

Р. С. Яким, \*А. М. Сліпчук

Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка,

\*Національний університет "Львівська політехніка",

кафедра технології машинобудування

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БУРОВИХ ДОЛІТ З ВСТАВНИМ ПОРОДУРІЙНІВНИМ ОСНАЩЕННЯМ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ВСТАВОК У ШАРОШКУ

© Яким Р. С., Сліпчук А. М., 2015

Встановлено, що за умов забезпечення наявною технологією нормального розподілу розмірів отворів у вінцях шарошок під вставні твердосплавні зубки створюються сприятливі умови для групування селективних груп по розмірах отворів та зубків. Запропоновано підхід для встановлення оптимальних параметрів натягів для проектування з'єднання „зубок–шарошка” у селективних групах.

**Ключові слова:** шарошка, твердосплавні зубки, селективні групи, бурове долото, натяг.

**Favorable conditions are created under false carbide teeth for grouping selective groups of dimensions of holes and teeth if the conditions existing technology to ensure normal distribution of sizes of holes in the crown cutters. The proposed method allows to determine the optimal parameters tensions in the design of connection "tooth-rolling cutter" in selective groups.**

**Key words:** cutter, carbide teeth, selective group, drill bit, tension.

**Постановка проблеми.** Ефективність буріння свердловин різного призначення визначається ступенем агресивності впливу породоруйнівного оснащення шарошок бурових доліт на породу вибою. Для буріння особливо міцних порід широко застосовують широку гаму типорозмірів та конструкцій тришарошкових бурових доліт з шарошками, оснащеними вставним твердосплавним породоруйнівним оснащенням. Оскільки таке породоруйнівне оснащення працює у надзвичайно важких умовах, то існує проблема підвищення його довговічності та ефективності. Руйнування твердосплавних зубків, випадання їх на вибій чи їхніх фрагментів спричиняє до зниження не тільки механічної швидкості буріння, проходки, а й повного зупинення процесу буріння. Вирішення окресленої проблеми передбачає конструкторсько-технологічне забезпечення стійкості до випадання вставних зубків і попередження їх розколювання ще на етапах проектування конструкції з'єднання і технологічного процесу складання з'єднання „зубок–шарошка”.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідження впливу механічних властивостей матеріалів тіла шарошки і зубка та конструкторсько-технологічних параметрів на надійність і міцність з'єднання „зубок–шарошка” є актуальними й мають важливе практичне значення. Окресленим дослідженням присвячено роботи [1–6] та ін. Аналіз цих робіт показує, що для підвищення довговічності вставного породоруйнівного оснащення тришарошкових бурових доліт потрібно комплексно розв'язати задачі з встановлення раціональних натягів у з'єднанні „зубок–шарошка”, підвищення якості формоутворення отворів у шарошці під хвостовики породоруйнівних вставок, підвищення якості процесів складання та розроблення нових конструкцій хвостовиків породоруйнівних вставок.

Відомі також розв'язання задачі способом спрощення моделювання напружено-деформованого стану у з'єднанні „зубок–шарошка” [7]. Тим не менше, як показано в [8], запропоновані

спрощення не дозволяють врахувати специфіку спряження. Такі спрощення можуть бути застосовані для проектування пресування вставок у тіло спинки лапи (для попередження її зношення), оскільки тут немає змінного перерізу. Натомість шарошка, її вінці, конструкція породоруйнівного оснащення висуває вимоги щодо врахування напруженого стану від конструкції вінця, в який пресуються твердосплавні зубки.

Вимоги, які ставлять до фізико-механічних, експлуатаційних властивостей шарошки і зубка, є суперечливі, а в деяких випадках взаємовиключні. Це вимагає докладного і всебічного виявлення та вивчення чинників, насамперед, фізико-механічних, які впливають на міцність з'єднання „зубок–шарошка”.

У роботах [9, 10] досліджено вплив конструкторсько-технологічних параметрів пресового з'єднання на його надійність, що визначається фактичним натягом. У роботах переконливо доведено необхідність всебічного вивчення здатності таких з'єднань витримувати робочі навантаження із врахуванням сумісного впливу основних параметрів: геометричних розмірів деталей, пружних констант і твердості цих матеріалів, параметрів шорсткості та напрямку слідів механічного оброблення на спряжених поверхнях, характеру деформації й мікронерівностей тощо. Стосовно пресових з'єднань у машинобудуванні, то такі дослідження інтенсивно проводять. Що ж стосується з'єднання „зубок–шарошка”, то отримані результати описані в роботах [3–6] вказують на застосування комплексного підходу до вирішення окресленої проблеми.

Дослідженню впливу технологічних параметрів на надійність з'єднання „зубок–шарошка” присвячено роботи [3, 11], в яких проблема вирішується через організацію складання за допомогою формування селективних груп зубків і отворів. Застосування селективного складання дає змогу отримати 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.

Автори на основі малих статистичних вибірок лінійних розмірів партії одного типорозміру зубків та відповідної кількості отворів у шарошці розглянуті величини імовірних натягів у з'єднанні „зубок–шарошка” [1]. У результаті встановленого номінального діапазону натягів (0,111–0,167 мм) для доліт 250,8 ОКП-ГВ, рекомендовано зменшити діаметр отвору в корпусі шарошки до величини  $12,66^{+0,05}$  мм. Однак, зважаючи на велику кількість зубків, що пресуються в різні типорозміри шарошок, сьогодні на виробництві застосовується найперспективніший спосіб – це формування селективних груп зубків. Одночасно ведуться активні роботи щодо забезпечення і контролю точності формоутворення отворів під посадку зубків.

Про перспективність селективного складання свідчать також останні дослідження з організації і автоматизації цього процесу [12]. Однак при цьому необхідно формувати селективні групи зубків не за кресленням, як на цьому наполягають автори, а відповідно до параметрів фактичних отворів під посадку зубка. Також у роботах приділено мало уваги геометричним параметрам селективних груп, які б були практичними у реальному процесі пресування твердосплавних вставок.

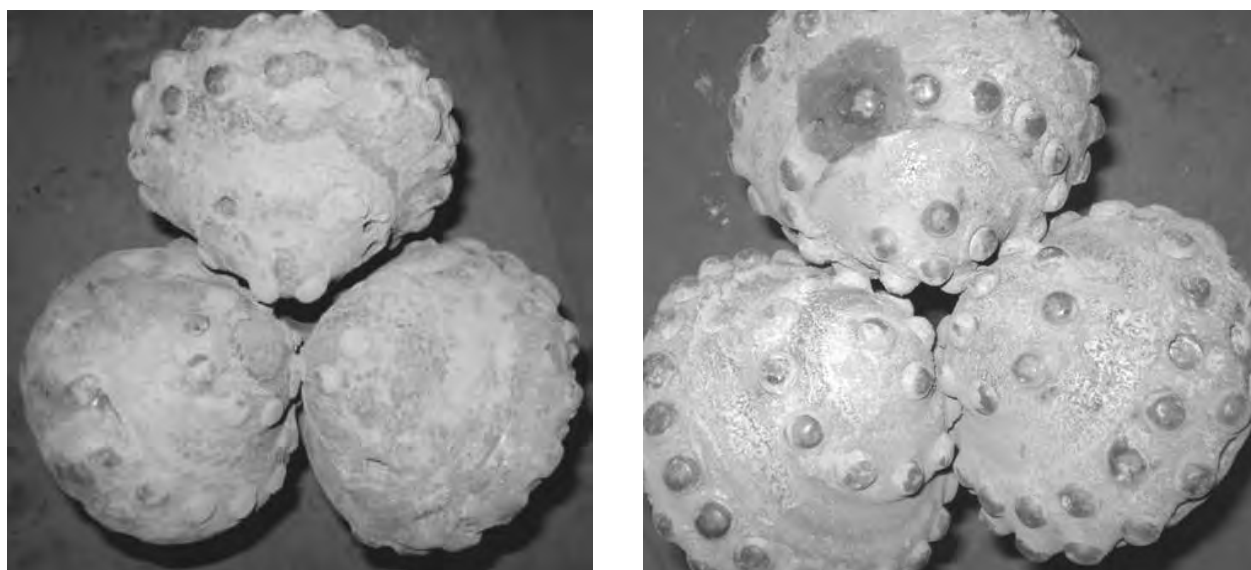
Важливим для забезпечення надійності вставного породоруйнівного оснащення є застосування спеціальних матеріалів та оптимізація параметрів пресування. Зокрема в [13] показано, що у разі знежирення спряжених поверхонь ацетоном відбувається різке зростання і сили запресовування, і сили випресовування. Авторі пояснюють це явищем схоплюванням спряжених поверхонь. Процес попереднього деформувального прошивання отворів після свердління перед впресовуванням забезпечує високу точність отвору, при цьому спостерігали на 30 % підвищення стійкості з'єднання.

Істотно підвищити надійність з'єднання „шарошка–зубок” у бурових долотах можна за рахунок точності його складання [1–3, 6]. Точність складання характеризується величиною оптимального натягу, який є одним з чинників, що найістотніше впливає на напружений стан у спряжених поверхнях з'єднання.

Напружений стан у пресового з'єднання „зубок–шарошка”, як відомо, визначає величина натягу. З іншого боку, точність конструкторських параметрів спряжених поверхонь „шарошка–зубок” визначає характер цього напруженого стану, тому на це обов'язково необхідно зважати у разі встановлення раціональних натягів.

**Формулювання цілі статті.** Метою дослідження є розроблення практичних рекомендацій щодо вдосконалення наявної технології виготовлення тришарошкових бурових доліт з твёрдосплавним вставним породоруйнівним оснащенням. З цією метою необхідно дослідити вплив параметрів конструкції з'єднання „зубок–шарошка” на напружений стан у спряжених деталях та встановити оптимальні параметри натягів для забезпечення надійності вставного породоруйнівного оснащення на етапі підготовки пресування твёрдосплавних вставок у шарошку.

**Виклад основного матеріалу.** Проаналізувавши характер відпрацювання вставного породоруйнівного оснащення, встановлено, що перед випаданням зубків іноді спостерігається їх розвертання в отворах шарошки. Основними причинами такого явища є ерозійне зношування тіла шарошки, тріщини на шарошці, тріщини, що виникли внаслідок сірководневого окрихчення металу (рис. 1). Разом з тим аналіз натягів та процесу пресування в умовах реального виробництва доліт виявив серйозні прогалини не тільки в забезпеченні якості сталі, дотримання параметрів пресування, а й низку конструкторських упущень, які можна усунути на етапі проектування з'єднання.



*а*

*б*

*Рис. 1. Загальний вигляд зруйнованого породоруйнівного оснащення шарошок тришарошкових бурових доліт:  
а – випадання твёрдосплавних зубків з тіла шарошок 269,9 ОК-ПВ долота;  
б – випадання твёрдосплавних зубків, спричинене гідроабразивним та ударноабразивним зношуванням матеріалу віncів шарошки 269,9 ОК-ПВ*

Наявний технологічний процес формування отворів у тілі шарошки під запресування зубків забезпечує формування отворів  $\varnothing 12,67-12,72$  мм під посадку зубків Г26, виготовлених згідно з типовими ТУ 4819-281-94 з  $\varnothing 12,814_{-0,013}$  мм. Натяг у з'єднанні „зубок–шарошка” змінюється від  $N_{\max} = 0,144$  до  $N_{\min} = 0,081$  мм. Експлуатаційні показники шарошkových доліт свідчать, що мінімальні значення цього натягу не повністю забезпечують надійність з'єднання і є однією з причин випадання зубків на вибої. Отже, розглянемо задачу вдосконалення типового технологічного процесу селективного складання. А саме, проаналізуємо точність з'єднання „зубок–шарошка”.

Визначали точність геометричних характеристик партії деталей на базі виробничих потужностей підприємства, що спеціалізується на виготовленні тришарошkových бурових доліт (м. Дрогобич). Було проведено вибірку розмірів отворів у шарошці в кількості  $N_{\text{oms}} = 100$  шт. із заводської партії та з партії поставки (10000 шт.) зубків  $N_z = 100$  шт.

У результаті вимірювань отримані дійсні розміри  $D_i$  (діаметри отворів на шарошках) та  $d_i$  (діаметри зубків) розміщували у послідовності збільшення їх значень; отримали ряди випадкових дискретних величин. Це дало можливість висунути гіпотезу  $H$ : розміри діаметрів зубків та розміри діаметрів отворів шарошок підпорядковані нормальному закону розподілу. У таких випадках діапазон розсіювання результатів досліджень рекомендується розбивати на 8–15 інтервалів [14]. За такого дослідження 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. 2, 3).

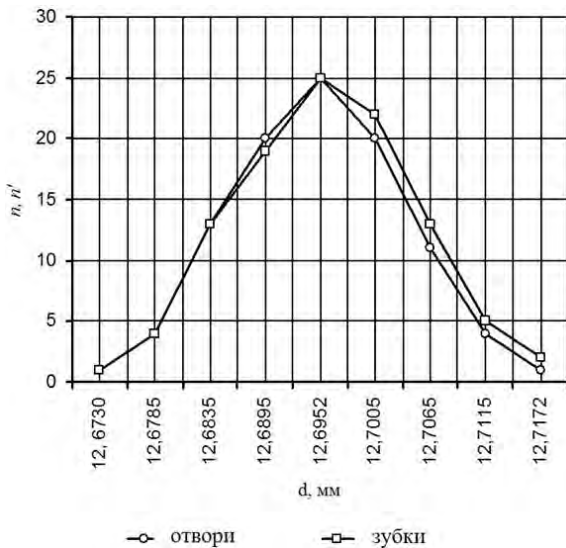


Рис. 2. Теоретичні криві суміщення розмірів отворів і зубків

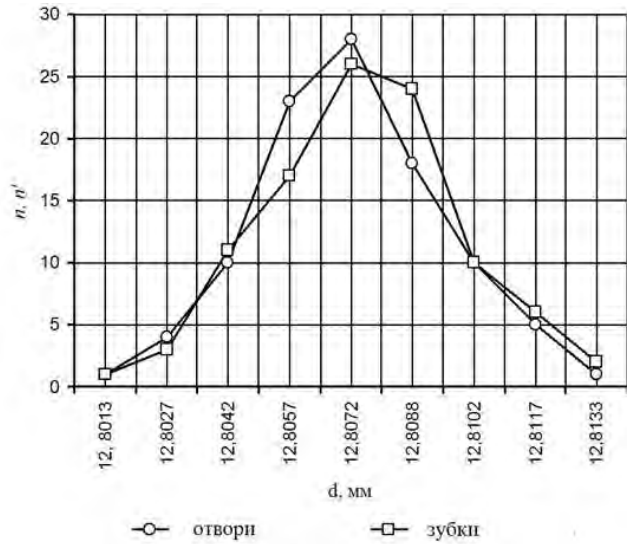


Рис. 3. Експериментальні криві суміщення розмірів отворів і зубків

Теоретичні частоти для центрів інтервалів розмірів зубків і отворів у шарошках знаходили за допомогою функції Лапласа [14], враховували те, що крива нормального розподілу (крива Гаусса) визначається рівнянням:

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

де  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення;  $a$  – середнє значення сукупності випадкових величин;  $x$  – випадкова величина.

Середнє арифметичне значення дійсних розмірів: для зубків  $\bar{l}_3 = 12,8072$  мм., для отворів  $\bar{l}_{отв} = 12,696$  мм.

Середнє квадратичне відхилення: для зубків  $s_3 = 0,0023$ , для отворів  $s_{отв} = 0,0088$ .

Істинність висунутої гіпотези  $H$  перевіряли за критерієм Пірсона  $\chi^2$ :

$$\chi_{емпир}^2 = \sum_{i=1}^9 (n_i - n'_i)^2 / n_i$$

Отримали: для зубків  $\chi_3^2 = 2,135$ , для отворів  $\chi_{отв}^2 = 1,931$ .

Оскільки за даними вибірки оцінюють 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 з таблицею IV [14], за рівня значимості  $\alpha = 0,05$   $\chi_{кр}^2 = 12,6$ . Оскільки  $\chi_{емпир}^2 < \chi_{кр}^2$ , то гіпотеза про нормальність генеральної сукупності, з якої отримана вибірка не суперечить проведеним експериментальним дослідженням.

Оскільки центри групування практично збігаються і криві розподілу розмірів з'єднаних деталей відповідають закону нормального розподілу, кількість з'єднань „зубок–шарошка” в однойменних групах приблизно однакова. Це дає змогу формувати селективні групи зубків і отворів. Залежно від значень границь відхилень розмірів твердосплавних зубків, які є покупними комплектуючими у долотному виробництві, можна сформувати оптимальну кількість таких груп. Наприклад, для зубків  $\varnothing 12,814_{-0,013}$  мм кількість селективних груп 9. З іншого боку, зважаючи на складність технології формоутворення 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.

**Висновки.** Встановлено, що за умов забезпечення наявною технологією нормального розподілу розмірів отворів у вінцях шарошок під вставні твердосплавні зубки створюються сприятливі умови для групування селективних груп по розмірах отворів та вставних зубків. Запропоновано підхід для встановлення оптимальних параметрів натягів для проектування з'єднання „зубок–шарошка” у селективних групах.

Формування селективних груп дає змогу отримати необхідну точність складання за економічної точності оброблення з'єднаних деталей, а також запобігає виникненню натягів на верхній та нижній границях, 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”.

1. Підвищення якості кріплення твердосплавного озброєння шарошкових доліт / Є. І. Крижанівський, І. В. Воевідко, Г. С. Веселовський, Р. Й. Гук // *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* – 2008. – № 4(29). – С. 17–21. 2. Петрина Ю. Д. Аналіз надійності з'єднання „зубок–шарошка” в тришарошкових бурових долотах / Ю. Д. Петрина, Р. С. Яким, Т. Б. Пасинович // *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* – 2008. – № 1 (26). – С. 48–54. 3. 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. 4. Яким Р. С. *Основоположені засади вдосконалення конструкції вставного твердосплавного оснащення тришарошкових бурових доліт* / Р. С. Яким // *Нафтогазова енергетика.* – 2011. – № 1 (14). – С. 22–28. 5. 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. 6. 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. 7. Моделирование запрессовки зубков шарошечных долот в программном комплексе ANSYS” / В. Г. Шуваев, В. А. Пашиев, Д. В. Анкундинов, О. А. Прояева // *Математические модели механики, прочности и надёжности элементов конструкций, Математическое моделирование и краевые задачи: труды четвёртой Всероссийской научной конференции с международным участием (Самара, 29–31 мая 2007 г.).* – Ч. 1. – Самара: СамГТУ, 2007, 289 – 292 с. 8. Яким Р. С. *Проектно-конструкторські основи вдосконалення технології виготовлення шарошок із вставним твердосплавним породоруйнівним оснащенням тришарошкових бурових доліт* / Р. С. Яким, А. М. Сліпчук // *Збірник наукових праць III-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції „Прогресивні технології в машинобудуванні” (Львів 2 – 6 грудня 2015 р.)* / МОН України, Нац. ун-т „Львівська політехніка”. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту „Львівська

політехніка”, 2015. – С. 114–116. 9. Матлин М. М. Исследование зависимости действительного натяга от параметров прессового соединения / М. М. Матлин, Е. Н. Казанкина, В. А. Казанкин // Известия Волгоградского государственного технического университета: серия: Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении. – 2008. – Вып. 4. – № 4(64). – С. 110–112. 10. Анализ влияния различных факторов на фактическую площадь контакта деталей соединений с натягом / М. М. Матлин, Г. П. Барабанов Е. Н. Казанкина, В. А. Казанкин // Известия Волгоградского государственного технического университета: серия: Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении. – 2009. – Вып. 3. – № 11(59). – С. 88–91. 11. Кремлев В. И. Повышение долговечности буровых шарошечных долот на основе совершенствования технологии сборки и упрочнения шарошек с твердосплавными зубками: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.02.08 „Технология машиностроения” / В. И. Кремлев. – Самара, 2009. – 20 с. 12. 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. 13. Кривошея В. В. Перспективная технология сборки породоразрушающих инструментов / В. В. Кривошея, А. В. Мельничук. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: тезисы докладов V Международной конференции (пос. Морское, Крым 21–27 сентября 2002 г.) / ИСМ им. В.Н.Бакуля НАН Украины. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины. – 2002. – С. 140–144. 14. Смирнов Н. В. Курс вероятностей и марематической статистики для технических приложений / Н. В. Смирнов, Н. В. Дунин-Барковский. – М.: Наука, 1969. – 511 с.