

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

ЯКИМ ІГОР СТЕПАНОВИЧ

УДК 621.951.3

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ
ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ**

05.02.08 – технологія машинобудування

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль – 2016

Дисертація на правах рукопису.

Роботу виконано в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Петрина Юрій Дмитрович ,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
завідувач кафедри технології нафтогазового машинобудування.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Марчук Віктор Іванович,

Луцький національний технічний університет,
завідувач кафедри приладобудування.

кандидат технічних наук, доцент

Хітров Ігор Олександрович,

Національний університет водного господарства та природокористування,
доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу

Захист відбудеться «01» липня 2016 р. об 14⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К58.052.03 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, корп. 2.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічній бібліотеці Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

Автореферат розіслано «27» травня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А. Є. Дячун

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Відповідно до державної політики України у сфері розвитку внутрішнього виробництва, необхідне зростання ефективності використання діючих виробничих потужностей та підвищення їхнього технологічного рівня. Вагоме та стратегічне місце у реалізації даної політики посідає виконання завдання зі збільшення обсягів виробництва конкурентоспроможної наукоємної продукції для нафтогазової галузі. До такої продукції належать тришарошкові бурові долота, складність виготовлення яких обумовлює особливі вимоги до організації їхнього виготовлення на спеціалізованих підприємствах. Перед долотним виробництвом гостро стоїть проблема сталого підвищення якості тришарошкових бурових доліт на етапах їхнього життєвого циклу. Особливим і **актуальним** завданням дослідження такої проблеми є встановлення конструкторсько-технологічних та організаційних шляхів і методів підвищення якості тришарошкових бурових доліт.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження, що складають основи дисертаційної роботи, виконані відповідно до наукової тематики кафедри технології нафтогазового машинобудування Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу і базується на результатах держбюджетних тем: «Науково-прикладні основи розробки технологічного забезпечення виробництва та надійності нафтогазового і металорізального обладнання» (2010–2015р.р.) і «Синтез комп'ютерних систем та розробка програмного забезпечення для об'єктів нафтогазового комплексу» на 2011-2015 р.р. (номер державної реєстрації 0111U005890).

Мета і задачі дослідження *Мета роботи* – розробити та дослідити технологічні методи підвищення якості виготовлення тришарошкових бурових доліт, шляхом вдосконалення комплексної системи формування якості бурових доліт на усіх етапах їхнього життєвого циклу.

Для досягнення мети були поставлені наступні **задачі**:

1. Проаналізувати рівень техніки і технології виготовлення тришарошкових бурових доліт та встановити взаємозв'язок між якісними та експлуатаційними показниками доліт й параметрами технологічних процесів.

2. Розкрити взаємозв'язок між фізико-механічними показниками долотних сталей, параметрами механічного оброблення та якісними конструкторськими показниками термооброблених шарошок і лап доліт.

3. Встановити раціональні параметри термічних та технологічних процесів зміцнення шарошок і лап бурових доліт.

4. Встановити шляхи забезпечення якості відповідальних елементів деталей тришарошкових бурових доліт на основних етапах технологічного процесу їхнього виготовлення.

5. Розробити інженерну методику та комплексну систему формування якості тришарошкових бурових доліт на усіх етапах їхнього життєвого циклу.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення тришарошкових бурових доліт та параметри, на яких формуються їхні якісні показники.

Предмет дослідження – взаємозв'язок фізико-механічних і конструктивних параметрів деталей тришарошкових бурових доліт та способів підвищення їх якості.

Методи дослідження. В основу досліджень покладені фундаментальні засади технології машинобудування і механіки, математичне і комп'ютерне моделювання, сучасні стандартні методики дослідження фізико-механічних показників долотних сталей та конструкторських показників деталей доліт. Теоретичне дослідження проведено з використанням фундаментальних засад теоретичної механіки, інформатики, морфологічного аналізу інженерної творчості й вибору раціональних технічних рішень. Апробація розроблених алгоритмів, методик проводилася методом комп'ютерного моделювання. Результати експериментальних досліджень одержано за допомогою спеціального технологічного оснащення з використанням сучасних засобів та методів вимірювання. Також застосовано сучасні методи для встановлення контактної довговічності опор доліт та експлуатаційних, якісних показників бурових доліт.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в подальшому розвитку науково-прикладних основ вдосконалення процесів комплексного вирішення проектних та конструкторсько-технологічних задач для якісного виготовлення тришарошкових бурових доліт. При цьому вперше:

- встановлено вплив фізико-механічних та технологічних показників долотних сталей на їхню схильність до виникнення деформацій й викривлень механічно оброблених та хіміко-термічно зміцнених деталей доліт, що дає можливість принципово по новому призначати раціональні припуски на механічне оброблення з мінімальною кількістю проходів інструмента;

- досліджено точність та сталість в часі механічного токарного оброблення в кінцевий розмір опор ковзання цапф лап герметизованих тришарошкових бурових доліт у єдиному процесі автоматизованого точіння. Розроблено технологію та визначено оптимальні параметри технологічних операцій свердління отворів в упорному торці шарошки на оброблювальному центрі MCV;

- встановлено раціональні параметри процесу свердління отворів у цементованих шарошках доліт під вставне породоруйнівне оснащення, що відрізняється регламентованими вимогами щодо розподілу значень твердості по перерізу вінця шарошки (від поверхні у серцевину) на глибину отворів під вставні зубки;

- встановлено динамічні характеристики процесу свердління з визначенням коливань свердла, які впливають на величину розбиття отвору при нерівномірних навантаженнях на різальні кромки із поєднанням розділення змінних методом Фур'є та чисельного методу Рунге-Кутта для розв'язку диференціального рівняння.

Практичне значення одержаних результатів:

Створені нові шляхи підвищення якісних показників цементованих шарошок та цапф лап тришарошкових бурових доліт апробовані в умовах реального виробництва, вдосконалено технологічні процеси виготовлення доліт і прийняті на ТОВ „УніБурТех” до подальшого підвищення якості й конкурентоздатності продукції.

Розроблені технології автоматизованого механічного оброблення елементів опор цапф лап та шарошок бурових доліт, а також технологію виготовлення шарошок і параметри формоутворення отворів у шарошках під вставне твёрдосплавне оснащення впроваджені на ТОВ „УніБурТех”.

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено і апробовано в умовах долотного виробництва на ТОВ „УніБурТех”, і в подальшому впроваджено, єдину інформаційну систему підтримки процесів проектування, підготовки виробництва і виготовлення тришарошкових бурових доліт.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені у навчальний процес під час вивчення дисципліни „Технологія машинобудування”, „Основи наукових досліджень”, а також для виконання курсових та інших кваліфікаційних студентських робіт в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати роботи отримані автором самостійно [1, 2]. У працях, що написані у співавторстві, авторові належать: обґрунтування нових підходів до вдосконалення та розробки технологічних процесів автоматизованого виготовлення деталей бурових доліт та оцінка точності механічного оброблення цапф лап і опорних порожнин шарошок [3-6], дані експериментальних досліджень та їхнє математичне опрацювання [7-18], структури єдиної інформаційної системи підтримки процесів проектування, підготовки виробництва і виготовлення тришарошкових бурових доліт, а також системи комплексного підвищення якості доліт на довиробничому та виробничому етапах їх життєвого циклу, а також ідея вдосконалення інженерної методики побудови оптимального технологічного маршруту виготовлення доліт, ідея застосування інформаційних інтегрованих систем та CALS-технологій і процесності для освоєння виробництвом нових технологічних процесів виготовлення доліт [13, 19-23], ідея підвищення технологічності отворів під вставне породоруйнівне оснащення та дані аналізу руйнування вінців шарошок оснащених вставними зубками [14], встановлений характер впливу розподілу твёрдості в тілі вінців шарошок доліт 244,5 ОК-ПГВ-D26 на величину розбивки отворів під вставні твёрдосплавні зубки [15], розроблений новий підхід, що дозволяє проектувати ефективні технологічні процеси на основі модернізації та вдосконалення базових техпроцесів (прототипів) [3, 23 - 27].

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати досліджень доповідались на: міжнародних науково-практичних і науково-технічних конференціях «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», (м. Тернопіль, 2010 р.), «Машиностроение и техносфера XXI века», (м. Севастополь, 2011 р.), «Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій», (м. Львів, 2012 р.), «Нові матеріали і технології в машинобудуванні», (м. Київ, 2013, 2015р.), International Scientific & Technical Conference Laser technologies «Lasers and their application» (м. Трускавець, 2013р.), всеукраїнській науково-технічній конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні», (м. Львів, 2012 р.). У повному обсязі робота доповідалась і отримала позитивний відгук на розширених наукових семінарах кафедр технології

нафтогазового машинобудування і комп'ютеризованого машинобудівного виробництва Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу та технології машинобудування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (2015р.)

Публікації. Результати наукових досліджень викладено у 31 друкованій праці, з яких одна монографія, 15 статей у фахових виданнях, дві з яких входять до міжнародних наукометричних баз даних, 3 патенти України на винаходи, 1 патент України на корисну модель, 11 тез у збірниках матеріалів міжнародних науково-технічних конференцій та симпозіумів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел із 109 найменувань та 17 додатків. Повний обсяг роботи становить 176 сторінок основного тексту, включаючи 61 рисунок, 34 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, сформульовані мета і задачі досліджень, викладено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, наведено дані про їхню апробацію, а також структуру та обсяг роботи.

В першому розділі аналізується сучасний рівень техніки і технології виготовлення тришарошкових бурових доліт, тенденції й перспективи у досягненні високої їхньої якості. Аналізом відпрацьованих тришарошкових бурових доліт встановлено найбільш типові причини втрати працездатності доліт, поміж якими найбільшу вагу мають: розколювання шарошки і руйнування породоруйнівного оснащення (20%), знос елементів опори (60%), розвертання роликів в підшипниках опори (75%), повне заклинювання шарошок (30%), знос чи руйнування козирка спинки лапи (65%), осьові люфти більше 1,5мм (100%), радіальні люфти більше 2,5мм (70%), радіальні люфти до 2,5мм (30%).

Науковою основою дисертаційного дослідження є передовий досвід провідних виробників тришарошкових бурових доліт, як „Hughes Christensen Co.”, „Smith International Inc.”, „Reed Tool Co.”, „Security DBS Dresser Industries Inc.”, „Varel Manufacturing Co.” та наукових колективів Всесоюзного науково-дослідного інституту бурової техніки (ВНДІБТ), Московського інституту нафти і газу ім. І.М.Губкіна, ВО „Куйбишевбурмаш”, „Дрогобицький долотний завод” (ДДЗ) та ін. Зокрема, значний вклад у вдосконаленні технології виготовлення тришарошкових бурових доліт й підвищення їхніх якісних показників здійснили вчені Блінков О. Г., Богомолів Р. М., Жидовцев М. О., Журавльов А. М., Закіров М. М., Кершенбаум В. Я., Крилов К. О., Неупокоев В. Г., Торгашов А. В., Ясашин В. А. та ін. Значний вклад також внесли українські вчені: Бондаренко В. П., Бугай Ю. М., Дрогомирецький Я.М., Крижанівський Є.І., Петрина Ю. Д. та їхні учні.

На основі аналізу наукових праць та вивчення сучасного рівня технології виготовлення тришарошкових бурових доліт встановлено, що вітчизняне долотне

виробництво не завжди може забезпечувати сталі експлуатаційні показники доліт на рівні зі світовими. Це може пояснюватися тим, що ще не достатньо вивчено вплив параметрів основних операцій технологічного процесу виготовлення на післяопераційні та кінцеві параметри якості деталей та готових бурових доліт.

На основі здійсненого аналізу існуючих технологічних методів підвищення якості тришарошкових бурових доліт поставлено мету та задачі дослідження.

Другий розділ присвячено теоретичним дослідженням технологічних процесів виготовлення тришарошкових бурових доліт на етапах підготовки їх виготовлення. Для формулювання задач перед проектуванням важливим етапом є обґрунтоване висунення множини вимог до лапи і шарошки та їх елементів згідно даних декомпозиції. Для аналізу елементів конструкції лапи і шарошки з урахуванням досвіду виготовлення та експлуатації (рис. 1), виділені вимоги, які формують основні задачі вибору відповідних матеріалів, пошуку та встановлення найоптимальніших конструктивних параметрів елементів деталей, а також застосування ефективних технологічних операцій при їх виготовленні.

Дослідження закономірностей формування якісних фізико-механічних і конструкторських параметрів деталей тришарошкових бурових доліт полягає у виборі та модернізації інженерних методик, які зводяться до вивчення методів підвищення якості таких доліт. При виборі раціональних технологічних маршрутів основною проблемою є вибір одного із множини варіантів технологічних операцій. При цьому кожен варіант E_i передбачає конкретний результат e_i . Ці результати мають допускати кількісну оцінку. Для спрощення, ці оцінки ототожнюються з конкретними результатами які позначені так само – e_i .

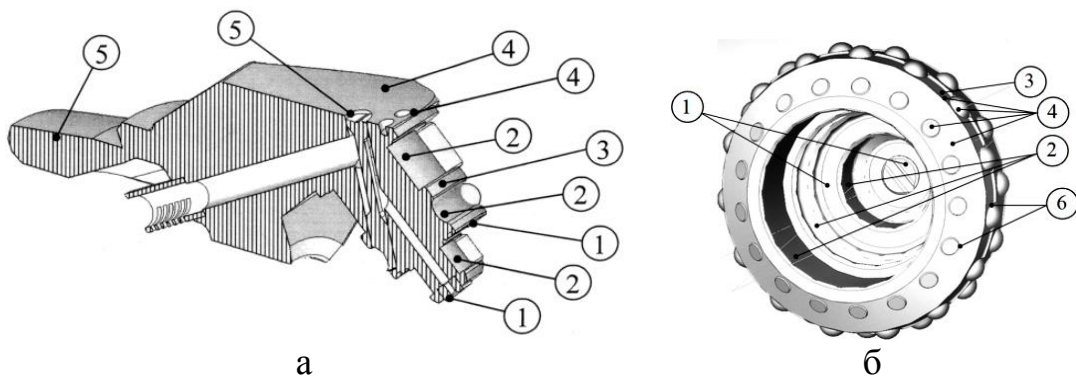


Рис. 1. Конструкції лапи (а) і шарошки (б) тришарошкового бурового долота з вставним твердосплавним породоруйнівним та захисним оснащенням: 1 – зносостійкість в умовах тертя ковзання і дії високих контактних температур; 2 – контактна витривалість і зносостійкість в умовах тертя кочення; 3 – стійкість до пластичної деформації та крихкого руйнування; 4 – зносостійкість в умовах дії гідро-абразивного, ударно-абразивного впливів; 5 – забезпечення доброї зварюваності; 6 – стійкість до випадання

Загалом, задача зводиться до пошуку такого варіанта, який дає найбільше оціночне значення результату ($\max_i e_i$). Оцінки ефективності технологічної операції характеризується узагальненим показником якості (конструкторські параметри, експлуатаційні показники, економічні показники).

Аналізом встановлено, що за умов використання високоточного металорізального обладнання з ЧПК для обточування циліндричних поверхонь фіксуються незначні похибки: Δ_e – похибка форми від геометричної неточності верстату; Δ_H – похибка налагодження системи ВПД на отримання заданого розміру; Δ_y – випадкова похибка від зміни величини деформації системи ВПД внаслідок зміни сил різання (рис. 2).

В основному значні похибки виникають при виборі різального інструмента,

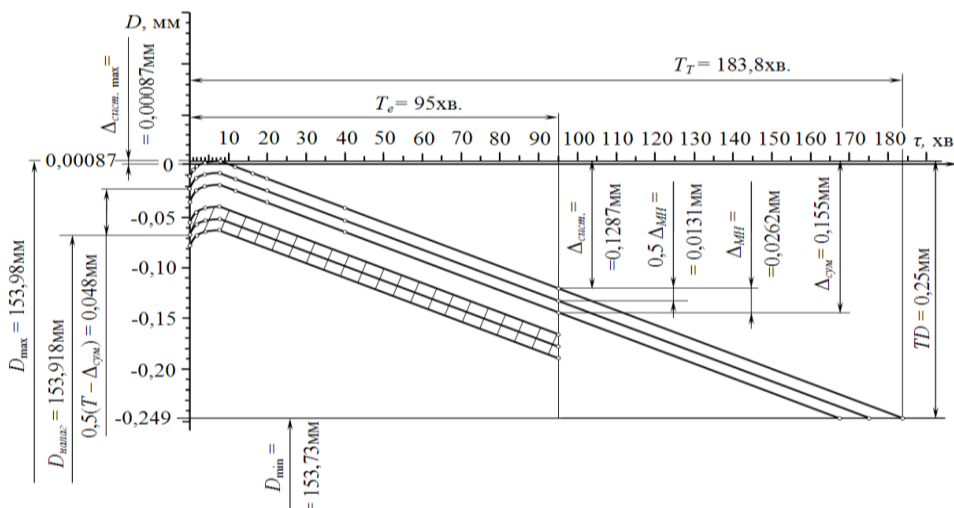


Рис. 2. Теоретична діаграма точності оброблення роликів бігової доріжки $\varnothing 153,73^{+0,25}$ шарошки бурового долота

до виникнення браку, в наслідок виникнення невірної радіальної сили різання ΔP_y , що підсилюється дією осової сили різання P_o (рис. 3). В наслідок чого відбуваються пружні деформації осі свердла та розбиття оброблюваного отвору.

В процесі розрахунків прийнято, що жорсткість шпинделя, патрона, заготовки і кондуктора набагато більша ніж жорсткість свердла, тому вібрації у цих елементах не враховані.

Радіальні переміщення свердла визначені із аналізу деформацій пружної системи, представлені на рис. 3. Розглянуто в першому наближенні статичні деформації свердла, а потім динамічні коливання свердла.

Твердість матеріалу заготовки змінна по всій довжині оброблюваного отвору в напрямку осі x :

$$HRC(x) = \frac{(HRC_{\max} - HRC_{\min}) \cdot (H - (x + C))}{H} + HRC_{\min}, \quad (6)$$

де HRC_{\max} – максимальна твердість поверхні оброблюваного отвору вздовж вісі x ; HRC_{\min} – мінімальна твердість поверхні оброблюваного отвору вздовж вісі x ; H – глибина отвору, мм; C – вільна частина свердла, мм.

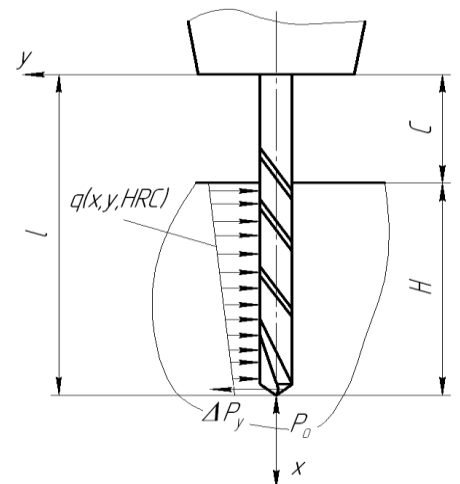


Рис. 3. Розрахункова схема для визначення статичної деформації свердла

Опір деформації поверхні отвору прямопропорційний твердості матеріалу та величині його деформації разом із свердлом:

$$q(HRC, y, x) = k_1 HRC(x) \cdot k_2 y, \quad (7)$$

де k_1 - коефіцієнт, який враховує вплив твердості матеріалу поверхні отвору на його опір деформації; k_2 - коефіцієнт, який враховує опір деформації матеріалу поверхні отвору, Н/мм².

В процесі експериментальних досліджень встановлено, що динамічні характеристики процесу свердління також мають вплив на величину розбиття отвору, тобто є доцільним дослідження поперечних коливань свердла. З цією метою виділено із свердла малий елемент довжиною dx (рис. 4), що обертається навколо вісі x із постійною кутовою частотою обертання ω . При цьому відбувається деформація свердла у площині xOy на величину $y(x, t)$. Площину xOy прийнято незмінно зв'язаною із площиною максимального прогину свердла.

На рис. 4 використано позначення із попереднього дослідження статичних деформацій свердла, а також позначено Q – перерізує зусилля у перерізі свердла

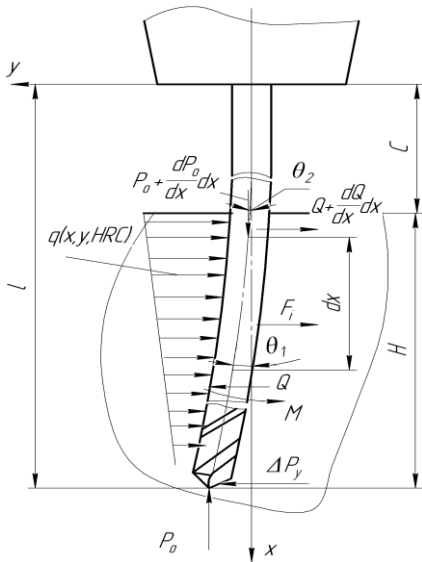


Рис. 4. Розрахункова схема для визначення коливань свердла в процесі свердління отвору

із координатою x , $Q + \frac{\partial Q}{\partial x} dx$ - перерізує зусилля із координатою $x-dx$, θ_1 – кут нахилу, який утворює з віссю Ox дотична до середньої лінії нормальних перерізів свердла з координатою x ; θ_2 – кут нахилу, який утворює з віссю Ox дотична до середньої лінії нормальних перерізів свердла з координатою $x-dx$; dF_i - сила інерції на виділеному елементі свердла. Згідно розрахункової схеми на рис. 4 диференціальне рівняння руху елемента свердла довжиною dx має вигляд:

$$\begin{aligned} -P_0 \sin \theta_1 - \frac{\partial Q}{\partial x} dx + \left(P_0 + \frac{\partial P_0}{\partial x} dx \right) \sin \theta_2 + \\ + \omega^2 y m(x) dx + \Delta P_y dx - \int_x^l q(HRC, y, x) dx dx = m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} dx, \end{aligned} \quad (8)$$

де $m(x)$ – погонна маса свердла вздовж вісі x , кг/мм; ∂t^2 – функція часу.

Враховуючи, що для малих коливань елемента

свердла $\frac{\partial y}{\partial x}$, θ_1 , θ_2 будуть також малими величинами, має місце співвідношення

$\sin \theta_1 = \frac{\partial y}{\partial x}$, $\sin \theta_2 = \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} dx$. На основі співвідношення у рівняння (8) після скорочення на dx , одержано:

$$-\frac{\partial Q}{\partial x} + P_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{\partial P_0}{\partial x} \frac{\partial y}{\partial x} + \omega^2 y m(x) + \Delta P_y - \int_x^l q(HRC, y, x) dx = m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}. \quad (9)$$

Зв'язок між перерізує зусиллям Q та згинальним моментом M для свердла, що піддається осьовому стиску визначено із залежності $Q = \frac{dM}{dx} - P_0 \frac{\partial y}{\partial x}$.

Після перетворень рівняння (9) одержано:

$$-\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{dM}{dx} - P_0 \frac{\partial y}{\partial x} \right) + P_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{\partial P_0}{\partial x} \frac{\partial y}{\partial x} + \omega^2 y m(x) + \Delta P_y - \int_x^l q(HRC, y, x) dx = m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}. \quad (10)$$

Враховуючи те, що $M = EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$, а також, що $P_0 = \text{const}$, після перетворень рівняння (10) одержано:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{EI}{m(x)} \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} - \frac{P_0}{m(x)} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \omega^2 y = \frac{\Delta P_y}{m(x)} - \frac{\int_x^l q(HRC, y, x) dx}{m(x)}. \quad (11)$$

Диференціальне рівняння (11) розв'язано поєднанням методів розділення змінних (метод Фур'є) та чисельного методу Рунге-Кутта із однорідними граничними умовами: $y(0, t) = 0$; $y(\mu l, t) = 0$, де μ - коефіцієнт довжини, що залежить від способу закріплення свердла, при цьому добуток μl - приведена довжина свердла. Для свердла із однією вільною стороною і однією закріпленою $\mu = 2$. Розв'язок рівняння (11) представлено у вигляді добутку

$$y(x, t) = X(x)T(t), \quad (12)$$

де $X(x)$ - функція тільки змінної x ; $T(t)$ - функція тільки змінної t .

Щоб функція (12) була розв'язком рівняння (11) рівність (13) повинна виконуватись для всіх значень незалежних змінних $0 < x < l$, $t > 0$.

$$\frac{T''(t)}{T(t)} = -\frac{EI}{m(x)} \frac{X^{IV}(x)}{X(x)} + \frac{P_0 X''(x)}{m(x)X(x)} + \omega^2 + \frac{\Delta P_y}{m(x)} - \frac{\int_x^l q(HRC, y, x) dx}{m(x)} = -\lambda, \quad (13)$$

де λ - константа розділення змінних.

Із співвідношень (13) після перетворень одержано диференціальні рівняння для визначення функцій $X(x)$ та $T(t)$:

$$T''(t) + \lambda T(t) = 0; \quad (14)$$

$$-EIX^{IV}(x) + P_0 X''(x) + \omega^2 m(x)X(x) - \int_x^l q(HRC, y, x) dx X(x) + \Delta P_y X(x) + \lambda m(x)X(x) = 0. \quad (15)$$

Враховуючи залежності (6) і (7), одержано:

$$\int_x^l q(HRC, y, x) dx = \frac{k_1 k_2 y}{2H} [-l(HRC_{\max}(-2H + l + 2C) - HRC_{\min}(l + c)) + x(HRC_{\max}(-2H + x + 2C) - HRC_{\min}(x + c))] \quad (16)$$

Розв'язок диференціального рівняння (15) проведено чисельним методом із наступними початковими умовами: при $x=0$, $X(x)=0$, $X(\mu l)=0$, $X' = 0$, $X'' = 0$.

Графіки функцій $X(x)$ і $y(x, t) = X(x)T(t)$ представлено на рис. 5-6.

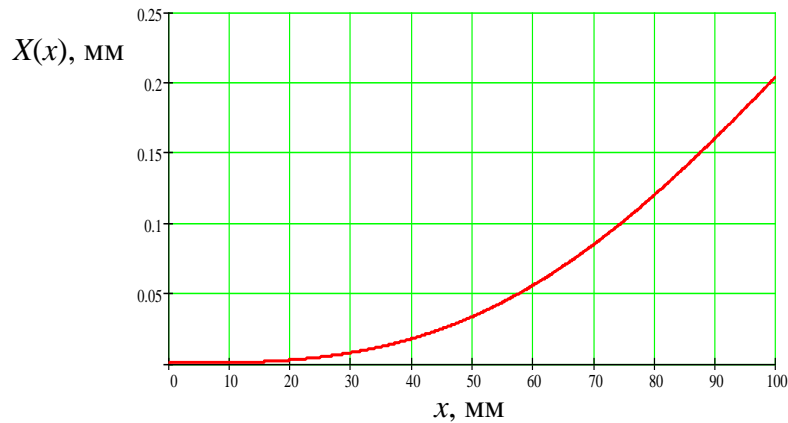


Рис. 5. Графіки залежності функції $X(x)$ для визначення величини розбиття отворів в процесі їх свердління сверлом діаметром 10 мм, $HRC_{\max} = 43$, $HRC_{\min} = 35$, $l=100$ мм в сталі $\Delta P_y=3H$

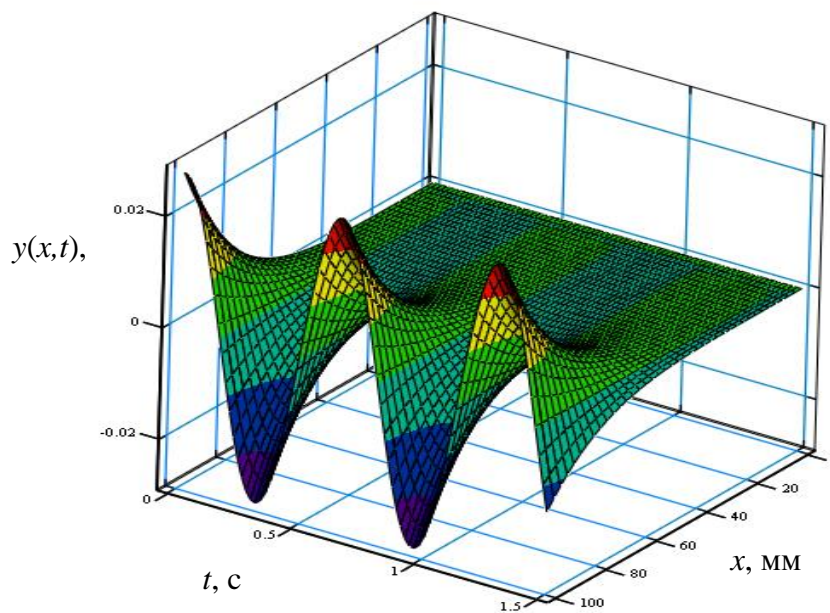


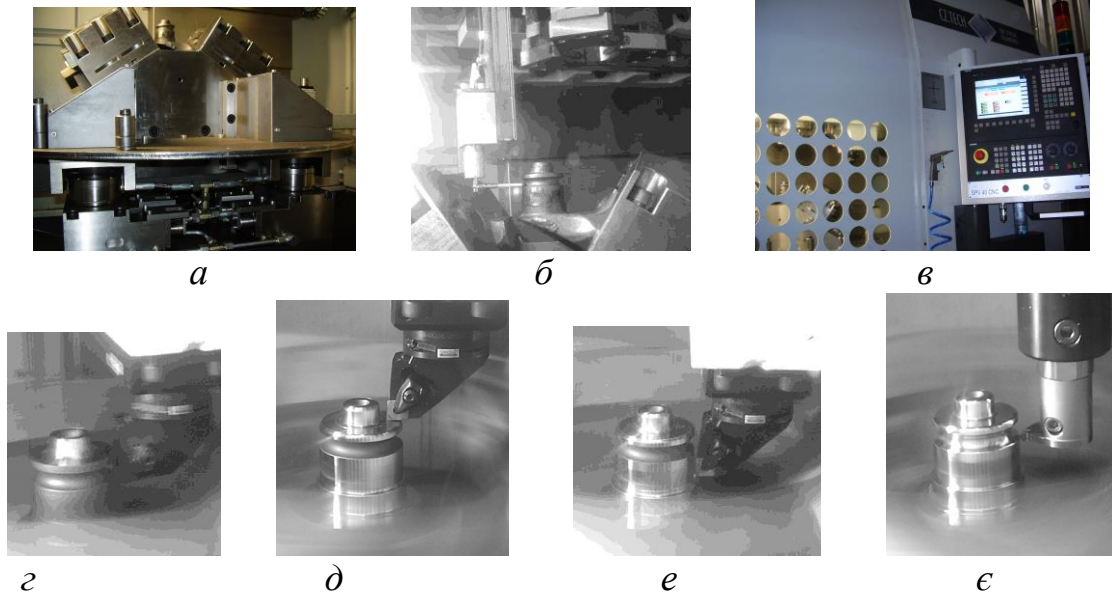
Рис. 6. Графік зміни деформації середньої лінії свердла та величини розбиття отвору в часі при свердлінні сверлом діаметром 10 мм, $HRC_{\max} = 43$, $HRC_{\min} = 35$, $l=100$ мм в сталі, $\Delta P_y=3H$

Третій розділ присвячено комплексній програмі та методикам проведення експериментальних досліджень для вирішення задач дисертаційної роботи.

Експериментальні дослідження та випробовування здійснювали на стандартних зразках, темплетях, деталях і готових тришарошкових бурових долотах. Застосовано сучасне лабораторне устаткування центральної заводської лабораторії та верстатний парк цехів ТОВ „УніБурТех”, а також випробувальної і дослідної станції цього підприємства.

Встановлено, що точність та стабільність отримання заданих конструкторських показників бігових доріжок цапфи лапи у єдиному процесі автоматизованого точіння повністю забезпечується на токарному верстаті „DANOBAT” з ЧПК. Функціональні можливості та технологічні показники верстата SPV 40 CNC забезпечують автоматизацію балансування верстатного пристрою та уможливають здійснювати автоматизоване оброблення цапфи лапи з одного установу й з високою точністю оцінювати геометричні параметри оброблених поверхонь (рис. 7).

Створені нові шляхи підвищення якісних показників цементованих цапф шарошок та лап тришарошкових бурових доліт апробовані в умовах реального виробництва і прийняті до подальшого вдосконалення якості й підвищення конкурентоздатності вітчизняних бурових доліт.



a – перший етап балансування верстатного пристрою із установленою лапою долота, *б* – встановлення нульової точки для технологічної бази та остаточне балансування пристрою, *в* – загальний вигляд інтерфейса верстата та запуск програми оброблення, *г* – перше точіння цапфи (різання великої опори ковзання), *д* – друге точіння цапфи (різання упорного торця), *е* – кінцеве точіння великої опори ковзання, *є* – точіння замкової кулькової бігової доріжки
Рис. 7. Основні етапи підготовки та реалізації механічного оброблення цапфи лапи бурового долота 215,9 FS3 UT275 на верстаті SPV 40 CNC

В четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень і обґрунтовано шляхи вдосконалення технології виготовлення бурових доліт, що мінімізує деформацію шарошок. З цією метою встановлено емпіричну залежність, що дозволяє прогнозувати величину утворення конусності великої бігової доріжки шарошок за концентрацією вуглецю (C) та прогартовуванням (II) долатної сталі:

$$\hat{K} = -0,045 + 0,011II + 0,229C. \quad (17)$$

За допомогою балансуєчого пристрою CX Balancer можна досягнути мінімальних відхилень у співвідношенні між елементами опори. Встановлено, що процес забезпечує сталість заданого значення шорсткості, яка у середньому (на 20 шт. у партії) рівна $R_a 0,25$ мкм при максимумі $R_a 0,32$ мкм. При цьому конусність поверхонь периферійної великої опори підшипника ковзання цапфи лапи також має сталі середні значення 0,01 мм при максимумі 0,02 мм.

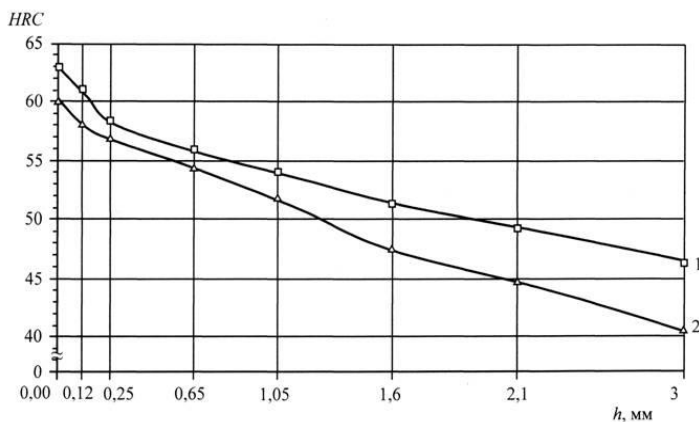
Для нових конструкцій опор доліт розроблено технологію та оптимальні параметри технологічних операцій свердління отворів в упорному торці шарошки на оброблювальному центрі MCV. Вирішено задачу оптимізації параметрів свердління отворів за критеріями стійкості різання. У результаті оптимальними прийнято параметри: частота обертання рівна 750 об/хв., а подача - 0,07 мм/об.

Встановлено вплив характеру розподілу твердості в тілах вінців шарошок доліт 244,5 ОК-ПГВ-D26 на величину розбиття отворів під вставні твердосплавні зубки, що дозволило визначати оптимальні вимоги до розподілу значень твердості по перерізу вінця шарошки, на глибину отворів під вставні зубки:

$$\Delta = 16,111 + 1,441x_1 + 0,889x_2 + 1,111x_3 + 1,333x_4, \quad (18)$$

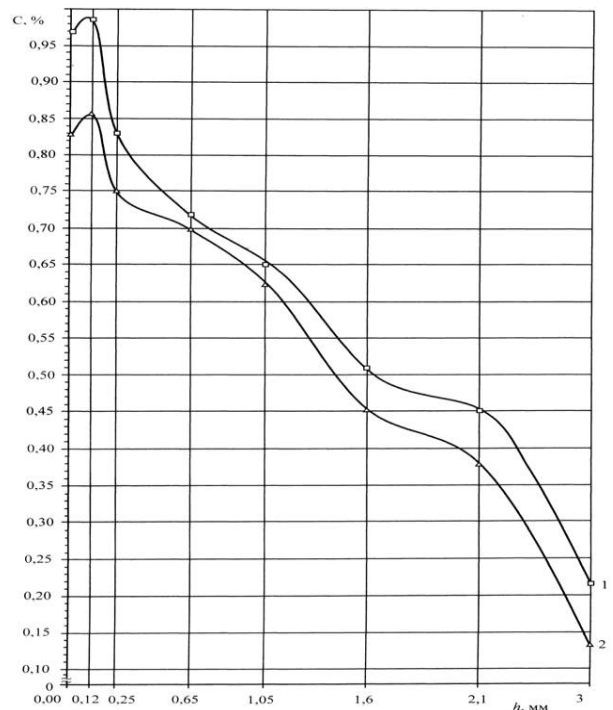
де x_1 – твердість на поверхні вінця шарошки; x_2 – твердість на глибині 2мм; x_3 – твердість на половині глибини отвору (5мм); x_4 – твердість у ділянці дна отвору (10мм).

Результатом є мінімальне значення розбиття отвору – 12мкм, який отриманий при плавному розподілі твердості від поверхні вінця у його глибину: HRC41,5 – поверхня вінця шарошки; HRC40,5 – на глибині вінця 2мм; HRC39,5 – на половині глибини отвору (5мм); HRC38 – в ділянці дна отвору (10мм). Встановлено, що значення твердості в ділянках від поверхні до половини глибини отвору (HRC42-41), порівняно із твердістю біля його дна (HRC38-37), позитивно впливають на центрування інструмента при різанні. Здійснено стандартний аналіз досліджуваних сталей на спеціально підготовлених темплетях шарошок за показниками розподілу твердості (рис. 8) та концентрації вуглецю (рис. 9) від поверхні в серцевину великої бігової доріжки.



1 – Сталь 20ХН3А, 2 – Сталь 14ХН3МА

Рис. 8. Розподіл твердості від поверхні в серцевину після цементації і гартування на великій біговій доріжці шарошки



1 – Сталь 20ХН3А, 2 – Сталь 14ХН3МА

Рис. 9. Пошарова концентрація вуглецю на великій біговій доріжці шарошок

П'ятий розділ присвячено розробці та апробації технології формування якості тришарошкових бурових доліт на усіх етапах.

Розроблено і апробовано в умовах долотного виробництва на ТОВ „УніБурТех” єдину інформаційну систему підтримки процесів проектування, підго-

товки виробництва і виготовлення тришарошкових бурових доліт за допомогою конструювання 3-D моделей.

Вдосконалено інженерну методику побудови оптимального технологічного маршруту, що відрізняється критеріями оптимальності варіанту технологічного процесу з позицій множини конструкторських, технологічних, функціонально-експлуатаційних, економічних показників якості технологічних операцій.

Зокрема, долота продуктової лінії FS (однієї з найскладніших конструкцій серед існуючих) виготовлені на ТОВ „УніБурТех” за експериментальною технологією показують збільшення проходу в середньому у 5,6 разів порівняно із серійними. Отриманий сумарний економічний ефект від впровадження розробок дисертаційного дослідження становить 2,958 млн. грн. у 2014 році.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У дисертаційній роботі на основі проведеного аналізу рівня техніки і технології виготовлення тришарошкових бурових доліт, а також встановленого взаємозв'язку між якісними та експлуатаційними показниками доліт й параметрами технологічних процесів, теоретично обґрунтовано та розв'язано науково-технічну задачу з підвищення ефективності технології виготовлення таких доліт з метою покращення їхньої якості.

2. Теоретично і експериментально обґрунтовано розроблені шляхи у вдосконаленні технології виготовлення бурових доліт, що мінімізує деформацію шарошок та лап. З цією метою встановлено емпіричну залежність, що дозволяє прогнозувати величину утворення конусності великої бігової доріжки шарошок за концентрацією вуглецю та прогартовуванням долотної сталі. Обґрунтовано, що різниця між твердістю на відстані від торця 6,5мм та на відстані від торця 30мм не повинна перевищувати HRC10. Заготовки під шарошки рекомендується кувати при їхньому нагріві до 1100°C і завершувати процес при температурах нижче температур рекристалізації аустенітного зерна. Заготовки піддають нормалізації і високому відпуску. При виявленні схильності плавки долотної сталі до виникнення деформацій шарошок слід заготовки після чорнового точіння піддавати рекристалізаційному відпалу, або високому відпуску.

3. Для підвищення контактної довговічності опор доліт встановлено критерій, що визначає параметри ефективного загартованого цементованого шару за значенням твердості. Зміцнення повинно забезпечувати плавний розподіл значень твердості та концентрації вуглецю від поверхні (HRC60-63 та 0,95-1,1%С) до серцевини бігових доріжок. При цьому в ділянці ефективного цементованого шару, на глибині 1,6-2,2мм, значення твердості та концентрації вуглецю повинні дорівнювати HRC51,5 та 0,45-0,55%С відповідно. З метою підвищення стійкості розробленої опори до утворення люфтів обґрунтовано застосування обкочування опорних поверхонь цапф лап до ХТО. Розроблена технологія дає на 20% вищу стійкість до заклинювання.

4. Експериментально встановлено, що задані конструкторські показники опорних поверхонь для цапфи лапи повністю забезпечується на токарному верстаті моделі TV фірми „DANOBAT”, а для шарошки на VSC фірми „EMAG”. Такі верстати дозволяють застосувати технологію виконання всього механічного оброблення з

одного установу у єдиному процесі автоматизованого точіння. Тим не менше, суттєво підвищити точність механічного оброблення можна застосовуючи балансуєчий пристрій CX Balancer. На прикладі автоматизованого точіння цапф лап на верстаті SPV 40 CNC, показано можливості отримання вищої якості конструкторських параметрів оброблених поверхонь проти отриманих на верстаті TV650/4.

5. Для нових конструкцій опор доліт розроблено технологію та оптимальні параметри технологічних операцій свердління отворів в упорному торці шарошки на оброблювальному центрі MCV. Вирішено задачу оптимізації параметрів свердління отворів за критеріями стійкості різання. Це усунуло виникнення браку та поломки інструменту через людський чинник, забезпечило точність та скоротило час на операцію.

6. З метою спрощення та підвищення технологічності конструкції отворів під вставне твердосплавне породоруйнівне оснащення розроблено конструкцію, у якій реалізовано ідею підвищення якості кріплення зубка в шарошці за рахунок введення втулки. При цьому усунуто брак через руйнування тіл зубків при їхньому пресуванні. Конструкція отвору під посадку спростилася, відпала необхідність у проведенні високоточної операції підбору дна та розвертання, що суттєво зменшило затрати на інструмент та виготовлення доліт.

7. Встановлено вплив характеру розподілу твердості в тілах вінців шарошок доліт 244,5 ОК-ПГВ-D26 на величину розбиття отворів під вставні твердосплавні зубки. Встановлена математична модель, що дозволяє визначати оптимальні вимоги до розподілу значень твердості по перерізу вінця шарошки (від поверхні у серцевину) на глибину отворів під вставні зубки. Деякі вищі значення твердості в ділянках від поверхні до половини глибини отвору (HRC42-41), порівняно із твердістю біля його дна (HRC38-37), позитивно впливають на центрування інструмента при різанні.

8. Розроблено і апробовано в умовах долотного виробництва на ТОВ „УніБурТех” єдину інформаційну систему підтримки процесів проектування, підготовки виробництва і виготовлення тришарошкових бурових доліт. Система ґрунтується на застосуванні інформаційних інтегрованих систем та CALS-технологій і процесності та функціонує відповідно до розробленої структури. Тут ключовим моментом є вдосконалена інженерна методика побудови оптимального технологічного маршруту, що відрізняється критеріями оптимальності варіанту технологічного процесу з позицій множини конструкторських, технологічних, функціонально-експлуатаційних, економічних показників якості технологічних операцій. Такими критеріями є мінімальний шлях в дереві графу технологічних маршрутів та умова максимального забезпечення показників якості за умов мінімального шляху в цьому ж дереві графу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Яким І. С. Технологічне забезпечення якості механічного оброблення опорних поверхонь шарошок тришарошкових бурових доліт / І.С. Яким // 11-тий

міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: 15-17 травня 2013 р.: тези доп. – Львів, 2013. – С. 174 – 175.

2. Яким І. С. Вдосконалення технології створення сучасних тришарошкових бурових доліт / І.С. Яким // 12-тий міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: 28-29 травня 2015 р.: тези доп. – Львів, 2015. – С. 128 – 129.

3. Яким І. 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. *(Автору належить обґрунтування нових підходів до вдосконалення та розробки технологічних процесів автоматизованого виготовлення деталей бурових доліт).*

4. Яким І. С. Формування якості та експлуатаційних показників тришарошкових бурових доліт на усіх етапах їх створення / Р.С. Яким, Ю.Д. Петрина, І.С. Яким // Прогресивні технології і системи машинобудування: міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – Вип. 42. – С. 309 – 314. *(опублікована за матеріалами XVIII міжнародної науково-технічної конференції „Машиностроение и техносфера XXI века” (Севастополь 12-17 вересня 2011 р.) (Автору належить 3-D моделі механічного оброблення та апробація принципів поєднання всіх стадій створення доліт в єдиній інформаційній системі).*

5. Яким І. С. Процесний підхід до формування якості тришарошкових бурових доліт на етапах їх життєвого циклу / Р.С. Яким, Ю.Д. Петрина, І.С. Яким // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2011. – № 713. – С. 202-206. *(опублікована за матеріалами всеукраїнської науково-технічної конференції „Прогресивні технології в машинобудуванні” (Львів 23-27 січня 2012 р.)) (Автору належить запропонований критерій для визнання ефективності операції з позиції конструкторсько-технологічних, функціонально-експлуатаційних та економічних показників якості).*

6. Яким І. С. Забезпечення якості тришарошкових бурових доліт на етапах їх життєвого циклу / Р.С. Яким, Ю.Д. Петрина, І.С. Яким // Прогресивні технології і системи машинобудування: міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – Вип. 1,2 (43). – С. 338 – 342. *(Автору належать модель петлі якості долота та дані експериментальних випробовувань).*

7. Яким І. С. Технологічне забезпечення якості механічного оброблення цапф лап тришарошкових бурових доліт / Р.С. Яким, Ю.Д. Петрина, І.С. Яким // Вісник Севастопольського національного технічного університету: Машиноприладобудування та транспорт: зб. наукових праць. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2012. – Вип. 129. – С. 278 – 283. *(Автору належать дані експериментальних випробовувань та профілограми шорсткості оброблених бігових доріжок цапф лап).*

8. Яким І.С. Технологічне забезпечення якості механічного оброблення опорних поверхонь шарошок тришарошкових бурових доліт / Р.С.Яким, Ю.Д.Петрина, І.С.Яким // Вісник Севастопольського національного технічного університету: Машиноприладобудування та транспорт: зб. наукових праць. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2013. – Вип. 140. – С. 211 – 215. *(збірник включено у наукометричні бази: НБ України ім. В.І.Вернадського; Російського індексу*

наукового цитування РІНЦ; Серійних видань Ulrich's Periodicals Directory (видавництво Bowker, США), реферативного журналу ВІНІТІ РАН) (Автору належать дані експериментальних випробовувань та профілограми шорсткості оброблених бігових доріжок шарошок).

9. Яким І. С. Забезпечення якісних конструкторських показників цементованих шарошок тришарошкових бурових доліт вдосконаленням технології їх виготовлення / Р.С. Яким, Ю.Д. Петрина, І.С. Яким // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2014. – № 1 (50). – С. 33 – 43. (Автору належать дані випробовувань та модель впливу прогартування та вмісту вуглецю в серцевині шарошки на конусність ВБД шарошок після ХТО).

10. Яким І. С. Забезпечення якісних конструкторських показників цементованих цапф лап тришарошкових бурових доліт на етапах підготовки їх виготовлення / Р.С. Яким, Ю.Д. Петрина, І.С. Яким // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2015. – № 3 (56). – С. 27 – 37. (Автору належать дані експериментальних випробовувань).

11. Яким І. С. Контактна довговічність бігових доріжок цапф тришарошкових бурових доліт / Ю.Д. Петрина, І.С. Яким, Н.В. Крет, Ю.М. Никифорчин // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2015. – № 3. – С. 117 – 120. (Springer Science + Business Media, Inc) (Автору належить встановлений критерій що визначає параметри ефективного загартованого цементованого шару за значенням твердості).

12. Яким І. С. Прогресивні підходи у вдосконаленні технології виготовлення тришарошкових бурових доліт / Р.С.Яким, Ю.Д.Петрина, І.С.Яким // Машинознавство. – 2013. – №9-10 (195-196). – С. 62 – 67. (Автору належить дані аналізу фізико-механічних і технологічних показників долотних сталей).

13. Яким І. С. Підвищення якісних показників тришарошкових бурових доліт з герметизованими опорами ковзання, вдосконаленням технології їх створення / Р.С.Яким, Ю.Д.Петрина, І.С.Яким // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. – № 2 (47). – С. 30 – 41. (Автору належать структури єдиної інформаційної системи підтримки процесів проектування і виготовлення тришарошкових бурових доліт, ідея вдосконалення інженерної методики побудови оптимального технологічного маршруту виготовлення доліт).

14. Яким І. 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. (Автору належить ідея підвищення технологічності отворів під вставне породоруйнівне оснащення).

15. Яким І. 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. (<http://ptr2.esy.es>) (Автору належить встановлений характер впливу розподілу твердості в тілі вінців шарошок доліт 244,5ОК-ПГВ-D26 на величину розбивки отворів під вставні твердосплавні зубки).

16. Yakym I. S. Technological guarantee of quality of mechanical treatment of three-cone rock bit arm pins / R. S. Yakym, I. S. Yakym, H. O. Hrytsyk // Актуальні проблеми сучасної науки: I-а науково-практична конференція викладачів та студентів Інституту фізики, математики, економіки та інноваційних технологій: 16 травня 2014 р.: тези доп. – Дрогобич: Видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2014. – С. 111-113. *(Автору належать дані експериментальних випробовувань та профілограми шорсткості оброблених бігових доріжок цапф лоп)*.

17. Яким І. С. Працездатність полімерного сепаратора опор кочення тришарошкових бурових доліт / Р. Яким, Ю. Петрина, І. Яким, Ю. Павловський // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: матеріали міжнародної науково-технічної конференції: 19 - 21 травня 2010 р.: тези доп. – Тернопіль: ТНТУ, 2010. – С. 114 – 115. *(Автору належать результати стендових випробовувань)*.

18. Яким І. С. Прогресивні підходи у вдосконаленні технології виготовлення тришарошкових бурових доліт / Р. С. Яким, Ю. Д. Петрина, І. С. Яким // 11-тий міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: 15-17 травня 2013 р.: тези доп. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2013. – С. 175 – 176. *(Автору належать експериментальні дані та сформульовані вимоги до параметрів вхідного контролю плавок долотних сталей)*.

19. Increase of contact durability of three – cone rock bit bearings by technological methods / Roman Yakym, Yuriy Petryna, Ihor Yakym, Halyna Hrytsyk // Laser technologies. Lasers and their application: materials of International Scientific & Technical Conference: 25-27 червня 2013 р.: тези доп. – Drohobych: Drohobych State Pedagogical University named after I. Franko, 2013. – P. 70 – 71. *(Автору належить результати експериментів з обкочування цапф лоп зі сталі 22ХГНМА-В)*.

20. Яким І. С. Підвищення якості виготовлення опор тришарошкових бурових доліт призначених для буріння особливо міцних порід / Р.С. Яким, Ю.Д. Петрина, І.С. Яким // Нові матеріали і технології в машинобудуванні: матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції: 21 -22 травня 2015 р.: тези доп. – Київ: НТУУ „КПІ”, 2015. – С. 154-155. *(Автору належать дані експериментального аналізу твердості зразків)*.

21. Yakym I. S. Microstructure peculiarities of three-cone rock bit carburized components / R. S. Yakym, H. O. Hrytsyk, I. S. Yakym, M. S. Mykhailyshyn // Актуальні проблеми сучасної науки: збірник другої науково-практичної конференції викладачів та студентів інституту фізики, математики, економіки та інноваційних технологій. – Дрогобич : Видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені І. Франка, 2015. – С. 104-106. *(Автору належить аналіз мікроструктури долотної сталі)*.

22. Яким І. С. Забезпечення якості тришарошкових бурових доліт на основних етапах їх життєвого циклу / Р.С. Яким, Ю.Д. Петрина, І.С. Яким // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій: тези доповідей 3-ї Міжнародної науково-технічної конференції: 7-9 листопада 2012 р.: тези доп. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2012. – С. 170 – 171. *(Автору*

належить ідея застосування інформаційних інтегрованих систем та CALS-технологій і процесності виготовлення доліт).

23. Яким І. С. Конструкторсько-технологічне забезпечення якості тришарошкових бурових доліт / Р. Яким, Ю. Петрина, І. Яким // *Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: матеріали міжнародної науково-технічної конференції: 19 - 21 травня 2010 р.: тези доп.* – Тернопіль: ТНТУ, 2010. – С. 245 – 246. *(Автору належить ідея проектування ефективних технологічних процесів на основі вдосконалення базових техпроцесів, які є традиційними в долотобудуванні).*

24. Яким І. С. Критерії підвищення якості тришарошкових бурових доліт, які застосовують для буріння особливо міцних порід / Р. Яким, Ю. Петрина, І. Яким // *12-тий міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: праці: 28 - 29 травня 2015 р.: тези доп.* – Львів: КІНПАТРІ ЛТД, 2015. – С. 127 – 128. *(Автору належать запропонований критерій для формулювання вимог щодо якості всіх засобів і заходів на всіх етапах створення бурових доліт).*

25. Яким І. С. Підвищення довговічності фрезерованого сталевого породоруйнівного оснащення тришарошкових бурових доліт / Р. Яким, Ю. Петрина, І. Яким // *10-тий міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: праці: 25-27 травня 2011 р.: тези доп.* – Львів: КІНПАТРІ ЛТД, 2011. – С. 79 – 80. *(Автору належать необхідні вимоги до технології виготовлення кованок під шарошки).*

26. Яким І. С. Сучасні підходи у вдосконаленні технології виготовлення тришарошкових бурових доліт / Р.С. Яким, Ю.Д. Петрина, І.С. Яким // *Нові матеріали і технології в машинобудуванні - 2013: праці V-ї міжнародної науково-технічної конференції: 28-29 травня 2013 р.: тези доп.* – Київ: НТУУ „КПІ”, 2013. – С. 121 – 122. *(Автору належать сформульовані вимоги до технології виготовлення кованок під шарошки).*

27. Яким І. С. Обґрунтування параметрів патрона для нарізання різи / Р.В. Комар, Т.С. Дубиняк, І.С. Яким, М.І. Марчук // *Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарські машини ім. П. Василенка.* – Харків, 2016. – Вип. 168. – С. 80-84. *(Автору належать ідея конструкції експериментального патрона).*

28. Пат. 99363 Україна, МПК Е 21 В 10/22 (2006.01), F 16 С 17/02 (2006.01) Опора бурового шарошкового долота / Яким Р.С., Петрина Ю.Д., Яким І.С.; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а 2010 14066; заявл. 25.11.10; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15. *(Автору належить ідея виконання упорного торця для стабілізації роботи опори в осьовому напрямку).*

29. Пат. 99530 Україна, МПК Е 21 В 10/22 (2006.01) F16C 17/02 (2006.01) Опора бурового шарошкового долота / Яким Р.С., Петрина Ю.Д., Яким І.С.; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а 2010 15702; заявл. 27.12.10; опубл. 27.08.12, Бюл. № 16. *(Автору належить ідея розташування антифрикційних вставок в упорному торці шарошки).*

30. Пат. 99966 С2 Україна, МПК Е21В 10/16 (2006.01) Зубок шарошки бурового долота / Яким Р.С., Петрина Ю.Д., Яким І.С.; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а 201015147; заявл. 16.12.10; опубл. 25.10.12, Бюл. № 20. (*Автору належить ідея підвищення якості кріплення зубка в шарошці за рахунок введення втулки*).

31. Пат. 71977 Україна, МПК Е 21 В 10/22 (2006.01) Бурове шарошкове долото / Яким Р.С., Петрина Ю.Д., Яким І.С.; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № u 2010 05441; заявл. 05.05.10; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15. (*Автору належить ідея виконання сепаратора з композиційного зносостійкого матеріалу*).

АНОТАЦІЯ

Яким І. С. Підвищення якості виготовлення тришарошкових бурових доліт. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2016.

Дисертаційна робота присвячена встановленню технологічних і організаційних шляхів підвищення якості тришарошкових бурових доліт на етапах їхнього життєвого циклу.

Встановлені емпіричні залежності, які дозволяють прогнозувати величину деформації опорних поверхонь шарошок та цапф лап, а також критерій визначення параметрів ефективного загартованого цементованого шару, що загалом підвищує якість виконання механічного оброблення елементів опор доліт. Встановлені оптимальні параметри забезпечення якості на етапах підготовки та реалізації технологічних процесів заводського вхідного контролю долотних сталей, кування заготовок, автоматизованого механічного оброблення деталей доліт, формоутворення отворів у шарошках під вставне породоруйнівне оснащення. Встановлено параметри і структуру єдиної інформаційної системи підтримки процесів проектування, підготовки виробництва й виготовлення тришарошкових бурових доліт, що ґрунтується на застосуванні інформаційних інтегрованих систем та CALS-технологій і процесності та вдосконаленої інженерної методики побудови оптимального технологічного маршруту. Здійснено експлуатаційні випробовування дослідних партій доліт, виготовлених за розробленою технологією, показали збільшення проходу на долото в середньому у 5,6 разів порівняно із серійними.

Ключові слова: тришарошкове бурове долото, шарошка, лапа, опора, вставне породоруйнівне оснащення, механічне оброблення.

АННОТАЦИЯ

Яким И. С. Повышение качества изготовления трехшарошечных буровых долот. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. – Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, Тернополь, 2016.

Диссертацию посвящено установлению технологических и организационных путей повышения качества трехшарошечных буровых долот на этапах их жизненного цикла. С этой целью дальнейшее развитие получили научно-практические основы совершенствования процессов комплексного решения проектных и конструкторско-технологических задач для качественного изготовления трехшарошечных буровых долот.

Установлены эмпирические зависимости, которые позволяют прогнозировать величину деформации опорных поверхностей шарошек и цапф лап, а также критерий определения параметров эффективного закаленного цементированного шара, что в целом открывает возможности повышения качества выполнения механической обработки элементов опор долот. Установлены оптимальные параметры обеспечения качества на этапах подготовки и реализации технологических процессов заводского входного контроля долотных сталей,ковки заготовок, автоматизированной механической обработки деталей долот, формирования отверстий в шарошках под вставное породоразрушающее вооружение. Установлены параметры и структура единой информационной системы поддержки процессов проектирования, подготовки производства и изготовления трехшарошечных буровых долот, в основе которой использованы информационные интегрированные системы, CALS-технологии и процессности, а также усовершенствованная инженерная методика построения оптимального технологического маршрута.

На основе данных эксплуатационные испытания экспериментальных партий долот, установлено, что на данном этапе модернизации и совершенствования технологии изготовления долот эффективно использование разработанной технологии обеспечения качества конструкторских показателей при термическом упрочнении и совершенствованной технологии механической обработки деталей долот, а также разработанного способа селективной сборки секций долот. Осуществлены эксплуатационные испытания экспериментальных партий долот продуктовой линии FS (одной из наисложнейших конструкций среди существующих), изготовленных на ТОВ „УниБурТех” за разработанной технологией, показали повышение проходки на долото в среднем в 5,6 раз по сравнению с серийными долотами.

Ключевые слова: трехшарошечное буровое долото, шарошка, лапа, опора, вставное породоразрушающее вооружение, механическая обработка.

ANNOTATION

Yakym I.S. Increase of quality of manufacturing of three-cone rock bits. – Manuscript.

The dissertation on competition Candidate of Technical Sciences in specialty 05.02.08 – Mechanical Engineering. – Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2016.

The thesis is dedicated to technological and organizational ways for increasing the quality of three-cone rock bits at the stage of the working sequence.

The empirical regression equations which allow to estimate the size of surface bearing deflection of a cone and an arm and also criteria of determining the properties of effective hardening slurry wall have been studied, the results of the analysis generally

make possible to increase the quality of conducting mechanical operation on some elements of rock bit bearings. The optimal characteristics of quality during preparation and conducting of technological processes of factory control over drilling bit steel, forging work-pieces, automated mechanical operation of drilling bit work-pieces, shaping cone apertures in accordance with insert rock-destroying equipment have been defined. The parameters and structure of the information system for engineering support, preparation in the manufacture and production of three-cone rock bits which are based on using information integrating systems, CALS technologies and advanced engineering methods for planning an optimal technological route. The maintenance tests on the lots of rock bits, which were produced according to the developed technology, have been conducted, it has been proved that the working sequence of rock bits is 5.6 times as long as the working cycle of serial ones.

Key words: three-cone rock bit, cone, arm, bearing, insert rock-destroying equipment, mechanical operation.