

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ ОСНОВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ШАРОШОК ІЗ ВСТАВНИМ ТВЕРДОСПЛАВНИМ ПОРОДОРУЙНІВНИМ ОСНАЩЕННЯМ ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ

У даній статті розглядаються типові конструкції кріплення твердосплавних зубців до корпусу шарошки у трьохшарошкових долотах. Досліджено конструкція посадки породоруйнуючого елемента у шарошку, яка покращує якість закріплення зубка при менших напруженнях у з'єднанні. Запропоновані конструкторські рішення щодо вдосконалення технології виготовлення шарошок із вставним твердосплавним породоруйнівним оснащенням тришарошкових бурових доліт, які дозволяють суттєво підвищити експлуатаційні показники вітчизняних бурових доліт. Проаналізовано напружно-деформівний стан запресованого зубка та шарошки у типовій конструкції та модернізованій за допомогою CAD/CAE системи.

Ключові слова: тришарошкові бурові долота, площини вибою, моделювання, метод кінцевих елементів, цементації вінців шарошки, породоруйнівне оснащення, контактні тиски, твердосплавні зубки.

Введення. Сьогодні при спорудженні свердловин особливо міцних породах широко застосовуються тришарошкові бурові долота. Шарошки таких доліт виконуються з вставним твердосплавним породоруйнівним оснащенням. Відомо, що рівень досконалості конструкції шарошок з породоруйнівним оснащенням та технологія їх виготовлення визначає експлуатаційні показники бурових доліт. Тому пошук резервів у вдосконаленні конструкції шарошок та підвищення якості складання з'єднання „зубок-шарошка” є одним із пріоритетних науково-прикладних напрямків досліджень у долотобудуванні.

У світовій практиці долотобудування для підвищення ефективності впливу на породу вибою застосовують два основні види розташування твердосплавних вставок на вінцях шарошок бурових доліт. Перший, найбільш поширений – дотримання рівної відстані між твердосплавними зубками. Другий – коли твердосплавні зубки розташовують парами, на досить близькій відстані один від одного. Зокрема, провідні виробники тришарошкових бурових доліт, як „Hughes Christensen Co.”, „Smith International Inc.”, „Reed Tool Co.”, „Security DBS Dresser Industries Inc.”, „Varel Manufacturing Co.” та ін. створюють такі конструкції породоруйнівного оснащення шарошок які забезпечують повне перекривання зони впливу на вибій. Зауважимо, що ефективність руйнування породи на вибої визначається якістю реалізації долотом ефекту подрібнення та сколювання. Для створення такого ефекту широко застосовують твердотільне 3-D моделювання при проектуванні нових конструкцій доліт.

Постановка задачі. Особливий інтерес для розробки нових конструкцій породоруйнівного оснащення шарошок з твердосплавними породоруйнівними

вставками посідає дослідження напруженого стану в з'єднанні „зубок-шарошка”.

Аналіз існуючих методологічних підходів до вирішення даної задачі. За останні роки моделюванню напруженого стану в з'єднанні „зубок-шарошка” присвячено роботи [1, 2]. Зокрема, встановлено залежність напружено-деформованого стану шарошок від взаємовпливу величини натягу при запресовуванні зубків, їх числа та діаметру. Однак в дослідженнях замість цілої шарошки моделювали її кутовий сектор і половину отворів під вставні зубки на другому і третьому вінцях. Крім цього, при моделюванні обмежилися розгляданням натягу в з'єднанні „зубок-шарошка” рівним 0,1 мм, а також враховували тільки переміщення точок моделі у радіальному напрямку. Відтак існує проблема об'єктивної оцінки характеру розподілу напружень, які виникають у вінцях конструкцій при запресовуванні твердосплавних зубків з реальним натягом, а також при дії експлуатаційних навантажень при взаємодії з пороною вибою ще достатньо не вивчені. Відсутність точних даних про вплив конструкторських параметрів з'єднання „зубок-шарошка” суттєво утруднює освоєння виробництвом передових конструкцій породоруйнівного оснащення бурових доліт. Позаяк неоптимальний натяг у з'єднанні „зубок-шарошка” веде до випадання або розкришування твердосплавних зубків на вибій, що катастрофічно знижує працездатність тришарошкових бурових доліт і прогресуючого руйнування не тільки породоруйнівного оснащення, а й тіла шарошки [3].

Відомо, що твердосплавний зубок зазнає при бурінні циклічних навантажень P і при цьому виникає згинальний момент M_H (рис. 2), під дією якого в

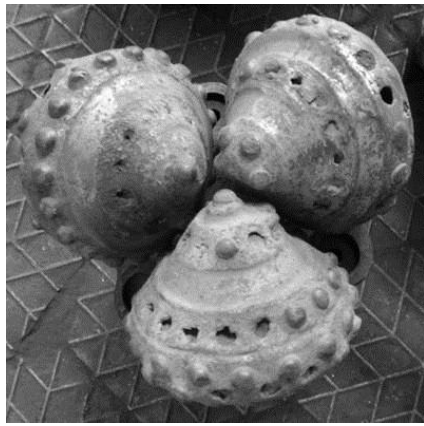


Рис. 1 – Загальний вигляд зруйнованого вставного породоруйнівного оснащення тришарошкового бурового долота 269,9 ОК

спряжених ділянках „хвостовик зубка – отвір шарошки” виникають напруження, що орієнтовані у тому самому напрямку що і контактні напруження пружної деформації [4]. Тим не менше, достеменно невідомо який саме характер розподілу напружень виникатиме у розглядуваних спряжених ділянках за умов різних параметрів конструкції породоруйнівного оснащення вінець шарошки при складальних операціях та при експлуатації тришарошкового бурового долота.

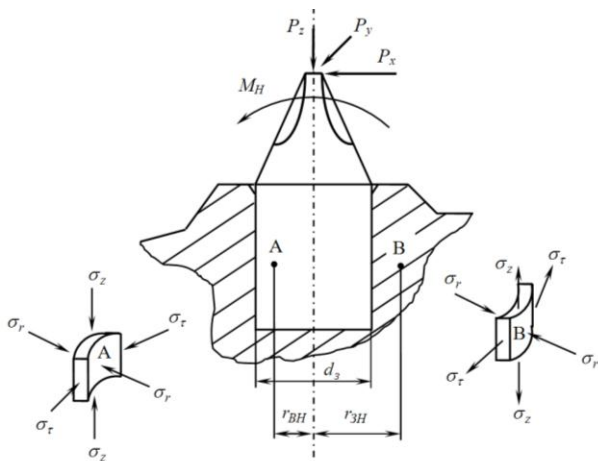


Рис. 2 – Напружений стан у спряжених деталях з’єднання „хвостовик зубка – отвір шарошки”

В області контактної зони як в тілі шарошки, так і в тілі зубка виникають радіально-стискаючі σ_r , тангенціальні σ_τ і поздовжньо-осьові напруження σ_z . Використовуючи отримані при конструюванні з’єднання „зубок-шарошка” натяги (рис. 3), а також викладки в [4] можна твердити, що циліндрична частина хвостовика твердосплавної вставки (довжиною h) під дією пружної деформації стінок отвору у вінці шарошки зазнає контактні напруження стиску, а спряжена ділянка вінець шарошки – напруження розтягу. Ці напруження є неоднакові по лінії спряження „хвостовик зубка – отвір шарошки”. Зауважимо, що напруження можуть суттєво збільшувати свою вели-

чину залежно від відстані між вставними твердосплавними зубками.

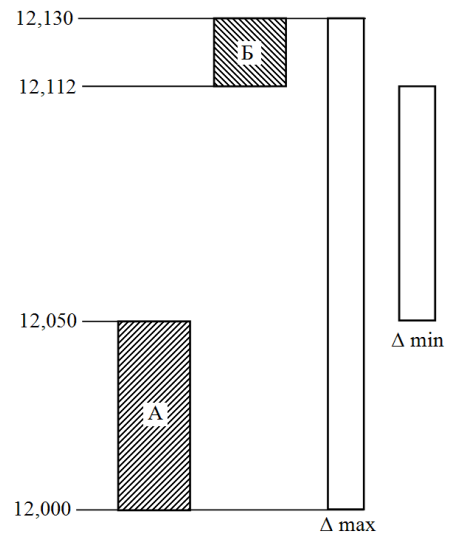


Рис. 3 – Поле допуску з’єднання „зубок-шарошка” при номінальному отворі у вінях шарошки рівному 12 мм

Дослідна частина. З метою отримання адекватних даних про характер розподілу напружень у найбільш навантажених вінях шарошок здійснювали моделювання в середовищі Solid Works. Для цього поставлено завдання встановити: характер впливу величини натягу при запресовуванні твердосплавних зубків на розподіл деформації у тілі вінець шарошки, а також параметри мінімальної відстані між отворами у вінях шарошки під твердосплавні зубки, які розташовуються по парах. Для вирішення поставленої задачі скористувалися методом скінчених елементів. Згідно рекомендацій поданих в [5] вибрано сітку з трикутними елементами (рис. 4).

Дослідження напруженого стану в спряжених ділянках з’єднання „хвостовик зубка – отвір шарошки” здійснювали відповідно до умов сумісності переміщень

$$u_2(c) - u_1(c) + \delta_K(c) = \delta_P(c),$$

де $u_i(c)$ – радіальне переміщення точок хвостовика твердосплавного зубка ($i = 1$) та вінець шарошки, у якому є отвір ($i = 2$) у перерізі $z = c$, під дією деформації,

δ_K – переміщення спричинене місцевими деформаціями,

δ_P – радіальний розрахунковий натяг у перерізі місцевих деформацій.

Згідно здійснених досліджень зведена сила яку прикладали до основного твердосплавного зубка моделі була рівна 28кН. На п’ять зубків розміщених коло основного зубка – прикладали по 14кН на кожен. Моделювали також ділянку контактного напруження з трьома малими зубками які припадають на досліджувану ділянку впливу зубки – вибій, на кожен зі згаданих зубків припадало 7кН.

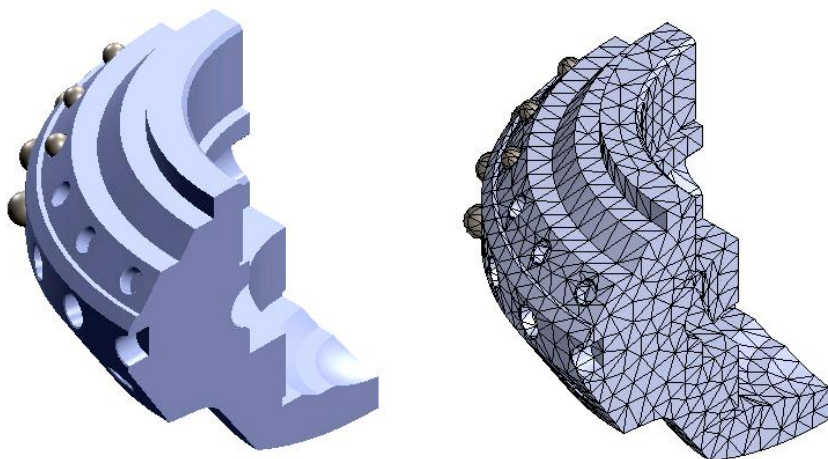


Рис. 4 – Фрагмент (1/4 частини) моделі шарошки у якому будується сітка скінчених елементів

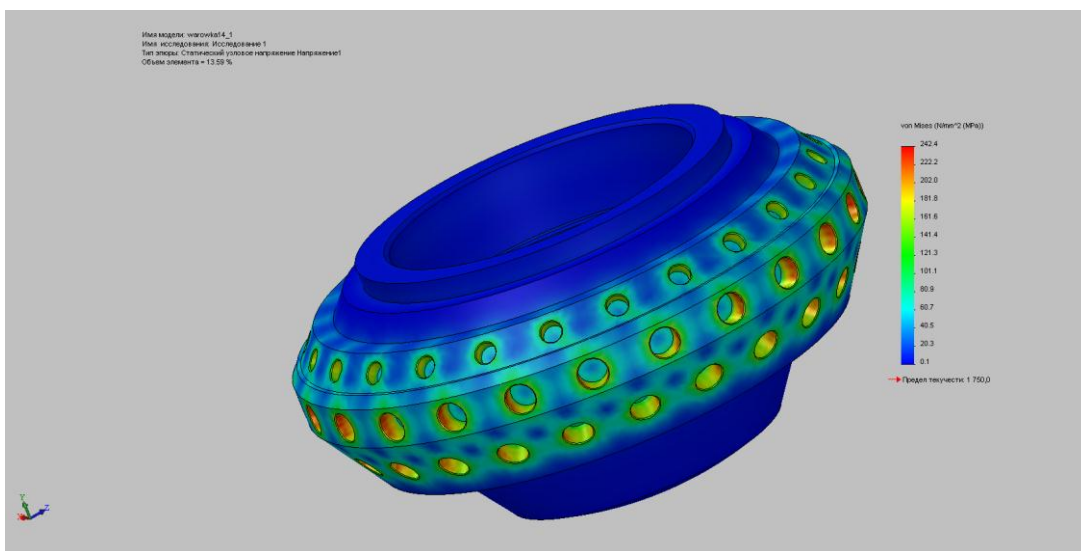


Рис. 5 – Моделювання напруженого стану у ділянках спряження „хвостовик зубка – отвір шарошки” на калібруючому і основних вінцях шарошки No 3 бурового долота без навантаження

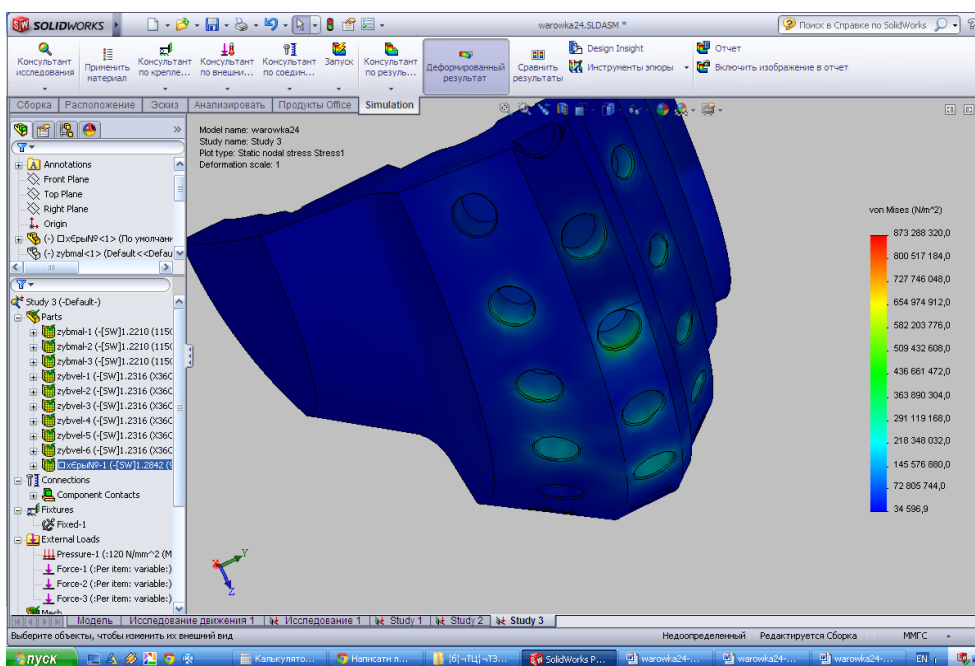


Рис. 6 – Моделювання напруженого стану у ділянках спряження „хвостовик зубка – отвір шарошки” на калібруючому і основних вінцях шарошки No 3 бурового долота за навантаження на шарошку 120 кН

Загалом у контактній зоні зубки знаходилися під навантаженням до 120 кН. Крім того враховано тиск від натягу посадки „хвостовик зубка – отвір шарошки” – 120 МПа. Результати здійснених досліджень напруженого стану у вінцях шарошки подано на рис. 6.

Висновки. Здійснені дослідження дозволили встановити характер розподілу контактних напружень у спряжених ділянках „хвостовик зубка – отвір шарошки” (рис. 7). Для створення сприятливого розподілу напруженого стану у ділянці поверхні отвору у вінці шарошки ефективним є попередження виникнення тріщин. Для цього слід ретельно здійснювати захист від цементації вінців шарошки. У випадку конструкцій з багаторядним розташуванням твердосплавних зубків на вінцях, ефективним є виконання вифрезерованих площадок на глибину цементованого шару, що попереджає викришування фрагментів вінців шарошки.

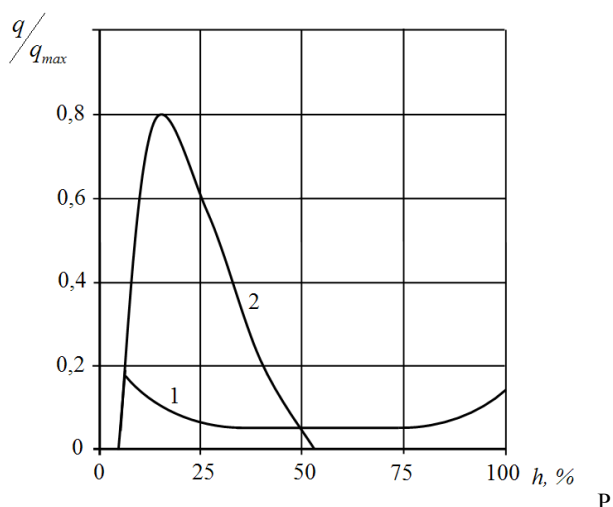


Рис. 7 – Криві розподілу контактних напружень у спряжених ділянках „хвостовик зубка – отвір шарошки”:

1 – напруження створені пресуванням вставки у тіло шарошки; 2 – варіант напружень від силового впливу взаємодії „порода вибою-твердосплавний зубок”

Дослідження показали, що збільшення у двічі кількості зубків на вінцях шарошки суттєво не змінює напружений стан між вставними зубками. Це дозволяє різко підвищити ефективність агресивного впливу породоруйнівного оснащення на вибій та забезпечувати вищі швидкості буріння.

Випробовування шарошок вдосконаленої конструкції у стендових умовах, при застосуванні металевго вибою, підтвердили ефективність отриманих параметрів вставного породоруйнівного оснащення шарошок. Зокрема, ефективно забезпечується перекриття площини вибою, при цьому відсутній знос вінців шарошки та відсутні явища оголення тіла хвостовика. Також, при неперервній роботі долота на стенді

протягом 6 годин не зафіксовано руйнування твердосплавних зубків навіть на основних, найбільш навантажених вінцях шарошки. Аналіз шарошок на предмет утворення тріщин у відповідальних ділянках як зі сторони породоруйнівного оснащення, так зі сторони порожнини не виявив пошкоджень які б спричинили до крихкого руйнування тіла шарошки на вибої.

Отже, запропоновані конструкторські рішення щодо вдосконалення технології виготовлення шарошок із вставним твердосплавним породоруйнівним оснащенням тришарошкових бурових доліт дозволяють суттєво підвищити експлуатаційні показники вітчизняних бурових доліт. Впровадження у виробництво запропонованих рішень не вимагає докорінної зміни технології виготовлення доліт.

У подальшому практичний інтерес є у необхідності моделювання варіантів розподілу напружень (контактних тисків) при різних показниках шорсткості спряжених деталей, а також варіантів розподілу напружень (контактних тисків) у вінці шарошки при різних відстанях один від одного твердосплавних зубків.

Список літератури: 1. Неупокоев В. Г. Вопросы теории и практики проектирования, производства и эксплуатации буровых шарошечных долот / Неупокоев В. Г. – Самара: Издательство Самарского научного центра Российской академии наук, 2000. – 376 с. 2. Морозов Л.В. Повышение долговечности буровых долот на основе компьютерного анализа элементов конструкций и их сборки: дис. ... кандидата техн. наук: спец. 05.02.08 / Морозов Леонид Владимирович. – Самара, 2003. – 180 с. 3. Яким Р. С. Научно-прикладні засади підвищення довговічності тришарошкових бурових доліт: дис. ... доктора техн. наук: 05.05.12 / Яким Роман Степанович. – Івано-Франківськ, 2012. – 293 с. 4. 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. 5. Каплун А. Б. ANSYS в руках інженера: Практическое руководство. – [2-е изд. испр.] / Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 272 с.

Bibliography (transliterated): 1. Neupokoev V.G. *Theory and practice of design, manufacture and operation of drilling cone bits* Neupokoev V.G. - Samara: Publishing Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2000. –376 p. Print. 2. Morozov L.V. *Improving the durability of drill bits based on computer analysis of structural elements and their assembly*: dis. ... Ph. D. Sciences: spec. 05.02.08 Morozov Leonid Vladimirovich. - Samara, 2003. - 180 p. Print. 3. Jakym R.S. *Scientific-applied principles to increase durability three rolling cutter drill*: dissertation Dr. Sc. Sciences: 05.05.12 Jakym Roman Stepanovich. - Ivano-Frankivsk, 2012. – 293 p. Print. 4. Jakym R.S. *Increase the quality of the embedded rock cutting equipment three rolling cutter drill bits/* Jakym R.S., Petrina Y.D., I.S. Jakym How exploration and development of oil and gas fields. - 2013. - No 3 (48). - P. 127 - 138. Print. 5. Kaplun A.B. *ANSYS in the hands of the engineer: A Practical Guide*. - [2-nd ed. Corr.] Kaplun A.B., Morozov E.M., Olfereva M.A. - Moscow: Editorial URSS, 2004. –272 p. Print.

Поступила (received) 19.03.2015

Яким Роман Степанович – док. техн. наук, проф. Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І.Франка, Дрогобич, тел.: 0679070484, e-mail: Jakym.r@online.ua;

Сліпчук Андрій Миколайович – канд. техн. наук, доц. НУ «ЛП», Львів, тел.: (032)-258-25-01, e-mail: andsl@ukr.net;