матеріалів деталей доліт. Тому у кожному випадку необхідно враховувати фізико-механічні показники матеріалів спряжених деталей.

Розроблено раціональні параметри технологічного процесу пресування із застосуванням нагріву шарошки і охолодження вставного зубка [1, 15]. Тим не менше, аналізом встановлено, що в умовах масового виготовлення шарошок з вставним твердосплавним породоруйнівним оснащенням не завжди можна добитися якості кріплення зубків діаметром більшим за 14 мм.

Важливими є розроблені рекомендації щодо призначення номінального діапазону натягів (0,111-0,167мм) для посадки зубків з середнім діаметром 12 мм [16]. Також, значної уваги заслуговують дослідження присвячені встановленню натягів, близьких до максимально допустимого значення за рахунок автоматизації процесу складання [17]. Однак аналізом заводського вхідного контролю твердосплавного зубка, що є покупним компонентом, встановлено параметри відхилення розмірів що загрожували б виникненню незавершеного виробництва. Особливо це було б відчутним за сучасних умов, коли на замовленні підприємства може бути мала кількість бурових доліт, що повинні оснащуватися відповідними типорозмірами зубків.

На основі аналізу сучасного стану виробництва доліт встановлено, що велике значення має раціональна організація процесу складання за допомогою формування селективних груп зубків і отворів. Тут найбільше уваги присвячено вивченню ефективного формування таких груп для твердосплавних вставок діаметром до 13 мм [1, 15, 18]. Застосування селективного складання уможливує отримувати однорідніші з'єднання деталей: в пресових посадках найбільший натяг зменшується, найменший – збільшується, і обидва вони наближуються до середнього. Зменшення різниці між натягами підвищує однорідність, а отже, і якість з'єднання.

Аналізом точності процесу формоутворення отворів на вінцях шарошках встановлено неперогнозоване відхилення їхніх розмірів [19]. Особливо це стосується отворів під вставки діаметром більшим від 12 мм. Такий стан речей ускладнює процес складання через виникнення браку на технологічній операції пресування. Для усунення цієї проблеми, на виробництві застосовується розвірчування отворів під

селективний зубок із застосуванням пошукової оправки [1].

Загалом, аналізом встановлено, що вдосконалення технології пресування твердосплавних зубків у вінці шарошок вимагає комплексного рішення яке передбачає вибір плавок долотних сталей що забезпечують необхідну тріщиностійкість, проведення якісної термообробки, забезпечення заданої точності формоутворення отворів, якості складання з'єднання „зубок – шарошка”.

Мета статті

Метою статі є висвітлення досліджень присвячених вирішенню важливої практичної проблеми з вдосконалення існуючої технології виготовлення тришарошкових бурових доліт з твердосплавним вставним породоруйнівним оснащенням. З цією метою поставлено задачу вивчити вплив параметрів конструкції з'єднання „зубок – шарошка” на прикладі застосування твердосплавних зубків діаметром не нижче 14 мм та дослідити вплив натягів для забезпечення надійності вставного породоруйнівного оснащення.

Виклад основного матеріалу

Вихід з ладу вставного твердосплавного породоруйнівного оснащення є наслідком низки причин поміж яких можна виділити недосконалість технології виготовлення доліт. Фіксуються випадки руйнування твердосплавних зубків чи їхнє випадання (рис. 1). Як наслідок, вінці шарошок зазнають зносу та катастрофічного руйнування. Це, як правило, наслідок неякісного пресового з'єднання „зубок – шарошка”.

Розглянемо модель подану на рис. 2. Тут E_1 і E_2 – пружні складові системи, що моделюють напружений стан ділянок у зоні спряження „отвір – хвостовик”. Пряма AB – ілюструє характеристику пружних складових (відповідно до діаграми розтягу стандартних зразків). У ситуаціях, коли сили P близькі до гранично допустимих, зміщення зубка на значення Δ від дії сили F сприяє сила P_2 . Отже, для надійності з'єднання необхідно щоб значення натягу задовольняло таку умову. Коли сила P_1 спричинить напружений стан рівний граничній точці B (після якої настає пластична деформація чи утворення тріщин в металі), P_2 спричинить наближений до нуля напружений стан, що відповідає точці A . При цьому сила F є максимальною, яка тільки може виникнути в умовах руйнування породи вибою твердосплавним зубком.



а



б

Рис. 1 – Загальний вигляд зруйнованого породоруйнівного оснащення на найбільш навантажених вінях шарошки тришарошкового бурового долота 269,9 ОК-ПВ:

а – випадання і зруйнування породоруйнівної частини твердосплавних зубків та завальцювання віня шарошки,

б – випадання твердосплавних зубків шарошки

Аналізом проблем, що виникають під час технологічного процесу складання з'єднання „зубок-шарошка” встановлено, що не завжди можна досягти вимог якості. Особливо це стосується випадків коли необхідно застосовувати твердосплавні зубки діаметром від 14 мм виготовлених згідно ТУ 48-4205-44-2002. Застосовувана на виробництві методика групової заміни не дає стабільних результатів. Аналізом встановлено, що на відміну від хвостовика твердосплавної вставки, поверхня отвору віня при пресуванні зазнає пластичної деформації, також спостерігається зріз і зминання. Також у вінях шарошок виявлено негативний прояв „крайового ефекту” (рис. 3). Зокрема, у початковий момент, коли відбувається наживлення хвостовика твердосплавного зубка, різко зростають контактні напруження у ділянці контакту „торець хвостовика – вхідна частина отвору” (рис. 3, а).

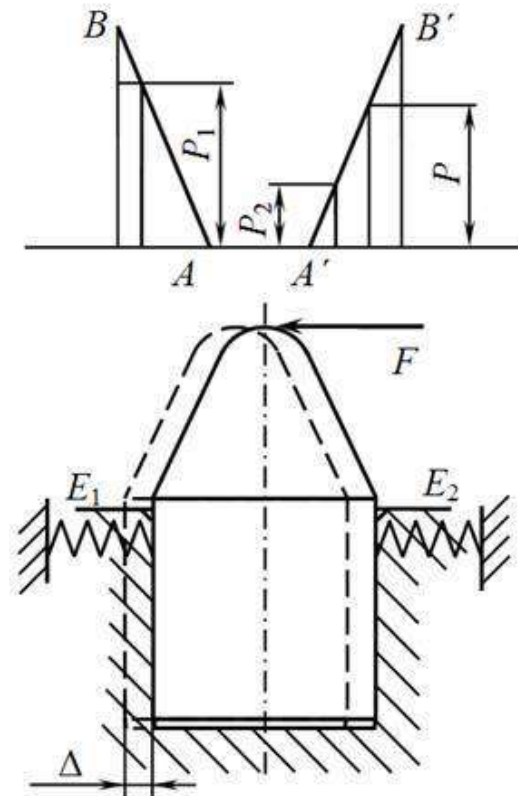


Рис. 2 – Моделювання спряження твердосплавного породоруйнівного зубка з отвором у тілі шарошки бурового долота

У процесі пресування характер розподілу напружень змінюється (рис. 3). Відповідно до того, як різко зростає зусилля при наживленні хвостовика, зростає й напружений стан у вхідній ділянці отвору $\sigma_{p\text{кр} \max}$ (рис. 3, а). У процесі пресування значення цього зусилля зменшується і досягнувши $\sigma_{p\text{кр}}$ зберігає певну сталість. У вхідній частині отвору залишається пік напружень $\sigma'_{p\text{кр}}$ (рис. 3, б), при цьому найменші значення напружень між двома піками є мінімальним σ_p . Відтак необхідно забезпечити такий раціональний натяг, за якого не виникатиме мікротріщин у тілі віня шарошки чи перенапруження хвостовика вставного зубка що спричинить його руйнування. Або ж твердосплавний зубок не випаде під дією циклічного навантаження. З цією метою встановимо параметри селективних груп, застосування яких добре зарекомендувало себе при пресуванні вставок малих діаметрів.

Отже, для зубків $\varnothing 14,14_{-0,027}$ мм існуючою технологією забезпечується формоутворення отворів у вінях шарошок розмірами $\varnothing 14,00 - 14,05$ мм. Відтак натяг у з'єднанні „зубок – шарошка” змінюється від $N_{\max} = 0,140$ мм до $N_{\min} = 0,063$ мм.

Такі значення натягів не відповідають існуючим вимогам, що діють на виробництві. Зокрема, нормативна документація регламентує значення натягу в розглядуваному з'єднанні у межах від $N_{\min} = 0,087$ мм до $N_{\max} = 0,143$ мм. Виходячи з цього, виправданим є застосування селективного складання та забезпечення точності отримання конструкторських показників отворів. З цією метою аналізували точність геометричних параметрів хвостовиків зубків та отворів під них.

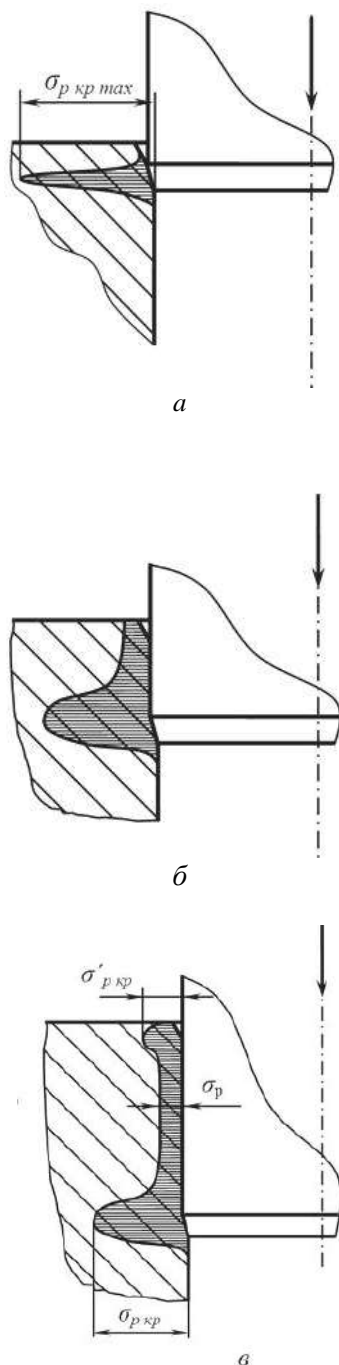


Рис. 3 – Характер напруження у зоні „зубок – шарошка” при пресуванні

Визначення точності геометричних характеристик партії деталей проводили на базі виробничих потужностей підприємства що спеціалізується на виготовленні тришарошкових бурових доліт (м. Дрогобич). Здійснено вибірку розмірів отворів у шарошках кількістю $N_{ome}=1000$ шт. із заводської партії та з партії поставки (10000 шт.) зубків $N_z=1000$ шт.

У результаті вимірювань отримані дійсні розміри D_i (діаметри отворів на шарошках) та d_i (діаметри зубків) розміщували у послідовності збільшення їхніх значень; отримали ряди випадкових дискретних величин. Це уможливило висунути гіпотезу H : розміри діаметрів зубків та розміри діаметрів отворів шарошок підпорядковані нормальному закону розподілу. В таких випадках діапазон розсіювання результатів досліджень рекомендується розбивати на 8-15 інтервалів [20]. При такому дослідженні діапазон розсіювання розмірів було розділено на 9 інтервалів, відповідно до яких зроблено групування отриманих значень дійсних розмірів, визначено середнє значення розміру в інтервалах l_i та емпіричні n_i і теоретичні частоти n'_i (рис. 4, 5).

Теоретичні частоти для центрів інтервалів розмірів зубків і отворів у шарошках знаходили за допомогою функції Лапласа [20], при цьому виходили з того, що крива нормального розподілу (крива Гауса) визначається рівнянням:

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}\right),$$

де σ – середнє квадратичне відхилення; a – середнє значення сукупності випадкових величин; x – випадкова величина.

Середнє арифметичне значення дійсних розмірів: для отворів $\bar{l}_{ome} = 14,024$ мм., для зубків $\bar{l}_z = 14,127$ мм.

Середнє квадратичне відхилення: для отворів $s_{ome} = 0,014$, для зубків $s_z = 0,0078$.

Істинність висунутої гіпотези H перевіряли за критерієм Пірсона χ^2 :

$$\chi^2_{emp} = \sum_{i=1}^9 (n_i - n'_i)^2 / n_i$$

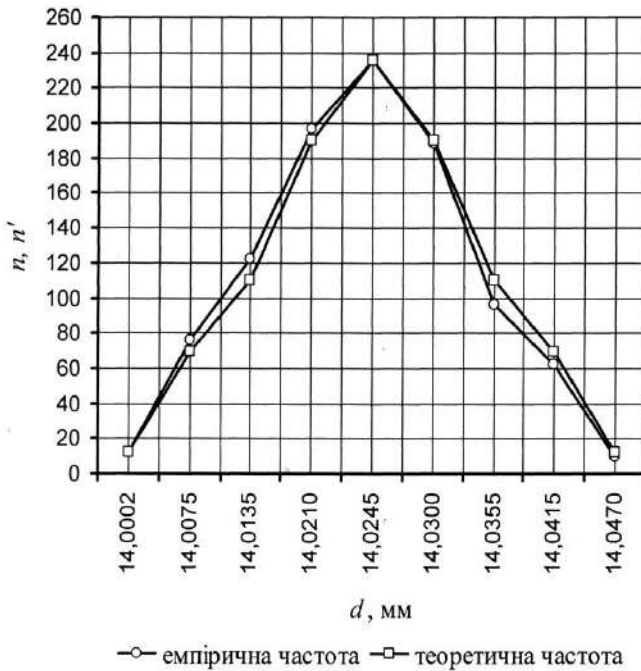


Рис. 4 – Криві розподілу розмірів отворів

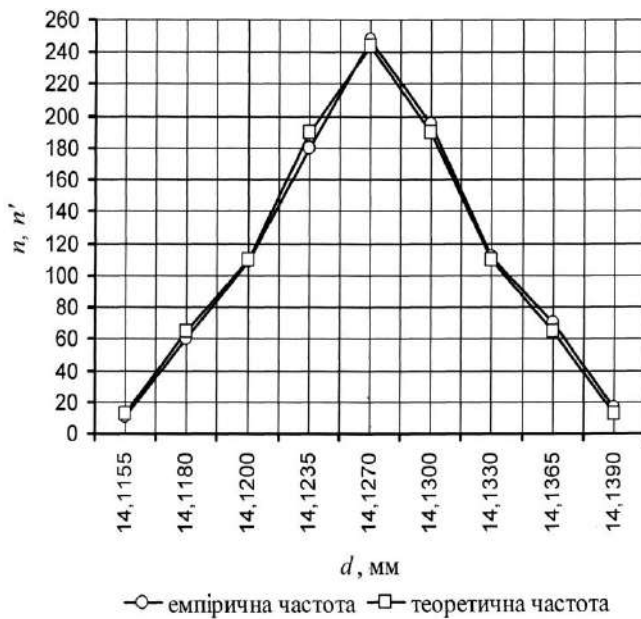


Рис. 5 – Криві розподілу розмірів зубків

Отримали: для отворів $\chi_{отв}^2 = 5,382$, для зубків $\chi_3^2 = 2,465$.

Оскільки за даними вибірки оцінюється два параметри ($c = 2$) нормального закону розподілу по кількості інтервалів $N = 9$, то у цьому випадку число ступенів вільності дорівнює $k = N - c - 1 = 6$. Тоді, згідно таблиці IV [20], при рівні значимості $\alpha = 0,05$ маємо $\chi_{кр}^2 = 12,6$. Оскільки $\chi_{емп}^2 < \chi_{кр}^2$, то гіпотеза про нормальність генеральних сукупностей, з якої отримані вибірки як для розмірів отворів так і

хвостовиків зубків, не суперечить проведеним експериментальним дослідженням.

Оскільки центри групування практично співпадають і криві розподілу розмірів з'єднаних деталей відповідають закону нормального розподілу, кількість з'єднань „зубок – шарошка” в однойменних групах приблизно однакова. Це забезпечує умови для формування селективних груп зубків і отворів. Залежно від значень границь відхилень розмірів твердосплавних зубків, які є покупними комплектуючими у виробництві доліт, можна сформулювати оптимальну кількість таких груп. Наприклад, для твердосплавних зубків розглядуваного типорозміру, кількість селективних груп рівне 9. З іншої сторони, зважаючи на складність технології формування отворів у шарошці під вставні зубки, можна також підбирати групи отворів з оптимальними параметрами відхилень. Тоді основною проблемою буде створення селективних груп з такими параметрами, щоб не допустити виникнення незавершеного виробництва. Одночасно важливо добиватися заданого рівня шорсткості отворів не нижче $R_a = 2,5$ мкм. Якщо контролем виявлено факт деформації тіла шарошки після термообробки необхідним є уведення операції калібрування отворів з відповідним коригуванням натягу в з'єднанні „зубок – шарошка”.

Висновки

Встановлено, що за умов забезпечення існуючою технологією нормального розподілу розмірів отворів у вінцях шарошок під вставні твердосплавні зубки типорозміром 14 мм створюються сприятливі умови для групування селективних груп по розмірах отворів та вставних зубків. Запропоновано підхід для встановлення раціональних параметрів натягів для проектування з'єднання „зубок – шарошка” у дев'яти селективних групах. Такий підхід уможливило забезпечити стале середнє значення натягу на рівні 0,103 мм, що цілком задовольняє вимоги надійного кріплення зубка та попередження виникнення мікротріщин в тілі вінців шарошки. Формування селективних груп зубків і отворів під них забезпечує отримання заданої точності при складанні з'єднання „зубок – шарошка” за умов заданої точності оброблення отворів у вінцях шарошок. Це усуває виникнення нераціональних значень натягів, які знижують надійність з'єднання „зубок – шарошка”.

Надалі актуальним є розробка нових конструкцій ефективного розташування вставного породоруйнівного оснащення шарошок та автоматизації процесів селективного складання з'єднання „зубок – шарошка”.

Список літератури

1. Яким, Р. С. Науково-практичні основи технології виготовлення тришарошкових бурових доліт та підвищення їх якості і ефективності: монографія / Р. С. Яким, Ю. Д. Петрина, І. С. Яким. – Івано-Франківськ: Видання ІФНТУНГ. – 2011. – 384 с.
2. Doll, G. L. Improving the performance of rolling contact bearings with tribological coatings / G. L. Doll, R. D. Evans, and C. R. Ribaldo // *Surface Engineering in Materials Science III, The Minerals, Metals & Materials Society Journal.* – 2005, pp. 153-162.
3. Harris, T. A. Rolling Bearing Analysis Essential Concepts of Bearing Technology / T.A. Harris, M.N. Kotzalas // *Fifth Edition, CRC Press, Boca Raton.* – 2007.
4. Nixon, H. Accessing and Predicting the Performance of Bearings in Debris Contaminated Lubrication Environment / H. Ai, X. Nixon, J. Cogdell, G. Fox // *International Off-Highway & Power Plant Congress & Exposition, Indianapolis.* – 1999. – 13.
5. Schroder, J. Cone Retention and Tapered Bearing Preload System for Roller Cone Bit / J. Schroder // *US patent application filed.* – 2011. No. 2.
6. Zhou, R. S. Contact Stress Model for Predicting Rolling Contact Fatigue / R. S. Zhou, and H. A. Nixon // *SEA Transactions Journal.* – 1992. – Vol. 101, No. 2. – 1. doi: 10.4271/921720
7. Huang, Z. Experimental research on the surface strengthening technology of roller cone bit bearing based on the failure analysis / Z. Huang, Q. Li, J. Shuang, M. Yachao, H. Wengang, F. Yongtao // *Engineering failure analysis.* – 2013. – V. 29. – 12-26. doi: 10.1016/j.engfailanal.2012.08.018
8. Naganawa, S. Feasibility study on roller-cone bit wear detection from axial bit vibration / S. Naganawa // *Journal of petroleum science and engineering.* – 2012. – V. 82-83. – 140-150. doi: 10.1016/j.petrol.2012.01.014
9. Kryzhanivs'kyi, E. I. Contact fracture of rolling bodies of open bearings of three-cone rock bits in aqueous environment. / E. I. Kryzhanivs'kyi, R. S. Yakym, L. E. Shmandrovs'kyi, Yu. D. Petryna // *Materials science journal.* – 2011. – 46.5. – 607-612 p. doi: 10.1007/s11003-011-9330-8
10. Deng Y. Theoretical and experimental study on the penetration rate for roller cone bits based on the rock dynamic strength and drilling parameters / Y. Deng, C. Mian, J. Yan, Z. Yakun, Z. Daiwu, L. Yunhu // *Journal of natural gas science and engineering.* – 2016. – 36. – 117-123. doi: 10.1016/j.jngse.2016.10.019
11. Schroder J. Bearing innovations extend roller-cone bit life / J. Schroder, D. Pasquale Maurizio, R. Alun, Y. Jesse // *Oil & gas journal.* – 2016. – 114, 6. – 50-55.
12. Кремлев, В. И. Повышение долговечности буровых шарошечных долот на основе совершенствования технологии сборки и упрочнения шарошек с твердосплавными зубками: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.08 „Технология машиностроения” / В. И. Кремлев. – Самара. – 2009. – 20 с.
13. Яким, Р. С. Підвищення якісних показників вставного породоруйнівного оснащення шарошок

- тришарошкових бурових доліт / Р. С. Яким, Ю. Д. Петрина, І. С. Яким // *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* – 2013. – № 3 (48). – С. 127 – 138.
14. Яким, Р. С. Конструкторсько-технологічні підходи у визначенні оптимального розміщення зубків на вінцях шарошок тришарошкових бурових доліт / Р. С. Яким, А. М. Сліпчук // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. – Серія: Технології в машинобудуванні.* – X. : НТУ «ХПІ». – 2016. – № 5 (1177). – С. 25 – 33.
15. Петрина, Ю. Д. Підвищення надійності вставних породоруйнівних зубків в тришарошкових бурових долотах / Ю. Д. Петрина, Р. С. Яким, Д. Ю. Петрина, Т. П. Венгринюк, Н. Я. Пицків // *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* – 2014. – № 1 (50). – С. 82 – 87.
16. Крижанівський Є. І. Підвищення якості кріплення твердосплавного озброєння шарошкових доліт / Є. І. Крижанівський, І. В. Воєвідко, Г. С. Веселовський, Р. Й. Гук // *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* – 2008. – № 4(29). – С. 17 – 21.
17. Набатников, Ю. Ф. Обеспечение качества соединений „твердосплавная вставка – отверстие” шарошечных буровых долот / Ю. Ф. Набатников, Е. И. Сизова // *Горное оборудование и электромеханика.* – 2008. – № 3. – С.20-23.
18. Яким, Р. С. Вдосконалення технології виготовлення бурових доліт з вставним породоруйнівним оснащенням на етапі проектування процесу пресування твердосплавних вставок у шарошку / Р. С. Яким, А. М. Сліпчук // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні.* – 2015. – № 822. – С. 86-91.
19. Яким, Р. С. Вдосконалення технології виготовлення шарошок з вставним твердосплавним породоруйнівним оснащенням для тришарошкових бурових доліт / Р. С. Яким, Ю. Д. Петрина, І. С. Яким // *Перспективні технології та прилади.* – 2014. – № 5 (2). – С. 181 – 188.
20. Смирнов, Н. В. Курс вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н.В.Смирнов, Н. В. Дунин-Барковский – М.: Наука, 1969. – 511 с.

Bibliography (transliterated)

1. Yakym, R. S. Naukovo-praktychni osnovy tekhnolohiyi vyhotovlennya trysharoshkovykh burovyykh dolit ta pidvyshchennya yikh yakosti i efektyvnosti: monohrafiya. Ivano-Frankivs'k: Vydannya IFNTUNH., – 2011, 384 s.
2. Doll, G.L., Evans, R.D., and Ribaldo, C.R., Improving the performance of rolling contact bearings with tribological coatings. *Surface Engineering in Materials Science III, The Minerals, Metals & Materials Society Journal*, 2005, pp. 153-162.
3. Harris, T.A. and Kotzalas, M.N., Rolling Bearing Analysis Essential Concepts of Bearing Technology. *Fifth Edition, CRC Press, Boca Raton*, 2007.
4. Nixon, H., Ai, X., Cogdell, J., and Fox, G. Accessing and Predicting the Performance of Bearings in Debris

- Contaminated Lubrication Environment, *International Off-Highway & Power Plant Congress & Exposition, Indianapolis*, 1999.
5. **Schroder, J.** Cone Retention and Tapered Bearing Preload System for Roller Cone Bit, US patent application filed. – 2011.
 6. **Zhou, R. S., and Nixon, H.** A Contact Stress Model for Predicting Rolling Contact Fatigue, *SAE Technical Paper 921720 in SEA Transactions Journal*, 1992, Vol. **101**, No. 2. 1. doi: 10.4271/921720
 7. **Huang, Z., Li Q., Zhou, J., Ma Y., Hu W., Fan Y.** Experimental research on the surface strengthening technology of roller cone bit bearing based on the failure analysis. *Engineering failure analysis*. 2013, **29**. 12-26. doi: 10.1016/j.engfailanal.2012.08.018
 8. **Naganawa, S.** Feasibility study on roller-cone bit wear detection from axial bit vibration. *Journal of petroleum science and engineering*. 2012, **82-83**. 140-150. doi: 10.1016/j.petrol.2012.01.014
 9. **Kryzhaniv's'kyi, E. I., Yakym, R. S., Shmandrov's'kyi, L. E., Petryna, Yu. D.** Contact fracture of rolling bodies of open bearings of three-cone rock bits in aqueous environment. *Materials science journal*. 2011, **46**, 5. 607-612. doi: 10.1007/s11003-011-9330-8
 10. **Deng, Y., Chen, M., Jin, Y., Zhang Y., Zou D., 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**. 117-123. Doi: 10.1016/j.jngse.2016.10.019
 11. **Schroder, J., Pasquale Maurizio, D., Richards, A., Yorty, J.** Bearing innovations extend roller-cone bit life. *Oil & gas journal*. 2016, **114**. 6. 50-55.
 12. **Kremlev, V. Y.** Povyshenye dolhovechnosti burovyykh sharoshechnykh dolot na osnove sover-shenstvovanyya tekhnolohyy sborky y uprochnenyua sharoshek s tverdosplavnyym zubkamy: avtoref. dys. na soyskanye nauchn. stepeny kand. tekhn. nauk: spets. 05.02.08 „Tekhnolohyya mashynostroenyua” – Samara, . – 2009. – 20 s.
 13. **Yakym, R. S.** Pidvyshchennya yakisnykh pokaznykiv vstavnoho porodoruynivnoho osnashchennya sharo-shok trysharoshkovyykh burovyykh dolit. *Rozvidka ta rozrobka naftovyykh i hazovyykh rodovyyshch.*, 013, № **3 (48)**, 127 – 138.
 14. **Yakym, R. S., Slipchuk, A. M.** Konstruktors'ko-tekhnolohichni pidkhody u vyznachenni optimal'noho rozmishchen-nya zubkiv na vintsyakh sharoshok trysharoshkovyykh burovyykh dolit. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu KHPI . Zbirnyk naukovykh prats, Seriya: Tekhnolohiyi v mashynobuduvanni*, KH. : NTU KHPI , 2016, № **5 (1177)**, 25 – 33.
 15. **Petryna, Yu. D., Yakym, R. S., Petryna, D. Yu., Venhrynyuk, T. P., Pytskiv, N.** Pidvyshchennya nadiynosti vstavnykh porodoruynivnykh zubkiv v trysharoshkovyykh burovyykh dolotakh. *Rozvidka ta rozrobka naftovyykh i hazovyykh rodovyyshch*, 2014, № **1 (50)**, 82 – 87.
 16. **Kryzhaniv's'kyi, Ye. I., Voyevidko, I. V., Veselov's'kyi, H. S., Huk, R. Y.** Pidvyshchennya yakosti kriplennyia tverdosplavnoho ozbroynenya sharoskovyykh dolit. *Rozvidka ta rozrobka naftovyykh i hazovyykh rodovyyshch*, 2008, № **4(29)**. 17 – 21.
 17. **Nabatnykov, Yu. F., Syzova, E. Y.** Obespechenye kachestva soedynenyy „tverdosplavnaya vstavka – otverstye” sharoshechnykh burovyykh dolot. *Hornoe oborudovanye y élektromekhanika*, 2008, № **3**, 20-23.
 18. **Yakym, R. S., Slipchuk, A. M.** Vdoskonalennya tekhnolohiyi vyhotovlennya burovyykh dolit z vstavnym porodo-ruynivnym osnashchennyam na etapi proektuvannya protsesu presuvannya tverdosplavnykh vstavok u sharoshku. *Visnyk Natsionalnoho universytetu Lvivska politekhnika : Optymizatsiya vyrobnychykh protsesiv i tekhnichnyy kontrol' u mashynobuduvanni ta prykladobuduvanni*, 2015, № **822**, 86-91.
 19. **Yakym, R. S., Petryna, Yu. D., Yakym, I. S.** Vdoskonalennya tekhnolohiyi vyhotovlennya sharoshok z vstavnym tverdosplavnym porodoruynivnym osnashchennyam dlya trysharoshkovyykh burovyykh dolit. *Perspektyvni tekhnolohiyi ta pryklady*, 2014, № **5 (2)**, 181 – 188.
 20. **Smyrnov, N. V., Dunyn-Barkovskyy, N. V.** Kurs veroyatnostey y matema-tycheskoy statystyky dlya tekhnicheskyykh prylozheny, M.: Nauka, 1969, 511 s.

Відомості про авторів (About authors)

Яким Роман Степанович – доктор технічних наук, професор, Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І.Франка, професор кафедри машинознавства та основ технологій, м. Дрогобич. Україна. e-mail: Yakym.r@online.ua.

Roman Stepanovich Yashkym - Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Drohobych State Pedagogical University, Franko Ukraine; e-mail: Yakym.r@online.ua.

Сліпчук Андрій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет “Львівська політехніка” доцент кафедри технології машинобудування. м. Львів. Україна, e-mail: andsl@ukr.net.

Andriy Mukolaevuch Slipchuk - Candidate of Technical Sciences, Docent of Lviv Polytechnic National University, Ukraine; e-mail: andsl@ukr.net.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Сліпчук, А. М. Підвищення якості технології пресування твёрдосплавних породоруїнівних зубків у шарошки бурових доліт / **Р. С. Яким, А. М. Сліпчук** // *Вестник НТУ ХПИ*, Серія: *Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ ХПИ. – 2017. – № 7 (1229). – С. 110-117. – doi:10.20998/2413-4295.2017.07.15.

Please cite this article as:

Yashkym, R. Slipchuk, A. Refinement technology pressing of tungsten carbide inset cutter in roller cone bit. *Bulletin of NTU KhPI. Series: New solutions in modern technologies*.– Kharkiv: NTU KhPI, 2017, **7(1229)**,110–117, doi:10.20998/2413-4295.2017.07.15.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Слипчук, А. М. Повышение качества технологии прессования твердосплавных породоразрушающих зубков в шарошке бурового долота / **Р. С. Яким, А. М. Слипчук**, // *Вісник НТУ ХПІ, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*, Харків: НТУ ХПІ. – 2017. – № 7 (1229). – С. 110-117. – doi:10.20998/2413-4295.2017.07.15.

АННОТАЦИЯ Установлено, что за обеспечение существующей технологии нормального распределения размеров отверстий в венцах шарошек под вставные твердосплавные зубки типоразмером 14 мм создаются благоприятные условия для группировки селективных групп по размерам отверстий и вставных зубков. Предложен подход для установления рациональных параметров натяжения для проектирования соединения зубок - шарошка в девяти селективных группах. Такой подход позволяет обеспечить устойчивое среднее значение натяжения на уровне 0,103 мм. Формирования селективных групп зубков и отверстий под них обеспечивает получение заданной точности при составлении соединения зубок - шарошка в условиях заданной точности обработки отверстий в венцах шарошек. Это устраняет возникновение нерациональных значений натяжения, которые снижают надежность соединения зубок - шарошка.

Ключевые слова: вставные породоразрушающего зубки; натяжение; соединение зубок-шарошка ; селективная группа; шарошка.

Надійшла (received) 10.03.2017