

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Васильєва Георгія Степановича
“ КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОРОЗІЙНОБЕЗПЕЧНОЇ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ТЕПЛОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВО-
КОМУНАЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ”, представлену на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю
05.17.14 – хімічний опір матеріалів та захист від корозії

Актуальність теми дисертації.

При експлуатації теплових трубопроводних мереж і обладнання житлово-комунальної інфраструктури виникають проблеми, що пов'язані із осадженням накипу на поверхнях теплообміну та внутрішньою корозією трубопроводів. Переважно вони пов'язані з якістю теплоносія. Корозія розвивається внаслідок потрапляння в систему корозійно агресивних газів – кисню та діоксиду вуглецю. Вони можуть попадати до теплових мереж при понаднормовому підживленні, яке перевищує продуктивність деаератора, або внаслідок пошкодження теплообмінників систем гарячого водопостачання. Присутність у теплоносії солей твердості приводить до утворення на внутрішній поверхні труб осаду, що веде до погіршення теплопередачі, локального перегріву теплообмінної поверхні та розвитку корозійних процесів під його шаром.

Отже, дисертаційна робота Васильєва Г.С., яка полягає у розробленні методів впливу на корозивне середовище, які дають змогу комплексно вирішувати проблеми корозії і відкладень у теплових мережах, теплових пунктах та системах тепलो-водопостачання житлової інфраструктури є актуальною і відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки України в частині енергетика та енергоефективність (п. Технології ефективного енергозабезпечення будівель і споруд).

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

Дисертаційна робота виконана в рамках двох держбюджетних науково-дослідних робіт вищого навчального закладу Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" згідно з планами держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України та № 2827п «Комплексне фізико-хімічне гальмування корозійних процесів і підвищення ефективності теплообміну у водному середовищі для енергозбереження ресурсів України» (2015-2016 рр., номер державної реєстрації 0115U002324), № 2044 «Високоєфективна модифікація поверхні металу екологічно-безпечними сполуками для надання нових функціональних властивостей» (2017-2020 рр., номер державної реєстрації 0117U003854).

Дисертація має чітку і логічну структуру. Вона складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел (276 позиції) та додатків. Обсяг роботи становить 365 сторінок. Мета і завдання дисертаційної роботи відзначаються коректністю постановки наукових задач, співвідносяться з висновками та пов'язані зі структурою дослідження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації та їх достовірність.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень дисертаційної роботи Васильєва Г.С. забезпечується великим обсягом експериментального матеріалу та глибоким і багатостороннім аналізом літературних джерел, які охоплюють сучасні уявлення про корозію, накипоутворення та методи підвищення роботоздатності теплових трубопроводних мереж і обладнання житлово-комунальної інфраструктури. Це підтверджується також різноплановими підходами до досягнення мети та використанням адекватних методів для вирішення поставлених завдань.

Для дослідження процесів корозії сталей застосовувалися методи прямої поляризації та поляризаційного опору, масометрію. Уворення накипу вивчали за зсувом вуглекисневої рівноваги через електровідновлення кисню та методом термічної кристалізації. Для аналізу поверхневих шарів на металах використовували методи ІЧ-спектроскопії, рентгенофлюорисцентного та рентгенофазового аналізу, електронну мікроскопію. Прогнозування фізико-хімічних процесів проводили методами комп'ютерного моделювання в середовищі Comsol Multiphysics.

Одержані в роботі результати узгоджуються з відомими висновками інших дослідників та теоретичними основами електрохімії і обговорені на авторитетних наукових конференціях.

Наукова новизна отриманих в роботі результатів.

Встановлено електрохімічну активність продуктів корозії, що складаються з оксогідроксидів заліза: β - та γ -FeOOH. Вони вступають в окисно-відновні реакції і при визначенні швидкості корозії за поляризаційним опором є причиною майже в три рази вищих її значень, ніж за масометрії.

Зростання температури та швидкості потоку призводить до зниження їх електрохімічної активності внаслідок утворення α -FeOOH, що супроводжується зростанням потенціалу електрода ~ 60 мВ. Взаємозв'язок між фазовим складом продуктів корозії та їх електрохімічною активністю дає можливість здійснюється коригування константи рівняння Стерна за величиною електродного потенціалу.

Виявлено протикорозійні властивості рослинних екстрактів: ріпаку, кормової редьки та цукрового буряку і встановлено адсорбційно-полімеризаційний механізм їх захисної дії. Найвищу ступінь захисту має екстракт редьки 75% і лише він знижує накипоутворення на 78,7%. Його

зниження обумовлено утворенням адсорбційної плівки, яка блокує поверхню та перешкоджає подальший ріст кристалів карбонату.

Встановлено, що вібрація від прикладеного ультразвуку до нержавких сталей сприяє зміщенню потенціалу пітінгоутворення в бік додатніших значень та зниження струму розчинення пітінгів майже в 30 разів. Запропоновано імовірний механізм репасивації пітінгів внаслідок пошкодження продуктів корозії над ними через зниження адгезії до вібруючої поверхні, їх руйнування та зменшення агресивності електроліту в пітінгах внаслідок інтенсифікації дифузійних процесів з об'ємом електроліту, зокрема зростання концентрації кисню.

Виявлено, що для формування кристалічного осаду оксогідроксиду заліза, який би був бар'єром для доступу кисню і знижував швидкість корозії сталі необхідно підтримувати швидкість руху води у системах гарячого водопостачання більшою за 0,3 м/с та споживання системи гарячого водопостачання не менше 30% об'єму системи за годину.

Практична цінність отриманих результатів

Розроблено сучасні мікропроцесорні корозиметри з новим первинним перетворювачем швидкості корозії, ревізію якого можна проводити без зупинки трубопроводу, та система бездротової передачі результатів корозійного моніторингу, яка скорочує тривалість визначення швидкості корозії в системі теплопостачання з 1 року до 1 хв.

Розроблено реагентну технологію водопідготовки, яка дає змогу замінити існуючу технологію пом'якшення та деаерування води і забезпечує нормативні показники швидкості корозії та утворення накипу та є на 13% дешевшою.

Показано, що застосування ультразвукової вібрації в пластинчатих теплообмінниках теплових пунктів дає можливість зменшити накипоутворення в теплообмінниках, підвищити їх теплову ефективність та збільшити тривалість роботи між чистками.

Основні результати роботи введено в нормативні документи, що регламентують будівництво та експлуатацію систем тепловодопостачання, зокрема в ДБН В.2.5-39:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі» (змiна №1 від 01.07.2018).

Повнота викладення результатів роботи у наукових працях.

Основний зміст дисертації Васильєва Г.С. викладено у 41 науковій праці, в тому числі в 1 монографії, 2 підручниках, 16 статтях у наукових фахових виданнях, з них 14 у закордонних виданнях (6 у виданнях, що відносяться до першого та другого кварталів Q1-Q2), 1 патенті України на корисну модель, тезах 21 доповіді у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Мова та стиль дисертації

Дисертація написана державною мовою, загалом грамотно, легко сприймається. Виклад матеріалу в роботі має логічну послідовність, науково грамотний, розділи взаємопов'язані та цілком розкривають поставлену мету. Тема і зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.17.14 – хімічний опір матеріалів та захист від корозії.

Недоліки та зауваження до дисертації:

- в розділі 3 найкращу протикорозійну ефективність показав екстракт редьки. Чому ефект післядії інгібітора вивчали на екстракті ріпаку? Чому його не використовували при вивченні комплексної дії ультразвуку та екстрактів рослинної сировини (п.5.3)?
- немає відповіді на факт підвищення швидкості корозії на ~20% за відсутності підживлення за швидкості потоку 0,3 м/с, за якої катіони кальцію та молекули кисню витрачатися мали б інтенсивніше, ніж за швидкості 0,15 м/с.
- при розгляді підвищення опірності пітінгоутворенню нержавких сталей не врахована можливість втомного руйнування продуктів корозії над пітінгами внаслідок їх перемінної деформації при накладанні ультразвуці.
- при використанні ультразвуку для зниження накипоутворення не розглянуто питання його впливу на зародження та ріст кристалів карбонатів, що в першу чергу мало би впливати на формування осаду.
- в авторефераті при викладенні результатів 6 розділу вказуються номери датчиків корозії, однак їх розташування важко визначити тому, що відсутня загальна схема багатоелектродного модуля, розміщеного всередині Т-подібного з'єднання труб та схеми підключення електродів (рис. 2.6 дисертації).
- при порівнянні ефективності ультразвуку та механічного перемішування (рис. 5.7) не вказано швидкість обертання мішалки, зміна якої впливатиме на масообмін в приелектродному шарі.
- не уточнено на основі чого вважається ультразвукова вібрація частотою 27 кГц при потужності 10 Вт достатньою для видалення захисного шару над отвором пітінгу та подальшої його репасивації.
- на ст. 204 представлені результати визначення адсорбції хлоридів продуктами корозії, однак ця методика у другому розділі не описана.
- потужність ультразвуку подається в одиницях Вт та Вт/см² – це різні речі, які важко порівнювати.
- на стор. 273 є посилання на неіснуючий рис. 3.25.
- на рентгенограмі рис. 7.12 не позначено яким фазам відповідають піки, що ускладнює їх ідентифікацію.
- вольтамперні залежності на рис. 5.4 сталі AISI 316 без ультразвукової

обробки не узгоджуються з такими на рис. 5.1 - 5.3, що мало б відповідати їм згідно опису стор.181...183.

- на рис. 5.8 є дві шкали ординат, але не вказано яка з них відповідає приведеним результатам.
- не всі використані скорочення приведені у переліку на стор. 34.
- в тексті зустрічаються неузгоджені посилання на рисунки: рис 5.33 замість 5.30; 5.34 замість 5.32 тощо.

Дані зауваження не знижують загальної позитивної оцінки та значення дисертаційної роботи і рівня достовірності основних її результатів.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам:

Дисертаційна робота Васильєва Георгія Степановича “Комплексне забезпечення корозійнобезпечної експлуатації систем тепловодопостачання житлово-комунальної інфраструктури” є завершеною науковою роботою, що виконана на належному науковому і методичному рівнях, в якій представлено нові наукові результати спрямовані на вирішення важливої науково-технічної проблеми надійної та ефективної експлуатації систем господарсько-питного водопостачання та комунального тепlopостачання житлово-комунальної інфраструктури внаслідок зниження корозійного руйнування трубопроводів та зменшення осадження накипу в теплообмінному обладнанні. Автореферат повністю відображає основні положення дисертації. За актуальністю, новизною отриманих результатів, їх достовірністю та практичною значимістю робота відповідає вимогам п.п. 6, 7, 8, 9 “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197, а її автор Васильєв Г.С. заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.14 – хімічний опір матеріалів та захист від корозії.

Офіційний опонент
заступник директора з наукової роботи
Фізико-механічного інституту
ім. Г. В. Карпенка НАН України
член-кор. НАН України,
доктор технічних наук, професор



М.С. Хома