

ВІДГУК

**Офіційного опонента на дисертаційну роботу Якима І.С.
“Підвищення якості виготовлення тришарошкових бурових доліт”,
представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування**

1. Актуальність роботи, її зв'язок із науковими програмами, планами та темами

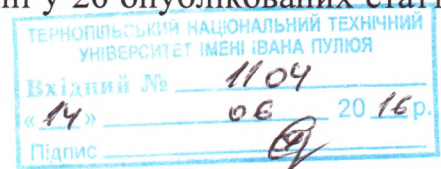
Відповідно до державної політики України у сфері розвитку внутрішнього виробництва, необхідне зростання ефективності використання діючих виробничих потужностей та підвищення їхнього технологічного рівня. Вагоме та стратегічне місце у реалізації даної політики посідає виконання завдання зі збільшення 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.

Дослідження, що складають основи дисертаційної роботи, виконані відповідно до наукової тематики кафедри технології нафтогазового машинобудування ІФНТУНГ і базується на результатах держбюджетної теми: «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).

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх вірогідність та новизна

Обґрунтування наукових положень дисертаційної роботи Якима І.С. обумовлено тим, що завдання, поставлені у роботі, вирішувались за допомогою сучасних методів з використанням математичного моделювання, положень теоретичної механіки, методів диференціального числення, теорії ймовірності та математичної статистики. Експериментальні дослідження проведені з використанням як загальноприйнятих, так і розроблених методик й обладнання, методик планування багатофакторного експерименту.

Основні положення виконаних теоретичних і експериментальних досліджень роботи доповідались й представлялись на міжнародних науково-практичних конференціях, форумах і відображені у 26 опублікованих статтях



фахових видань з них 2 одноосібні, а також 4 патенти України на корисні моделі.

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 оптимальні параметри технологічних операцій свердління отворів в упорному торці шарошки на оброблювальному центрі MCV, проведено оптимізацію параметрів свердління отворів за критеріями стійкості різання;

- 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. Дещо 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;

- встановлено параметри і структуру єдиної інформаційної системи підтримки процесів проектування, підготовки виробництва й виготовлення тришарошкових бурових доліт, що відрізняється застосуванні інформаційних інтегрованих систем та CALS-технологій і процесності та вдосконаленої інженерної методики побудови раціонального технологічного маршруту.

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 твердосплавне 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”, „Обладнання паливно-енергетичного комплексу і технологія його виготовлення”, а також для виконання курсових та інших кваліфікаційних студентських робіт в ІФНТУНГ.

У **першому** висновку 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.

У **другому** висновку 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.

У **третьому** висновку 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%C) 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%C відповідно. Також розроблено і запатентовано нову конструкцію опори для бурового долота (пат. 71977). 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.

У **четвертому** висновку 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.

У **п'ятому** висновку для забезпечення якості шарошок бурових доліт, на вхідному заводському контролі плавки сталі повинні показувати вміст: P (до 0,005%), S (до 0,010%), Ca (до 0,02%), Al (до 0,01%), V (до 0,05%), W (до 0,20%), Ti (до 0,05%), Cu (до 0,25%). Контроль долотної сталі повинен додатково здійснюватися по прогартовуванню, і на предмет утворення тріщин при гарячому осадженні циліндричного зразка. ХТО повинно забезпечувати плавні градієнти концентрації вуглецю, твердості, а також дрібнозернисту мартенситну мікроструктуру цементованого шару з рівномірно розподіленими карбідами величиною не більше 1-2 балів. На етапі проектування фасованого прокату необхідно враховувати величину усадки при куванні заготовки.

У **шостих** висновках для нових конструкцій опор (пат. 99363, пат. 99530) 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.

У **сьомому** висновку з метою спрощення та підвищення технологічності конструкції отворів під вставне твердосплавне породоруйнівне оснащення розроблено конструкцію (пат. 99966), 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 розвірчування, що суттєво зменшило затрати на інструмент та виготовлення доліт.

У **восьмих** висновках встановлено вплив характеру розподілу твердості в тілах вінців шарошок доліт 244,5 ОК-ПГВ-D26 на величину розбивки 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. Дещо 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.

У **дев'ятих** висновках 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. Найбільш відповідальними у підвищенні якості тришарошкових бурових доліт є довиробничий та виробничий етапи їхнього життєвого циклу, що вимагає вирішення комплексу взаємопов'язаних конструкторсько-технологічних задач з

проектування та підготовки технологічних процесів виготовлення заготовок, їхнього механічного оброблення та зміцнення, а також складальних операцій. 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.

3. Повнота викладу основних результатів у наукових фахових виданнях

Результати наукових досліджень викладено у 30 друкованих працях, з яких одна монографія, 12 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, 2 науково-практичних конференціях.

Зокрема у фахових виданнях автором висвітлені: обґрунтування нових підходів до вдосконалення та розробки технологічних процесів автоматизованого виготовлення деталей бурових доліт; 3-D моделі механічного оброблення та апробація принципів поєднання всіх стадій створення доліт в єдиній інформаційній системі; запропонований критерій для визнання ефективності операції з позиції конструкторсько-технологічних, функціонально-експлуатаційних та економічних показників якості; модель петлі якості долота та дані експериментальних випробовувань; дані експериментальних випробовувань та профілограми шорсткості оброблених бігових доріжок цапф лап; дані експериментальних випробовувань та модель впливу прогартування та вмісту вуглецю в серцевині шарошки на середнє значення конусності ВБД шарошок після ХТО; належать результати стендових випробовувань.

4. Значущість дисертації для науки та практики

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 твердосплавне оснащення впроваджені на ТОВ „УніБурТех”.

5. Оцінка змісту дисертації, її завершеність

Дисертаційна робота Якіма І.С. складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел із 107 найменувань та 14 додатків. Повний обсяг роботи становить 186 сторінок комп'ютерного набору, включаючи 72 рисунки, 46 таблиць.

В першому розділі аналізується сучасний рівень техніки і технології виготовлення тришарошкових бурових доліт, тенденції й перспективи досягнення високої їхньої якості. Аналізом відпрацьованих тришарошкових бурових доліт встановлено найбільш типові причини втрати працездатності доліт. На основі аналізу наукових праць та вивчення сучасного рівня технології виготовлення тришарошкових бурових доліт встановлено, що вітчизняне долотне виробництво не завжди забезпечує сталі експлуатаційні показники доліт в порівнянні 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. Відсутні дані про взаємозв'язок між фізико-механічними та технологічними показниками долотних сталей, параметрами технологічних процесів виготовлення та якісними конструкторськими показниками елементів деталей доліт.

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

В другому розділі проведено теоретичні дослідження технологічних процесів виготовлення тришарошкових бурових доліт на етапах технологічної підготовки їх виготовлення.

Для формулювання задач перед проєктуванням 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.2.1), виділені вимоги, які формують основні задачі вибору відповідних матеріалів, пошуку та встановлення найбільш оптимальних конструкторських параметрів елементів деталей, а також застосування ефективних технологічних операцій при їх виготовленні.

Вибір різального інструмента, ефективність якого залежить від зносостійкості та конструкційної відповідності до оброблюваної поверхні, визначає величину систематичної похибки ($\Delta_{\text{сист.}}$).

Надлишкове розбиття отворів в процесі їх свердління на вертикально-свердлильному верстаті призводить до виникнення браку, в наслідок виникнення невірноваженої радіальної сили різання ΔP_y , що підсилюється дією осьової сили різання P_o . В наслідок чого відбуваються пружні деформації осі свердла та розбиття оброблюваного отвору.

У третьому розділі розглядається комплексна програма та методика проведення експериментальних досліджень для вирішення задач дисертаційної роботи.

Методами вирішення задач дисертаційної роботи є експериментальне дослідження впливу конструкторсько-технологічних параметрів тришарошкових бурових доліт на усіх стадіях їхнього створення. Передумовою проведення досліджень стали результати аналізу досвіду проектування, конструювання, виготовлення, випробовування та експлуатації таких доліт.

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 випробовувальної і дослідної станції цього підприємства.

Забезпечення якості відповідальних елементів деталей бурових доліт на основних етапах технологічного процесу їхнього виготовлення здійснюється комплексним вирішенням проектних, конструкторсько-технологічних задач.

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

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 вважаються наступні значення параметрів: частота обертання рівна 750об/хв., а подача 0,07мм/об. Це дозволило запобігти виникненню браку та поломки інструменту через недосконалість технології, забезпечити точність та скоротити час на операцію, а отже підвищити ефективність виробництва.

Розроблено конструкцію долота (пат. 99966), у якій реалізовано ідею підвищення якості кріплення зубка в шарошці за рахунок введення втулки

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

Розроблено і апробовано в умовах долотного виробництва на ТОВ „УніБурТех” єдину інформаційну систему підтримки процесів проектування, підготовки виробництва і виготовлення тришарошкових бурових доліт за допомогою використання 3-D моделювання (рис. 8-9).

Найбільш відповідальними у підвищенні якості тришарошкових бурових доліт є довиробничий та виробничий етапи їхнього життєвого циклу, що вимагає чіткого дотримання взаємопов'язаних структурних рівнів.

6. Ідентичність змісту автореферату і головних положень дисертації

Повнота викладу основних результатів дисертації Якіма І.С. у наукових і фахових виданнях відповідає встановленим вимогам МОН України. Основні положення дисертаційної роботи ідентичні автореферату.

За своїм змістом, методологією, використанням основних понять, термінологією дисертаційна робота Якіма І.С. відповідає спеціальності 05.02.08 – технологія машинобудування.

За темою дисертації автора опубліковано 12 праць у фахових виданнях, визначених МОН України для публікацій результатів дисертаційних робіт. Публікації повною мірою відображають результати дисертаційної роботи.

В цілому дисертація оформлена акуратно і написана логічною науковою мовою. Автореферат відображає основні положення дисертації та адекватно розкриває її зміст.

7. Зауваження до дисертаційної роботи та її автореферату

1. Перший розділ дисертації дещо перевантажений аналізом пошкоджень відпрацьованих тришарових бурових доліт, аналізом причин втрати працездатності доліт, а також аналізом виробничого браку та дефектів деталей доліт в процесі їх виготовлення. Однак, на наш погляд, мало уваги автор приділив аналізу експлуатаційних характеристик доліт, їх класифікації та зв'язкам експлуатаційних характеристик з показниками якості окремих деталей та їх поверхонь, а також з технологічними чинниками. Влучно сформульована автором на сторінці 37 дисертації стратегія технологічного забезпечення якості доліт дещо гаситься аналізом браку на різнотипових технологічних операціях (таблиця 1.2), а також аналізом причин виникнення браку (таблиця 1.3 дисертації).

2. В другому розділі дисертації (параграф 2.1 стор. 52) автор повторює докладний опис стратегічної мети забезпечення виготовлення якісних доліт, що складається з трьох груп чинників і які вже викладені в розділі 1.3, стор. 37. Очевидно раціональним, з точки зору економії текстової інформації, було б посилання на певну сторінку тексту.

3. В таблиці 1.3 – аналіз причин виникнення браку вказується на недосконалість технологічної операції шліфування лапи і шарошки. Однак цій проблемі забезпечення необхідної якості шліфування бігової доріжки лапи та обробленні ніпельної частини долота автор не приділив належної уваги.

4. Назва розділу 2.3 «Технологічні методи побудови технологічного процесу...» не зовсім коректна. Описаний підхід до оптимізації, технології носить узагальнений характер. Не конкретизовано яким показником якості поставлена у відповідність множина операторів (формула 2.7 дисертації). На рис. 2.17 дисертації та рис. 10 автореферату поверхню відгуку, як результат теоретичного дослідження, автор називає графіком.

5. Для виконання операцій проточування поверхонь обертання доліт використовується метод високошвидкісного різання. Однак, про особливості перебігу та розрахунку цих операцій в роботі не наголошено.

5. Для виконання операцій проточування поверхонь обертання доліт використовується метод високошвидкісного різання. Однак, про особливості перебігу та розрахунку цих операцій в роботі ненаголошено.

6. Поза увагою автора залишилась проблема досягнення якості та експлуатаційних характеристик на операціях складання долота в «букет» шляхом зварювання трьох секцій, та проблема забезпечення якості формування отворів на спинці лапи долота.

7. В останньому п'ятому розділі дисертації доцільно було б навести основні відмінності вдосконаленого технологічного процесу від базового, а також структуру отриманого економічного ефекту в сумі 2, 958 млн. грн.

8. В дисертаційній роботі та авторефераті зустрічаються невдалі звороти, висновки та є відхилення від встановленої термінології, описки тощо.

8. Висновок

Дисертаційна робота Якима Ігоря Степановича “Підвищення якості виготовлення тришарошкових бурових доліт” є завершеною науково-дослідною роботою, в якій розв'язується наукове завдання розроблення технологічного процесу виготовлення тришарошкових бурових доліт дозволить підвищити якісні показники цементованих шарошок та цапф лап тришарошкових бурових доліт.

За актуальністю вибраного напрямку дослідження, науковою та практичною цінністю отриманих результатів, представлена робота відповідає вимогам, які ставляться до кандидатських дисертацій, а її автор, Яким Ігор Степанович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальності 05.02.08 – технологія машинобудування.

Завідувач кафедри приладобудування
Луцького національного
технічного університету,
д.т.н., професор



Марчук В.І.

