

А. М. Сліпчук¹, Р. С. Яким², М. В. Луців³, І.А. Івахненко⁴¹Національний університет «Львівська політехніка», ORCID: 0000-0003-0584-6104,
e-mail: andrii.m.slipchuk@lpnu.ua²Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І.Франка, ORCID: 0000-0001-9894-3987,
e-mail: jakym.r@online.ua³Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: mykola.lutsiv.mmptm.2022@lpnu.ua⁴Національний університет «Львівська політехніка»,
e-mail: ihor.ivakhnenko.mmptm.2022@lpnu.ua<https://doi.org/10.23939/istcipa2023.57>.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ШАРОШОК ДЛЯ БУРОВИХ ДОЛІТ

© Сліпчук А. М., Яким Р. С., Луців М. В., Іваненко І. А., 2023

Мета. Метою статті є аналіз відпрацювання бурових доліт та встановлення відповідальних елементів долота. **Методика.** З впровадженням комп'ютеризації та автоматизації в машинобудуванні радикально змінилися підходи до долотобудування. Ієрархію функціональних елементів шарошки представлено графом, у якому шарошка, як виріб, має такі рівні: частин, складових, зон. Порівняльна оцінка якості шарошки здійснювалася за допомогою визначення допустимих відхилень фактичного значення показника якості. **Результати.** Встановлено, що у технологічному маршруті також важливим є коефіцієнт взаємодії між верстатами та контроль технологічної спадковості. При цьому, як відомо, термообробки є своєрідними бар'єрами в технологічному маршруті, а їхній вплив на якість заготовок і готових шарошок потребує окремого дослідження. **Наукова новизна та практичне значення.** Проведене дослідження дає можливість знайти альтернативи, які здійснюються за критерієм мінімізації відхилень, та які фіксуються на технологічних операціях. Для цього ефективно застосовувати параметричний підхід. Він дає змогу формалізувати функцію мети як узагальнений критерій якості.

Ключові слова: технологічний процес, бурове долото, функціонально орієнтовні технології, руйнування елементів доліт, спадковість, дефрагментація, конструкторсько-технологічні задачі.

Вступ

Виготовлення тришарошкових бурових доліт є однією з найбільш складних задач у нафтогазовому машинобудуванні. Це пояснюється не лише складністю їх конструкції, а й важкими умовами експлуатації, які ставлять значний комплекс вимог до їх виготовлення. Однією з ключових особливостей виробництва доліт є тісний зв'язок з наукоємними технологіями. Ці технології не лише дають змогу постійно удосконалювати конструкцію доліт, а й оптимізують процес їх виробництва [1].

У зв'язку із сучасними тенденціями в машинобудуванні, велике значення має розробка інтегрованих систем конструкторсько-технологічного забезпечення виробництва шарошкових бурових доліт. У цій статті розглянуто важливі аспекти створення такої системи для шарошок із вставним твердосплавним породоруйнівним оснащенням [2].

Із впровадженням комп'ютеризації та автоматизації в машинобудуванні радикально змінилися підходи до долотобудування. Час, необхідний для проектно-конструкторських робіт, значно скоротився. Усі процеси з розробки конструкторської та технологічної документації максимально автоматизовані. Сучасні долотні підприємства використовують концепцію єдиної конструкторсько-технологічної підготовки креслення, яка створюється за принципом операцій.

Замість окремих технологічних процесів застосовують спрощені і типізовані креслення. Ці креслення охоплюють усі конструкторські і технологічні розміри та вимоги для виконання конкретних операцій. Наприклад, механічна обробка шарошки включає формоутворення внутрішньої порожнини під опору та формоутворення робочої поверхні з отворами для вставних твердосплавних зубків [3-6].

Застосування конструкторсько-технологічних креслень значно зменшило обсяг необхідної документації і спростило розробку технологічних процесів. Робота зводиться до заповнення типових операційних карт для обробки деталей, що дає змогу ефективно освоювати виробництво нових конструкцій чи типорозмірів деталей шарошкових бурових доліт. Застосування програмних середовищ для оброблювальних центрів допомагає швидше і легше підготувати керуючі програми для різноманітних обробок деталей, охоплюючи як хіміко-термічну обробку зміцнення, так і механічну обробку.

Аналіз літературних джерел

Відомо, що кожна деталь долота призначена виконувати цілий комплекс визначених технічних функцій, що забезпечують реалізацію цільової функції бурового долота – руйнування породи, формування вибою й свердловини. Зміна форми, конструкції під час роботи інструмента призводить до різкого зниження експлуатаційних показників тришарошкових бурових доліт, а у низці випадків зумовлює передчасну втрату їхньої працездатності. На підставі аналізу пошкоджень відпрацьованих доліт, а також класифікації пошкоджень і руйнувань, поданих в [7–10], можна виділити процеси, результатом яких є зношування і руйнування елементів доліт: 1. Погіршення властивостей конструкційних матеріалів долота під дією значних циклічних навантажень.

2. Погіршення властивостей конструкційних матеріалів долота під дією значних циклічних навантажень за дії корозивних середовищ.

3. Погіршення властивостей конструкційних матеріалів долота під дією високих температур та фізико-хімічних процесів.

4. Погіршення якості робочих поверхонь деталей долота через контактну втому з утворенням піттингів, каверн, відшарування тощо.

5. Погіршення якості робочих поверхонь деталей долота через механічне зношування з утворенням подряпин, рівчаків, пластичної деформації чи викришування частинок металу.

6. Погіршення якості робочих поверхонь деталей долота через молекулярно-механічні пошкодження з утворенням схоплень спряжених контактуючих поверхонь, виривання й налипання частинок металу, заїдання тощо.

7. Погіршення якості робочих поверхонь деталей долота через корозійно-механічні процеси, – що спричиняють інтенсивне зношування і деградацію конструкційних матеріалів.

Для забезпечення якісних показників тришарошкових бурових доліт визначено основний комплекс показників якості [11-13], що забезпечують задані показники:

- 1) конструкційних матеріалів за фізико-механічними властивостями;
- 2) структури конструкційних матеріалів;
- 3) конкурентоздатного рівня досконалості конструкції;
- 4) конкурентоздатного рівня технологічності та технологічного забезпечення;
- 5) конкурентоздатного рівня ефективності функціональності та експлуатації.

Мета

Метою статті є аналіз відпрацювання бурових доліт та встановлення відповідальних елементів долота.

Методика проведення дослідження

Для встановлення граничних критеріїв якості тришарошкових бурових доліт, їхньої ефективності, цінним є якісний та ґрунтовний аналіз характеру пошкоджень та особливостей відпрацювання їхніх дослідних партій.

Другим етапом побудови функціонально орієнтованої технології створення тришарошкових бурових доліт, згідно із загальною методикою, запропонованою в [14], є виділення множини орієнтованих місцевих прецизійних технологічних впливів з метою отримання заданих необхідних чи граничних показників якості. Наприклад, для шарошок з вставним породоруйнівним оснащенням для бурових доліт можна сформулювати три основні конструкторсько-технологічні завдання:

1) аналіз функціональних особливостей експлуатації шарошки. Виявлення структури і властивостей діючих експлуатаційних функцій, а також визначення характеру дії кожної експлуатаційної функції;

2) поділ шарошки на функціональні елементи за рівнями глибини технології залежно від особливостей експлуатації і їх класифікації;

3) складання альтернативних варіантів маршрутів технологічних процесів виготовлення та побудова узагальненого, за принципами оптимізації.

Для забезпечення системного розв'язання комплексу задач на основних етапах життєвого циклу доліт ефективним є застосування інтегрованих технологій, згідно із загальною методикою, поданою в [14], а також принципом процесності [15].

Результати дослідження та їх обговорення

Інтегрована технологія виготовлення шарошок бурових доліт – це структурно та ієрархічно упорядкована множина технологічного, конструкторського і організаційного забезпечення. Вона реалізується в єдиному інформаційно-комп'ютерному середовищі, де створюються всі можливості автоматизації процесів та мобільний оборот електронних документів, програмного забезпечення, інтелектуальної підтримки тощо.

Важливим моментом є також моделювання функціональної здатності, як окремих деталей і вузлів, так і тришарошкових бурових доліт загалом. Тут важливий перехід від невизначених загальних до конкретних вимог. Для цього можна математично описати функціональні властивості з певним наближенням та побудувати математичні моделі функціонування. Можна використати такі описи властивостей:

1) механічні, які визначаються особливостями співвідношень навантаження і напруженого стану, що забезпечують функціональність, наприклад, вставного оснащення, шарошки тощо;

2) геометричні (метричні), які визначаються сукупністю співвідношень між розмірами з урахуванням існуючих між ними зв'язків. Наприклад, геометричні параметри та їх кількість, особливість розташування породоруйнівного вставного оснащення на шарошках;

3) кінематичні, які визначаються ступенем наближення до регламентованих параметрів характеру руху одного чи інших елементів шарошок долота в процесі експлуатації;

4) динамічні, які визначаються характером інтенсивності зміни сил та їхніх реакцій у часі. Вони виникають через неточність чи порушення регламентованих параметрів, що спричиняють погіршення функціональності породоруйнівного оснащення чи шарошки тощо;

5) енергетичні, які визначаються енергією, яка підводиться до долота під час буріння.

За допомогою дефрагментації в шарошці можна виділити певні зони, які мають цілком визначені функції чи множину функцій (рис. 1). В цілому шарошку можна представити як упорядковану ієрархічну систему функцій, що формують загальну функцію, яку виконує шарошка.

Поверхневі шари шарошки зазнають статичного і динамічного впливу різноманітних силових параметрів робочого середовища. Вони викликають загальне та місцеве зношування, відшарування, контактне руйнування поверхонь тощо. У спряжених елементах виникають значні, подекуди недопустимі напруження, і як наслідок деталі руйнуються. Наприклад, навколо запресованих твердосплавних зубків у вінцях шарошки виникають складні епюри внутрішніх напружень, тому доволі часто відбувається крихке руйнування твердосплавних вставок чи пластична деформація, утворення тріщин в тілі вінців і, як наслідок, послаблення контакту з твердосплавними вставками. Зауважимо, що навіть за умов забезпечення якісних показників міцності і пластичності долотної

сталі шарошки, на етапах складання, в таких складних пресових з'єднаннях виникають тріщини через неоптимальні значення натягів. Тому тут важливо не тільки точно розрахувати параметри пресових з'єднань, а й створити умови для прецизійного формоутворення отворів під твердосплавні вставки, виконати високоточне пресування.

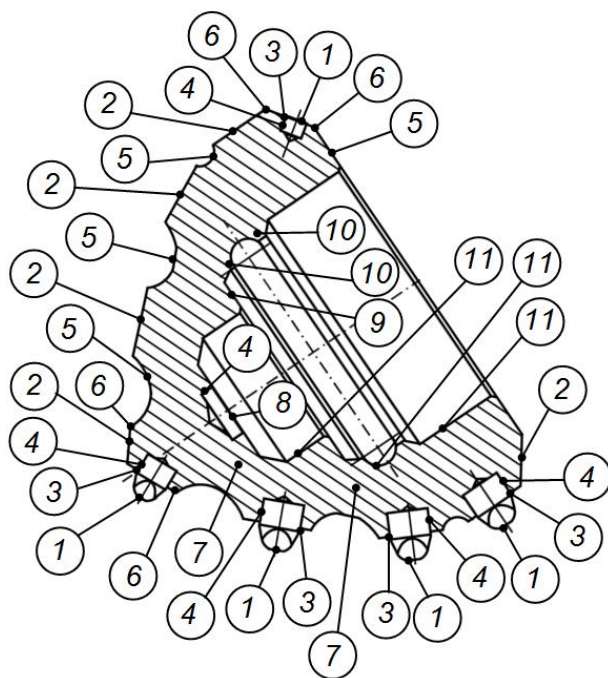
При поділі шарошки на складові частини можна виділити виконавчі, зв'язуючі, додаткові й допоміжні зони.

Виконавчими частинами шарошки є породоруйнівні ряди, що формують вибій (основні вінці з породоруйнівними зубками) та стінку свердловини (породоруйнівні вставки зворотного калібруючого конуса шарошки).

Зв'язуючим елементом є тіло шарошки, що має зовнішню – породоруйнівну поверхню та внутрішню – для монтування шарошки на цапфі лапи за допомогою системи підшипників.

Додаткові та допоміжні елементи – це спеціальні площадки, прорізані канавки, та інші конструктивні елементи, що забезпечують ефективність і надійне функціонування виконавчих елементів. Зокрема, виконані спеціальні площадки та інші елементи забезпечують надійність вставного породоруйнівного оснащення. Упорні торці осьового підшипника ковзання, бурти замкового кулькового та роликів підшипників кочення та інші елементи забезпечують функціональність підшипників опори, завдяки чому шарошка виконує заданий характер руху тощо.

Загалом ієрархію функціональних елементів шарошки можна зобразити графом, у якому шарошка, як виріб, має такі рівні: частин, складових, зон (рис. 2).



- 1 – міцність і зносостійкість, що забезпечують руйнування породи вибою; 2 – ударно-абразивна та гідро-абразивна зносостійкість, а також тріщиностійкість, що забезпечують умови ефективного формоутворення отворів під твердосплавні породоруйнівні вставки; 3 – опірність виникненню тріщин від крайового ефекту по спряженні, в ділянці вильоту зубка; 4 – надійність пресового з'єднання, контактна витривалість та опірність фретингу по спряжених поверхнях; 5 – ударно-абразивна та гідроабразивна зносостійкість, а також тріщиностійкість, що забезпечують умови міцності в небезпечних перерізах шарошки; 6 – ударно-абразивна та гідроабразивна зносостійкість, а також тріщиностійкість, що забезпечують умови міцності в ділянці, де є різкий перехід між ділянками з різною твердістю; 7 – тріщиностійкість, що забезпечує умови міцності в небезпечних перерізах шарошки; 8 – контактна витривалість і зносостійкість в умовах тертя ковзання та осьових навантажень за умов перекошу контактуючих поверхонь пари тертя «п'ята – підп'ятник»; 9 – витривалість і зносостійкість в умовах тертя ковзання та осьових навантажень; 10 – міцність чинити опір деформації та крихкому руйнуванню; 11 – контактна витривалість і зносостійкість в умовах радіального тертя кочення

Рис. 1. Дефрагментація шарошки по основних функціональних зонах
Fig. 1. Defragmentation of the cone by main functional areas

Кожну зону шарошки також визначають на основі певної функції, яка виконується в процесі експлуатації. Робочі поверхні шарошки сприймають контактні навантаження, на них діє складний комплекс чинників робочого середовища. Це спричинює не тільки порушення, а й втрату здатності виконувати визначені функції як окремих зон, так і шарошки загалом. Зокрема, перевантаження спричинює пошкодження й руйнування відповідальних елементів чи зон шарошки.

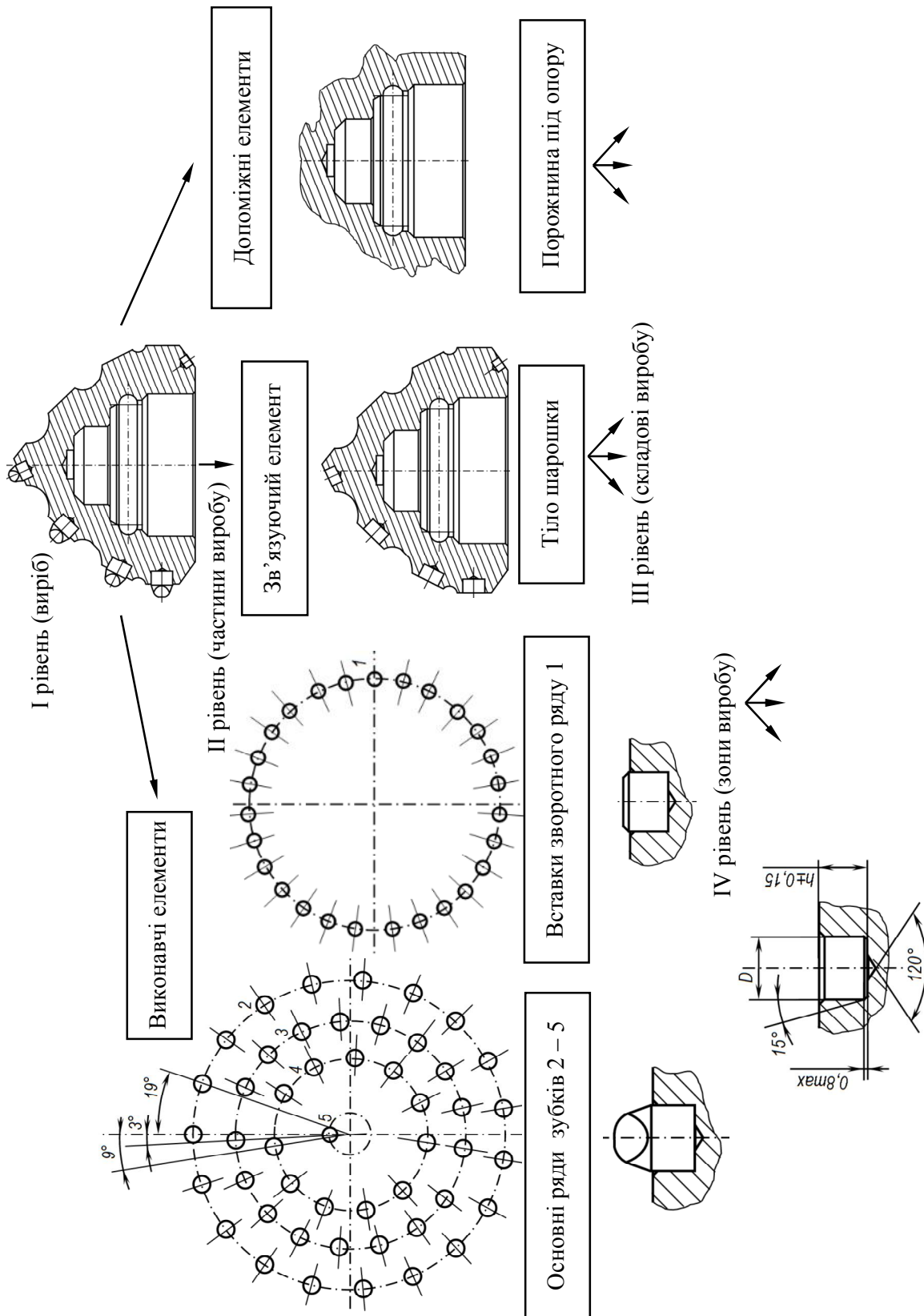


Рис. 2. Граф функціональних елементів шарошки №1 з вставним породоруйніним оснащенням
 Fig. 2. Graph of functional elements of the No. 1 roller with insertable rock breaker

Аналізом відпрацьованих шарошок доліт зафіксовані випадки крихкого руйнування породоруйнівних елементів, сколювання фрагментів тіла шарошки, контактні руйнування елементів опори. Знос елементів опори спричинює зростання люфтів в опорі, перекошування осі шарошки відносно осі цапфи лапи. При цьому різко розбалансовуються роликові підшипники кочення, зростає навантаження на замковий підшипник кочення [10, 11]. Все це може спричинити або втрату шарошки на вибої чи її заклинювання. Також вставне твердосплавне породоруйнівне оснащення призначене для виконання функцій у надзвичайно складних умовах. Об'єм навколо запресованих в тіло шарошки твердосплавних зубків зазнає комплексних напружень розтягу, а тіла твердосплавних зубків зазнають складних навантажень стиску. В ділянках вильоту твердосплавних зубків з тіла шарошки, в шарошці можуть розвиватися тріщиноподібні дефекти. Під дією комплексних перевантажень твердосплавні зубки можуть розтріскуватись. Особливо це можна фіксувати при нерациональних натягах у пресових з'єднаннях «зубок – шарошка» [8], а також недосконалості технологій формоутворення отворів у шарошці під вставні зубки [16], похибках в поплашковому виборі долотної сталі, параметрах хіміко-термічної обробки [9, 17] тощо. Загалом основні експлуатаційні функції шарошки можна представити графом, що зображений на рис. 3.



Рис. 3. Граф основних експлуатаційних функцій шарошки з вставним породоруйнівним оснащенням
 Fig. 3. Diagram of the main operating functions of a roller cutter with insertable rock breaker

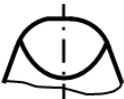

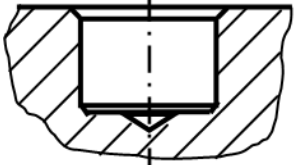
Розглянемо докладніше основні умови функціонування елементів вставного твердосплавного породоруйнівного оснащення шарошок (табл. 1). Специфіка конструкції хвостовика твердосплавного зубка визначає складність технології формоутворення отворів у шарошці, а також процеси складання пресового з'єднання. Тому, для наочності, у нашому випадку розглянемо найпростіший і стандартизований варіант твердосплавного зубка, який масово застосовують для армування шарошок.

Таблиця 1

Умови функціонування елементів вставного породоруйнівного оснащення шарошок

Table 1

Operating conditions of the elements of the insertion rock-breaking equipment of the roller cutters

№	Елемент		Умови функціонування	Вимоги до елемента
1	Вражаюча частина твердосплавного зубка		Піддається комплексу контактних силових і температурних навантажень, тертя від породи вибою.	Підвищена міцність, зносостійкість, теплостійкість, здатність проникати і руйнувати породу вибою
2	Хвостовик твердосплавного зубка		Піддається комплексу контактних силових навантажень.	Підвищена міцність, здатність забезпечувати надійність фіксації твердосплавного породоруйнівного зубка
3	Вінець шарошки в якому формується отвір під посадку твердосплавного зубка		Піддається комплексу контактних силових навантажень, тертя від породи вибою,	

Математичне моделювання функціонування шарошок дає змогу формалізувати номінальні, граничні й допустимі відхилення відповідно до комплексу показників якості. Наприклад, для шарошки можна записати номінальний показник якості

$$Y_N = f_N(M_i, K_i, A_i),$$

де M_i – параметри групи функціональних показників і якості конструкційних матеріалів, K_i – параметри групи розмірних, геометричних показників, що визначають особливості кріплення породоруйнівного оснащення в тілі шарошки, A_i – параметри групи конструкції шарошки та її породоруйнівного оснащення.

Порівняльна оцінка якості шарошки може здійснюватися за допомогою визначення допустимих відхилень фактичного значення показника якості. Тобто такого показника, який можна сформулювати існуючою технологічною базою долотного виробництва:

$$Y_{\Delta} = f_{\Delta}(\Delta M_i, \Delta K_i, \Delta A_i),$$

де $\Delta M_i, \Delta K_i, \Delta A_i$ – відхилення параметрів груп (фактичні значення) показників якості від номінальних, які регламентуються у процесі проєктування нових шарошок доліт.

Пошук альтернатив здійснюється за критерієм мінімізації відхилень, які фіксують на технологічних операціях. Для цього ефективно застосовувати параметричний підхід. Він дає змогу

формалізувати функцію мети, як узагальнений критерій якості. Наприклад, оцінку варіанта технологічного маршруту можна шукати на перетині кривої затрат на виготовлення та кривих якісних показників. Технологічний маршрут можна оцінювати параметрично:

$$F \sim \left(\bigwedge_{i=1}^n F_i \right) \wedge \left(\bigvee_{i=n+1}^m F_i \right)$$

де F – твердження «технологічний маршрут має максимальні бали», F_i – твердження « i -та операція технологічного маршруту має високі бали», n – показник необхідних параметрів технологічних операцій, m – показник достатніх параметрів технологічних операцій.

Показники параметрів технологічних операцій складаються з:

- необхідних, високий рівень кожного з яких створює умови для забезпечення високої ефективності технологічного маршруту;
- достатніх, високий рівень хоча б одного з яких створює умови для забезпечення високої ефективності технологічного маршруту.

Таблиця 2

Узагальнений технологічний маршрут виготовлення шарошки №1 тришарошкового бурового долота 215,9СЗ

Table 2

Generalised technological route of manufacturing of roller No. 1 of three-cone drill bit 215.9SZ

№	Зміст операції	Обладнання
1	Штапування заготовки – кованки	Прес КГШ
2	Високий відпуск	Електропіч
3	Розточування внутрішньої порожнини	W_1
4	Цементація, високий відпуск	Агрегат IPSEN
5	Обточування переднього і калібрувального конусів, прорізування міжвінцевих канавок	W_2
6	Фрезерування площадок	W_3
7	Фрезерування зрізу вершини шарошки	W_4
8	Свердління отворів у рядах	W_5
9	Калібрування отворів у рядах	W_6
10	Гартування, низький відпуск	Агрегат IPSEN
11	Зенкування отворів у рядах	W_7
12	Розвірчування отворів у рядах	W_8
13	Очищення отворів від стружки	W_9
14	Пресування твердосплавних зубків в отвори рядів	Прес
15	Низький відпуск	Агрегат IPSEN
16	Зачищення торця шарошки	W_{10}
17	Шліфування внутрішньої порожнини шарошки	W_{11}
18	Розвірчування отвору під підп'ятник	W_{12}
19	Запресування підп'ятника в отвір	Прес
20	Шліфування торця підп'ятника	W_{13}

Загалом найкращий технологічний маршрут характеризується максимальною кількістю набраних балів. Для спрощення й автоматизації вирішення формальної задачі оцінка технологічної операції $x_{ij} \in \{0, 1\}$ з множини $x = \|x_{ij}\|$, виконується за умовою

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{якщо } i\text{-ті умови якості формує } j\text{-а операція маршруту} \\ 0 & \text{в решта випадках} \end{cases}$$

Тоді умова для найкращого технологічного маршруту:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n x_{ij} \rightarrow \max.$$

Розглянемо технологічний маршрут виготовлення шарошки (табл. 2). Тут W_i – верстат, на якому виконується визначена операція механічного оброблення шарошки.

Кожен верстат може виконувати визначену кількість операцій з формоутворення одного чи декількох елементів шарошки. Наприклад, свердління, калібрування, зенкерування і розвірчування отворів можна виконувати на одному верстаті, об'єднавши процеси, які виконуються на W_5 , W_6 , W_7 , W_8 .

Висновки

На підставі проведених досліджень можна визначити основні причини раптових відмов доліт через крихке руйнування шарошок. Конструкція породоруйнівного вставного зубка шарошки бурового долота дає змогу максимально реалізувати всі переваги вражаючої частини зубка, який надійно кріпиться у шарошці. Точна і надійна орієнтація породоруйнівної вражаючої частини вставного зубка не тільки реалізує максимальні можливості ефективного проникнення у породу, її руйнування та витіснення зруйнованої породи з утвореної лунки, а й підвищує опірність поломки вставного зубка. Це дає змогу не тільки підвищити якість формоутворення вибою, інтенсифікації й підвищення швидкості буріння, а й уникнути аварійних ситуацій, коли фрагменти зруйнованих твердосплавних зубків чи цілі зубки випадають на вибій та спричиняють інтенсивне руйнування породоруйнівного оснащення шарошок.

Окрім того, важливим аспектом є спроби знизити значення міцності DІ плавки сталі шляхом впровадження додаткових технологічних операцій у виготовленні кованки під шарошку. Проте ці спроби, хоч і можуть дещо знизити твердість та підвищити опірність шарошок до утворення крихких тріщин, не завжди гарантують успіх та можуть призводити до перевитрат енергії й ресурсів.

Особливу увагу привертає факт, що в ділянках небезпечного перерізу шарошок, зокрема в зоні переходу від бігової доріжки замкового підшипника до поверхні шарошки між вінцями.

Отже, на основі отриманих результатів можна рекомендувати подальше дослідження та вдосконалення технологічних процесів виготовлення шарошок для забезпечення їх надійності та довговічності в умовах реальної експлуатації.

У технологічному маршруті також важливим є коефіцієнт взаємодії між верстатами та контроль технологічної спадковості. При цьому, як відомо, термообробки є своєрідними бар'єрами в технологічному маршруті, а їхній вплив на якість заготовок і готових шарошок потребує окремого дослідження.

Список літератури

1. Thiyagu M., Karunamoorthy L., Arunkumar N. Thermal and tool wear characterization of graphene oxide coated through magnetorheological fluids on cemented carbide tool inserts. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2019. Vol. 19, Iss. 4. P. 1043–1055. doi: 10.1016/j.acme.2019.05.005.

2. Яким Р. С., Петрина Ю. Д., Яким І. С. Науково-практичні основи технології виготовлення тришарових бурових доліт та підвищення їх якості і ефективності: монографія. Івано-Франківськ: Видання ІФНТУНГ, 2011. 384 с.
3. Wei M. D., Dai F., Xu N. W., Liu J. F., Xu Y. Experimental and numerical study on the cracked chevron notched semi-circular bend method for characterizing the mode I fracture toughness of rocks. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2016. 49(5). P. 1595–1609. doi: 10.1007/s00603-015-0855-2.
4. Varel international Makers of world class drilling bits: catalogues / [Varel international corporate headquarters] – Carrollton, Texas: Ridgeback Marathon, 2004. – 24 p.
5. The Leading Edge of Drilling technology Drillbits International Private Limited: catalogues / [R. Abraham, A Member of Wah Seong Corporation Berhad.]. – Nashik, Maharashtra (India): Greaves & DBI, – 2005. – 24 p.
6. Smith technologies: Product Catalog / [Headquarters Smith International]. – U.S.A. Texas, Houston: Smith International, Inc., 2008. – 65 с.
7. Pandey, P., 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* 40 (2), 1-11 (2018). doi:10.1007/s40430-018-1016-9.
8. Yakym R.S., Prtryna D.Yu. Analysis of Causes and Preventing Ways of Early Workability Loss of Three-Cone Rock Bit Cutters. *Metallophysics and Advanced Technologies*. Vol. 42, №5, May, 2020. p.731 – 751.
9. Yakim, R., Petrina Yu.D.: Theory and Practice of Quality Assurance and Operational Indicators of Cemented Parts of Cone Drill Bits. Monograph. IFNTUNG Publ. Ivano-Frankovsk, (2011).
10. 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 «ХПИ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків : НТУ «ХПИ», 2020. № 3(5). С. 3–8. doi:10.20998/2413-4295.2020.01.01
11. Satya Prakash, Mukhopadhyay, A.: Reliability Analysis of Tricone Roller Bits with Tungsten Carbide Insert in Blasthole Drilling. *Journal International Journal of Mining, Reclamation and Environment* 34(2), 101-118. (2020) doi.org/10.1080/17480930.2018.1530055
12. Shigemi N. Feasibility Study on Roller-Cone Bit Wear Detection from Axial Bit Vibration. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 82, pp.140-150, 2012.
13. Yang Y, Song D, Chen H, Chen X and Chen L 2021 The research on the fixation strength of tapered cone bit teeth Eng. Fail. Anal. Vol. 124. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105318>.
14. Сліпчук А. М., Яким Р. С. Вплив технологічних параметрів на надійність кріплення вставного твердосплавного породоруйнівного оснащення бурових доліт. Український міжвідомчий науково-технічний збірник “Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. №55. 2021. С. 95 – 105. DOI: 10.23939/istcipa2021.55.095
15. Slipchuk A and Yakym R. Technological Parameters of Hole Shaping in the Cones Rolling-Cutter Row of Roller Cone Bits. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. pp 123–132 . 2021 DOI: 10.1007/978-3-030-77719-7_13
16. Yakym R. S., Petryna D. Yu. Increase of durability of three-cone rock bit cutters. *Journal of Hydrocarbon Power Engineering*. 2017, Vol. 4, Issue 2 – P. 49 – 53.

A.M. Slipchuk¹, R.S. Yakym², M.V. Luciv¹, I.A. Ivahnenko¹

¹Lviv Polytechnic National University

²Drohobych State Pedagogical University by name I. Franko

APPLICATION OF AN INTEGRATED SYSTEM OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR THE PRODUCTION OF DRILL BITS

Problem statement and the research purpose. The aim of this article is to analyse the wear of drill bits and to identify the elements of the bit that are responsible. **Methods.** The introduction of computerisation and automation in mechanical engineering has radically changed the approach to drill bit design. The hierarchy of functional elements of the drill bit is represented by a graph in which the drill bit as a product has the following levels: parts, components, zones. A comparative assessment of the quality of the roller cutter was carried out by determining the permissible

deviations from the actual value of the quality indicator. **Results.** It was found that the coefficient of interaction between machines and the control of technological inheritance are also important in the technological route. It is known that heat treatment is a kind of barrier in the technological route, and its influence on the quality of blanks and finished pellets requires a separate study. **Scientific novelty and practical importance.** The study allows us to find alternatives which are carried out according to the criterion of minimising deviations and which are recorded on technological operations. The parametric approach is effective for this purpose. It allows to formalise the objective function as a generalised quality criterion.

Keywords: technological process, drill, function-oriented technologies, destruction of drill elements, heredity, defragmentation, design and technological tasks..

References

1. Thiyagu M., Karunamoorthy L., Arunkumar N. Thermal and tool wear characterization of graphene oxide coated through magnetorheological fluids on cemented carbide tool inserts. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2019. Vol. 19, Iss. 4. P. 1043–1055. doi: 10.1016/j.acme.2019.05.005.
2. Yakym R. S., Petryna Yu. D., Yakym I. S. “Naukovo-praktychni osnovy tekhnolohiyi vyhotovlennya trysharoshkovykh burovykh dolit ta pidvyshchennya yikh yakosti i efektyvnosti” [“Scientific and practical basics of the technology of manufacturing three-layer drill bits and improving their quality and efficiency”] monograph. Ivano-Frankivsk: IFNTUNG Publishing House, pp. 384 . 2011. [in Ukrainian] <http://www.irbis-nbu.gov.ua/publ/REF-0000291650>
3. Wei M. D., Dai F., Xu N. W., Liu J. F., Xu Y. Experimental and numerical study on the cracked chevron notched semi-circular bend method for characterizing the mode I fracture toughness of rocks. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2016. 49(5). P. 1595–1609. doi: 10.1007/s00603-015-0855-2.
4. Varel international Makers of world class drilling bits: catalogues / [Varel international corporate headquarters] – Carrollton, Texas: Ridgeback Marathon, 2004. – 24 p.
5. The Leading Edge of Drilling technology Drillbits International Private Limited: catalogues / [R. Abraham, A Member of Wah Seong Corporation Berhad.]. – Nashik, Maharashtra (India): Greaves & DBI, – 2005. – 24 p.
6. Smith technologies: Product Catalog / [Headquarters Smith International]. – U.S.A. Texas, Houston: Smith International, Inc., 2008. – 65 c.
7. Pandey, P., 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* 40 (2), 1-11 (2018). doi:10.1007/s40430-018-1016-9.
8. Yakym R.S., Prtryna D.Yu. Analysis of Causes and Preventing Ways of Early Workability Loss of Three-Cone Rock Bit Cutters. *Metallophysics and Advanced Technologies*. Vol. 42, №5, May, 2020. p.731 – 751.
9. Yakim, R., Petrina Yu.D.: Theory and Practice of Quality Assurance and Operational Indicators of Cemented Parts of Cone Drill Bits. Monograph. IFNTUNG Publ. Ivano-Frankovsk, (2011).
10. Slipchuk A. M., Yakym R. S. Vplyv tekhnolohichnykh parametriv skladannya z yednannya «zubok-sharoshka» na yakist vstavnoho tverdospalvnoho osnashchennya sharoshok burovykh dolit [“The influence of the technological parameters of the assembly of the "tooth-ball" connection on the quality of the insertable hard alloy equipment of the balls of drill bits”] [Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology”]. Vol.3 no5. pp. 3–8. 2020. [in Ukrainian] doi:10.20998/2413-4295.2020.01.01
11. Satya Prakash, Mukhopadhyay, A.: Reliability Analysis of Tricone Roller Bits with Tungsten Carbide Insert in Blasthole Drilling. *Journal International Journal of Mining, Reclamation and Environment* 34(2), 101-118. (2020) doi.org/10.1080/17480930.2018.1530055
12. Shigemi N. Feasibility Study on Roller-Cone Bit Wear Detection from Axial Bit Vibration. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 82, pp.140-150, 2012.
13. Yang Y, Song D, Chen H, Chen X and Chen L 2021 The research on the fixation strength of tapered cone bit teeth Eng. Fail. Anal. Vol. 124. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105318>
- A. Slipchuk, R. Yakym “Vplyv tekhnolohichnykh parametriv na nadiynist kriplennya vstavnoho tverdospalvnoho porodoruynivnoho osnashchennya burovykh dolit” [“The influence of technological factors on the reliability connection for tungsten carbide inset cutter of roller cone bits”] // Avtomatizaciâ virobničih procesiv u mašinobuduvanni ta priladobuduvanni. – Vol.55. – pp. 95 – 105. – 2021 [in Ukrainian] DOI: 10.23939/istcipa2021.55.095
14. Slipchuk A and Yakym R. Technological Parameters of Hole Shaping in the Cones Rolling-Cutter Row of Roller Cone Bits. *Lecture Notes in Mechanical Engineering* . pp 123–132 . 2021 DOI: 10.1007/978-3-030-77719-7_13
15. Yakym R. S., Petryna D. Yu. Increase of durability of three-cone rock bit cutters. *Journal of Hydrocarbon Power Engineering*. 2017, Vol. 4, Issue 2 – P. 49 – 53.