

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу **Крет Наталії Володимирівни**
«Закономірності корозійно-водневої деградації ферито-перлітних сталей об'єктів видобування та транспортування вуглеводнів»,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю

5.17.14 - хімічний опір матеріалів та захист від корозії

Актуальність теми дисертаційної роботи. Вагому частку нафтогазового устаткування, як і нафтогазопроводів, виготовлено з ферито-перлітних сталей. Це вимагає, для зменшення ризиків порушення цілісності конструкцій у складних умовах експлуатації за сумісної дії механічних навантажень та агресивних середовищ, постійної уваги до таких об'єктів експлуатаційників і науковців. Устаткування також часто використовують після вичерпання його планового ресурсу. Це викликає необхідність оцінки його працездатності з врахуванням ймовірного погіршення характеристик сталей внаслідок тривалої експлуатації через підвищення чутливості до корозійно-механічного руйнування та водневої крихкості. Наводнювання сталей, яке високо ймовірне в середовищах пластових вод, конденсованої вологи, сприяє розвитку об'ємної пошкоджуваності сталей на мікро- та макрорівні, що посилює експлуатаційну деградацію. Саме з таких позицій у дисертаційній роботі досліджено корозійно-водневу деградацію ферито-перлітних сталей та можливості її запобігання для відповідальних об'єктів видобування та транспортування вуглеводнів, що свідчить про високу актуальність рецензованої дисертації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Доцільність та своєчасність дисертаційної роботи Н. В. Крет підтверджується її участю, як виконавиці, при виконанні науково-дослідних робіт згідно з тематичними планами відділу діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, цільової комплексної програми НАН України "Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин" (РЕСУРС) та МОН України: "Розроблення науково-методичних підходів до консервативного оцінювання корозійно-водневої деградації

конструкційних сталей за їх характеристиками опору крихкому руйнуванню”; “Встановлення металознавчих, механічних та електрохімічних інформативних ознак діагностування корозійно-водневої деградації конструкційних сталей”; “Розроблення методу оцінювання роботоздатності та залишкової довговічності магістральних трубопроводів з експлуатаційним макророзшаруванням”, “Розробка новітніх методів для недопущення виходу з ладу трубопроводів через порушення безпеки”. що мають безпосереднє відношення до теми поданої дисертації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи, їх достовірність. Обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків дисертаційної роботи Н. В. Крет базується на узагальненні необхідного обсягу електрохімічних та корозійно-механічних досліджень із застосуванням стандартних та оригінальних методик, багатосторонньому аналізу літературних джерел, а також узгодженням у часткових випадках із науковими положеннями світової наукової спільноти, що підтверджено публікацією результатів авторки в наукових фахових виданнях, у тому числі індексованих міжнародними наукометричними базами Scopus та WoS і обговоренням на міжнародних науково-практичних конференціях. Висновки відображають зміст роботи, кожний з них має підтвердження.

Структура та зміст дисертації. Дисертація Н. В. Крет складається з анотації, вступу, п’яти розділів, висновків, переліку використаних джерел посилання та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 210 сторінок (із них 160 сторінок основного тексту). Робота містить 94 рисунки, 25 таблиць, перелік посилань із 215 найменувань та 3 додатки, що відповідає вимогам щодо обсягу та структури кандидатських дисертацій.

У *вступі* обґрунтовано актуальність проблеми корозійно-водневої деградації ферито-перлітних сталей нафтогазового комплексу, показано зв’язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету та завдання роботи, її наукову новизну та практичну значимість, подано відомості про апробацію результатів. У *першому розділі* проаналізовано причини корозійного та корозійно-механічного руйнування нафтодобувного обладнання та трубопроводів, розглянуто особливості та механізми їх експлуатаційної деградації, охарактеризовано інгібітори для захисту

сталей у кислих середовищах та розглянуто особливості застосування екологічно безпечних речовин для інгібіторного захисту сталей від корозії та корозійно-механічного руйнування. Сформульовано мету дисертаційної роботи та визначено задачі, які необхідно розв'язати для її досягнення. У *другому розділі* описано об'єкти досліджень, марки сталей, склад випробувальних розчинів, методики досліджень корозійних, електрохімічних, механічних і корозійно-механічних властивостей сталей, металографічного та фрактографічного аналізів. У *третьому розділі* проаналізовано опірність корозійному, механічному та корозійно-механічному руйнуванню сталей обсадних труб, їх чутливість до водневої крихкості залежно від мікроструктури. Досліджено сталь 50Г групи міцності *Б* та сталь 32Г2 вищої групи міцності *Е*. *Четвертий розділ* присвячено оцінюванню експлуатаційної деградації низьколегованих сталей 20Н2М та 35ХМ помпових штанг. Запропоновано екологічно безпечний інгібітор для захисту експлуатованих низьколегованих сталей від корозії та корозійно-механічного руйнування у кислих пластових водах та розроблено метод прогнозування корозійно-втомної витривалості. У *п'ятому розділі* наведено результати досліджень впливу наводнювання та умов експлуатації на чутливість трубних сталей до водневої крихкості, мікро- та макророзшарування та анізотропію властивостей, спричинену вальцюванням.

Наукова новизна та практична значимість отриманих в роботі результатів. У рамках поставленого та вирішеного у дисертації завдання отримано ряд нових наукових та практичних результатів.

Наукова новизна:

Вперше встановлено, що під час корозії ферито-перлітних сталей 50Г та 32Г2 у кислих хлоридних розчинах із барботуванням CO_2 , що моделюють пластові води, на початковій стадії відбувається переважне розчинення структурно-вільного фериту і його частка у мікроструктурі сталі є домінуючим чинником інтенсифікації корозії.

Виявлено вплив мікроструктури ферито-перлітних сталей обсадних труб на їх опір водневій крихкості. Сталь 32Г2 вищої групи міцності з дисперснішою мікроструктурою менш схильна до водневої крихкості за умов попереднього електролітичного наводнювання, ніж сталь 50Г нижчої

групи міцності з грубозернистою мікроструктурою (крупнозернистий перліт, облямований прошарками фериту).

Вперше оцінено ступінь експлуатаційної деградації сталей 20Н2М та 35ХМ помпових штанг за низкою важливих для їх роботоздатності властивостей: корозійною тривкістю, опором корозійно-статичному, втомному та корозійно-втомному руйнуванню у кислому хлоридному модельному розчині пластової води, включно з використанням підходів механіки руйнування.

Показано перспективи використання таніну, як екологічно чистої речовини, для протикорозійного захисту експлуатованих помпових штанг за умов їх циклічного навантаження на стадіях зародження та поширення тріщини. Розроблено метод прогнозування ефективності інгібіторного захисту від корозійно-втомного руйнування ферито-перлітних сталей у пластовій воді. Для цього побудовано кореляційну залежність кількості електрики на окиснення металу свіжоутвореної поверхні сталі та часу до зародження корозійно-втомної тріщини за різної концентрації таніну.

Вперше показано синергічний вплив деформування та наводнювання на інтенсифікацію анізотропії характеристик опору крихкому руйнуванню та водневої крихкості, зумовлених водневим розшаруванням між волокнами та в околі неметалевих включень уздовж напрямку вальцювання та руйнуванням перетинок між ними череззеренним відколом. Це підтверджено кількісно експериментально визначеною енергією деформування розтягом наводненого зразка з тріщиною до її старту, яка у напрямку між волокнами у 60 раз менша, ніж поперек волокон.

Практична цінність:

Встановлено основні закономірності корозійно-водневої деградації ферито-перлітних сталей у пластовій воді, розроблено методи прогнозування корозійно-втомної витривалості та захисту від корозії і корозійно-механічного руйнування за допомогою екологічно безпечного інгібітора. Результати досліджень макророзшарування трубних сталей при експлуатаційній деградації використано в УМГ "Прикарпаттрансгаз" для обґрунтування умови їх можливої подальшої експлуатації. Розроблену методику діагностування експлуатаційної деградації сталей помпових штанг за ступенем їх схильності до корозійно-втомного руйнування

впроваджено у НГВУ “Долинанафтогаз” ПАТ “Укрнафта” для з’ясування причин їх руйнування, обґрунтування умов безпечної експлуатації та подовження ресурсу. Методику діагностування експлуатаційної деградації сталей металоконструкцій за їх схильністю до розшарування використано у ТОВ Фірма “Діалаб” ЛТД.

Повнота викладу матеріалів дисертації в наукових фахових виданнях. Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлено в опублікованих наукових працях авторки та апробовано на низці міжнародних науково-технічних конференцій. Обсяг публікацій за матеріалами дисертації достатній: 16 наукових праць, у тому числі 11 статей у наукових фахових виданнях, із яких 8 внесені до наукометричних баз даних Scopus та WoS; 1 патент України та 4 – у матеріалах та тезах доповідей конференцій. Зміст автореферату та основних положень дисертації ідентичні.

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації й автореферату. Дисертація написана державною мовою, виклад матеріалу логічний, послідовний від постановки задачі до отримання наукових результатів, стиль викладу науково грамотний, розділи взаємопов’язані та повністю розкривають поставлену мету. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає вимогам МОН України. Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням і висновкам дисертаційної роботи. Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.17.14 – *хімічний опір матеріалів та захист від корозії*.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1 У роботі досліджено танін, як інгібітор корозії та корозійно-механічного руйнування, однак не проведено порівняльної оцінки його ефективності з інгібіторами корозії, що застосовують на об’єктах нафтодобувної галузі України.

2 Не зрозуміло, чому за мінімальних концентрацій інгібітору незначна його зміна сильніше впливає на опір корозійно-втомному руйнуванню, ніж на швидкість корозії (С. 120 – 124).

3 Основна увага у роботі зосереджена на корозійному впливові пластових вод на сталі нафтодобувного комплексу (обсадні труби, помпові штанги), однак не досліджено їх вплив на сталі для бурильних труб.

4 Не обґрунтовано чому оцінку впливу концентрації таніну на проникнення водню в сталі досліджували не за загальноприйнятою методикою (аналіз кривих потоку проникнення водню з розчинів, що вже містять інгібітори), а додаванням інгібіторів після досягнення стабілізованого потоку проникнення водню (С. 126 – 127).

5 Ефективність інгібіторного захисту при циклічному навантаженні вивчали за рівня, дещо вищого від порогу втоми сталі у повітрі (С. 114). Але ж відомо, що вплив корозивних середовищ сильніше проявляється за нижчих рівнів циклічного навантаження, близьких до умовного порогу корозійної втоми, що більше відповідає реальним умовам експлуатації.

6 Дисертантка не завжди дотримується термінології згідно стандарту України ДСТУ 3830-98. Для прикладу, вживає термін “корозійне середовище” замість “корозивне середовище” (С. 40, 83, 85), “глибинний показник” корозії (С. 49) замість “швидкість проникання корозії” тощо.

Перелічені зауваження не зменшують загальної позитивної оцінки та значимості дисертаційної роботи, рівня достовірності її результатів.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам.

Дисертаційна роботи Крет Наталії Володимирівни *“Закономірності корозійно-водневої деградації ферито-перлітних сталей об’єктів видобування та транспортування вуглеводнів”*, представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.14 – *хімічний опір матеріалів та захист від корозії*, виконана на високому науковому рівні, отримані результати вирішують важливе науково-прикладне завдання – встановлення основних закономірностей корозійно-водневої деградації ферито-перлітних сталей у пластовій воді та їх захист від корозії та корозійно-механічного руйнування за допомогою екологічно безпечного інгібітору. За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, за отриманими новими науково обґрунтованими результатами, висновками, їх практичною цінністю робота повністю відповідає вимогам пп. 9, 11, 12, 13 *«Порядку присудження наукових ступенів»* затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 р. №656; від 30.12.2015 р. № 1159; від 27.07.2016 р. № 567; від

20.11.2019 р. № 943 та від 15.07.2020 р. № 607), а її авторка **Крет Наталія Володимирівна** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.14 – *хімічний опір матеріалів та захист від корозії*.

Офіційний опонент:

завідувач кафедри електротехнічних систем
Львівського національного аграрного
університету МОН України,
доктор технічних наук, професор

О. С. Калахан

Підпис д.т.н. Калахана О. С. засвідчую:

Головний учений секретар
Львівського національного
аграрного університету
к.е.н., доцент



І. М. Федів