

## **ВІДГУК**

офіційного опонента **Савика Василя Миколайовича**  
на дисертаційну роботу **Ткача Миколи Ярославовича**

**“Підвищення працездатності замкових різьбових з’єднань бурильної колони імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням”**,  
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості

### **1. Актуальність теми дисертації**

При бурінні і освоєнні нафтових і газових свердловин важливими елементами, які значною мірою визначають працездатність бурильних і обсадних труб, є замкові різьбові з’єднання. Складні умови експлуатації бурильних труб, перемінні напруги, що концентруються в різьбових з’єднаннях, викликають розвиток процесів втоми металу, внаслідок чого значно знижується несуча здатність труб, елементи бурильної колони руйнуються, що призводить до аварійної ситуації. Недостатня герметичність замкових різьб, яка до того ж втрачається внаслідок зносу, порушення оптимального моменту згвинчування з’єднань, чинить негативний вплив на міцність різьбових з’єднань.

При виготовленні бурильних труб використовують технологічні процеси зміцнення їх поверхневих шарів, але в деяких випадках ресурс зміцнених ними конструкційних елементів бурильних труб не відповідає сучасним технічним вимогам, а здебільшого залишається низьким.

Перспективним технологічним процесом, призначеним для зміцнення замкових різьбових з’єднань бурильної колони за рахунок утворення високоякісних поверхневих шарів, є вакуумне іонно-плазмове азотування. Однак, існує потреба в обґрунтуванні параметрів процесу та встановленні закономірностей впливу технологічного процесу імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування на втомну міцність, зносостійкість та корозійну стійкість замкових різьбових з’єднань бурильної колони.

Беручи до уваги викладене, тему дисертаційної роботи Ткача М. Я. можна вважати актуальною і своєчасною.

### **2. Загальна характеристика роботи**

Дисертаційну роботу Ткача Миколи Ярославовича „Підвищення працездатності замкових різьбових з’єднань бурильної колони імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням” виконано в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України. Робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та двох додатків. Основний зміст

роботи викладений на 167 сторінках і містить 91 рисунок та 17 таблиць.

У *вступі* роботи обґрунтовано актуальність дисертаційного дослідження, сформульовано мету та задачі досліджень, об'єкт і предмет досліджень, наукову новизну, практичне значення отриманих результатів, положення, що виносяться на захист. Наведено відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи та про публікації автора за її темою.

*Перший розділ* присвячений аналізу факторів, що впливають на працездатність бурильних колон. Розглянуті особливості технологічних процесів підвищення працездатності замкових різьбових з'єднань бурильної колони та зроблено висновок, що найбільш перспективним зараз для зміцнення замкових різьбових з'єднань бурильної колони є метод вакуумного іонно-плазмового азотування. Проаналізовані роботи теоретичного та експериментального характеру стосовно сучасного рівня техніки та технологій підвищення працездатності замкових різьбових з'єднань бурильної колони імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням. Встановлено, що підходи щодо застосування методу вакуумного іонно-плазмового азотування використовують лише окремі можливості підвищення його ефективності та основними шляхами підвищення ефективності технологічного процесу вакуумного іонно-плазмового азотування є здійснення його в газотермоциклічному режимі в умовах імпульсного струму.

Основою *другого розділу* є розкриття сутності використаних методик експериментальних досліджень механічних властивостей зміцнених поверхневих шарів. Задача оптимізації технологічного процесу поверхневого зміцнення замкових різьбових з'єднань бурильної колони за допомогою імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування розглядалася як багатофакторна та багатокритеріальна, план експерименту був побудований за допомогою пакета прикладних програм “Планування, регресія і аналіз моделей”. Дослідження проводились на базі Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”, в Івано-франківському національному технічному університеті нафти і газу та в Інституті проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України. Встановлено, що застосована автором методика математичного моделювання дозволила позбавитися основних недоліків класичної теорії планування експерименту та регресійного аналізу – планування та обробки моделей заздалегідь заданої структури та обов'язкового використання стандартної області планування. При цьому стає можливим розглядання технології поверхневого зміцнення як способу управління властивостями поверхневого шару.

У *третьому розділі* проведено вибір критеріїв оптимізації та керованих конструктивних, технологічних і експлуатаційних факторів, згенеровано план експерименту. Удосконалено діючий комплекс технологічного забезпечення

процесу зміцнення поверхневих шарів замкових різьбових з'єднань бурильної колони за допомогою імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування на основі автоматизованої системи контролю та управління технологічним процесом. Встановлено, що удосконалена модель дифузійного насичення металу азотом враховує вплив дефектів решітки та додаткову рушійну силу на якість утвореного зміненого шару, обумовлену застосуванням газотермоциклічного режиму та імпульсного струму. В результаті проведених досліджень встановлено закономірності впливу параметрів технологічного процесу імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування на механічні властивості у зміцнених шарах сталі 40ХН.

*Четвертий розділ* присвячений експериментальним дослідженням щодо оцінки закономірності впливу технологічного процесу імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування на інтенсивність зношування, корозійну стійкість та границю витривалості зразків із сталі 40ХН. В ході досліджень автором встановлено, що завдяки використанню імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування підвищується зносостійкість у 1,8...2,2 рази, корозійна стійкість – у 1,7...3,1 рази та границя витривалості на 20...40% залежно від технологічного режиму його формування. Результати втомних випробувань зразків замкового різьбового з'єднання 3-26, які виготовлені зі сталі групи міцності Д, і були геометрично подібні різьбі бурильних замків 3-42 для геологорозвідувальних бурильних труб, показали, що удосконалений метод імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування дозволив збільшити кількість робочих циклів замкового різьбового з'єднання до його руйнування в 1,8 – 2 рази порівняно з термообробленими зразками.

У *п'ятому розділі* здійснено узагальнення проведених дисертаційних досліджень. Проведено оптимізацію технологічного процесу та розроблено практичні рекомендації щодо підвищення працездатності замкових різьбових з'єднань бурильної колони при зміцненні їх імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням. На підставі узагальнення результатів дисертаційних досліджень розроблено алгоритм підвищення працездатності замкових різьбових з'єднань бурильної колони після зміцнення імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням. Автором проведено дослідження економічної ефективності технологічного процесу зміцнення замкових різьбових з'єднань імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням та встановлено, що застосування цього технологічного процесу дає можливість досягти економічний ефект від 6 до 15,5 млн. грн. на рік залежно від типу та вартості бурильного замка.

Завершують дисертаційну роботу висновки, список використаних джерел та додатки. В *додатках* подано акт про реалізацію результатів наукового

дослідження та розрахунків економічної ефективності від упровадження технологічного процесу імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування для зміцнення замкових різьбових з'єднань бурильних колон.

### **3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій**

Вивчення матеріалів дисертаційної роботи, автореферату та публікацій дає підстави стверджувати, що обґрунтованість основних отриманих результатів забезпечується коректністю постановки та розв'язання розглянутих у роботі завдань. В роботі широко використовується математичне моделювання, за допомогою якого здійснено оцінку результатів триботехнічних досліджень, випробувань на корозійну стійкість та випробувань на втому зразків із сталі 40ХН. Отримані залежності перевірені на адекватність, відтворюваність і інформативність результатів за критеріями математичної статистики. Проведено порівняльну оцінку напружено-деформованого стану поверхні як без обробки поверхневого шару імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням, так і після формування зміцненого поверхневого шару. Адекватність моделей, що використовуються для проведення досліджень, підтверджено експериментальними методами. Одержані теоретичні результати добре корелюються із експериментальними даними. Загальні висновки роботи конкретні і відображають основні наукові результати, отримані автором.

#### **4. Достовірність наведених у роботі результатів забезпечується:**

- правильним застосуванням широко апробованих методів наукових досліджень;
- збіжністю отриманих результатів з відповідними експериментальними даними і відомими результатами інших дослідників;
- відповідністю висновків, рекомендацій та одержаних результатів фізичній суті досліджуваних явищ.

Наукові положення, висновки і рекомендації не протирічають відомим науковим і практичним розробкам в даній галузі.

#### **5. Наукова новизна отриманих у роботі результатів**

Наукова новизна отриманих у роботі результатів полягає в наступному:

- вперше встановлено закономірності впливу параметрів удосконаленого технологічного процесу імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування на працездатність замкового різьбового з'єднання бурильної колони;
- удосконалено технологічний процес вакуумного газотермоциклічного

іонно-плазмового азотування, що дозволяє забезпечити підвищену концентрацію нітридних фаз для формування більш рівномірного і однорідного зміцненого шару, сприяє зниженню залишкових напружень у зміцненому поверхневому шарі;

- удосконалено модель дифузійного насичення поверхні деталі, яка враховує вплив структури та додаткову дифузійну рухому силу при застосуванні газотермоциклічного режиму в умовах імпульсного струму;

- одержала подальший розвиток багатокритеріальна оптимізація удосконаленого технологічного процесу імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування, яка є способом управління працездатністю бурильних і обважнених труб бурильних колон, та базується на урахуванні зносостійкості, корозійної стійкості та втомної міцності зміцнених замкових різьбових з'єднань бурильної колони.

#### **6. Повнота викладення основних положень в опублікованих матеріалах**

Основні положення дисертаційної роботи пройшли апробацію на: Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів “Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії – 2012” (м. Івано-Франківськ, 2012 р.); Міжнародній науково-технічній конференції “Нафтогазова енергетика 2013” (м. Івано-Франківськ, 2013 р.); Міжнародній науково-технічній конференції “Нафтогазова освіта та наука: стан та перспективи”, присвяченій 70-річчю нафтопромислового факультету (м. Івано-Франківськ, 2014 р.); 14-ій міжнародній науково-технічній конференції “Инженерия поверхности и реновация изделий” (Крим, м. Ялта, 2014 р.); 14-ому міжнародному науково-технічному семінарі “Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте” (м. Свалява, 2014 р.); Міжнародній науково-технічній конференції “Машини, обладнання і матеріали для нарощування вітчизняного видобутку та диверсифікації постачання нафти і газу” ПМ – 2016 (м. Івано-Франківськ, 2016 р.).

Дисертаційна робота Ткача М.Я. „Підвищення працездатності замкових різьбових з'єднань бурильної колони імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням” є завершеною науковою працею. Її написано технічною українською мовою та оформлено відповідно до вимог ДАК МОН України та державного стандарту України.

Зміст дисертаційної роботи відповідає спеціальності 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості, за якою вона подана до захисту та профілю спеціалізованої вченої ради Д 20.052.04.

Ознайомлення з текстом автореферату дисертації дає підстави стверджувати, що за структурою та змістом він відповідає вимогам, що ставляться ДАК МОН України щодо авторефератів дисертаційних робіт. У тексті автореферату відображено основні положення, зміст, результати і висновки

дисертаційного дослідження. Зміст автореферату та основні положення дисертації є ідентичними. Оформлення автореферату відповідає вимогам ДАК України до авторефератів.

### **7. Практична значимість отриманих результатів**

Робота має виражену практичну спрямованість і може бути використана в науково-дослідних установах, на підприємствах при розробці технологічних процесів зміцнення конструктивних елементів бурильної колони. В дисертаційній роботі розроблено алгоритм підвищення працездатності замкових різьбових з'єднань бурильної колони імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням, який може бути застосований під час розробки, виробництва, експлуатації та ремонту замкових різьбових з'єднань бурильної колони.

Використання розробленого методу імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування зумовлює значний економічний ефект не тільки за рахунок економії матеріалів, але і за рахунок скорочення простоїв, затрат на обслуговування і додаткових ремонтів. Його запровадження дозволяє вирішувати проблему підвищення довговічності замкових різьбових з'єднань бурильної колони при одночасному запобіганні ускладнень і аварій при бурінні свердловин.

### **8. Зауваження щодо дисертаційної роботи**

1. Не проведено промислових досліджень замкових різьбових з'єднань бурильної колони після зміцнення їх поверхневого шару методом імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування.

2. На сьогодні аналізуючи аварійність під час буріння нафтогазових свердловин видно, що велика кількість аварій відбувається також у зв'язку із руйнуванням тіла труби, також велика кількість бурильних труб виготовляються з привареними замками, в дисертаційній роботі не вказано, чи на даний час є можливість зміцнювати замки разом з бурильною трубою.

3. З тексту дисертаційної роботи незрозуміло, чи проводились дослідження бурових замків 3-63,5, показаних на рис. 151.

4. Відомо, що надмірне азотування металу призводить до його окрихчування, в тексті дисертаційної роботи не в повній мірі показано, чи відбувається таке явище при використанні імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування.

5. В дисертаційній роботі не проведено досліджень замкових різьбових з'єднань бурильної колони для буріння глибоких свердловин (наприклад, бурових замків для бурильних труб умовним діаметром 114, 127, 140 мм і т.д.).

6. Розрахунок економічного ефекту не прив'язаний до конкретної бурової

або нафтогазовидобувної установи, тому він не дає достатньо об'єктивну оцінку.

7. У тексті дисертаційної роботи автору не вдалось уникнути описок та стилістичних неточностей.

Зазначені вище зауваження не мають принципового характеру, не знижують наукового рівня дисертації та суттєво не впливають на позитивну оцінку роботи.

### 9. Загальні висновки

Дисертаційна робота, автореферат і наукові праці Ткача Миколи Ярославовича, що подані для вивчення, дозволяють зробити наступні висновки:

1. Дисертаційна робота “Підвищення працездатності замкових різьбових з'єднань бурильної колони імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням” є завершеною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати з питань забезпечення працездатності замкових різьбових з'єднань бурильної колони при їх зміцненні методом імпульсного вакуумного газотермоциклічного іонно-плазмового азотування.

2. Тема та зміст дисертаційної роботи відповідають спеціальності 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості, за якою вона подана до захисту.

3. Автореферат і публікації повністю відображають зміст дисертації.

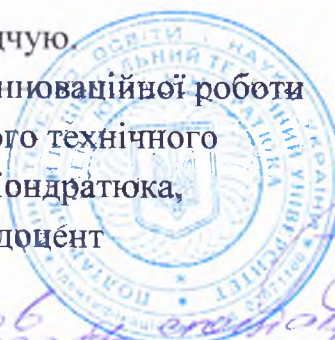
4. Дисертаційна робота Ткача М.Я. “Підвищення працездатності замкових різьбових з'єднань бурильної колони імпульсним вакуумним газотермоциклічним іонно-плазмовим азотуванням” відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 “Положення про порядок присудження наукових ступенів”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013, № 567. Автор дисертації Ткач Микола Ярославович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості.

Офіційний опонент – доцент кафедри  
обладнання нафтових і газових промислів  
Полтавського національного технічного  
університету імені Юрія Кондратюка,  
кандидат технічних наук



Савик В.М.

Підпис В.М. Савика засвідчую.  
Проректор із наукової та інноваційної роботи  
Полтавського національного технічного  
університету імені Юрія Кондратюка,  
кандидат технічних наук, доцент



Муравльов В.В.

*Вручен надійшов 2.09.2017  
Генеральний секретар ІФНТУНГ*