

ВІДГУК

офіційного опонента Яснія Володимира Петровича,
доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри будівельної механіки
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя,

на дисертаційну роботу Сов'як Іванни Миколаївни
**«Розрахунково-експериментальна модель прогнозування впливу
концентрації водню у металі на довговічність трубопроводів із
тріщиноподібними дефектами»,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 11 «Математика та статистика»
за спеціальністю 113 «Прикладна математика»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Перехід до ширшого використання водню як енергоносія підвищує вимоги до міцності та безпечної експлуатації трубопровідної інфраструктури. Тріщиноподібні дефекти, наявні в металі труб, за сумісної дії циклічного внутрішнього тиску та водню можуть розвиватися значно швидше, ніж у повітрі, оскільки водень знижує опір сталі зародженню та поширенню втомної тріщини. Тому кількісне прогнозування залишкової довговічності дефектного трубопроводу з урахуванням концентрації водню є актуальним науково-прикладним завданням.

У дисертації ця проблема розв'язується шляхом поєднання тривимірного скінченно-елементного аналізу напружено-деформованого стану, математичної моделі дифузії та пасткування водню, експериментальних характеристик циклічної тріщиностійкості сталі 20 та розрахунку кінетики росту внутрішньої півеліптичної тріщини. Така постановка відповідає сучасному напрямку розвитку методів оцінювання ресурсу конструкцій у водневовмісних середовищах.

Роботу виконано у Фізико-механічному інституті ім. Г. В. Карпенка НАН України в межах профільних науково-дослідних робіт НД ІІІ-13-21 (№ 0121U108959), НД ІІІ-10-24 (№ 0124U000049) та договору № 2032 від

15 грудня 2022 року. Це підтверджує зв'язок дослідження з актуальними науковими програмами та практичними потребами трубного виробництва.

Структура, зміст і відповідність дисертації спеціальності

Дисертація є спеціально підготовленим рукописом загальним обсягом 161 сторінка, з яких 119 сторінок становить основний текст. Вона містить анотації українською та англійською мовами, вступ, п'ять розділів, загальні висновки, список із 135 використаних джерел і три додатки; ілюстрована 33 рисунками та 6 таблицями. Структура роботи логічна: від аналізу стану проблеми авторка переходить до визначення напружено-деформованого стану (НДС), моделювання перенесення водню, визначення характеристик циклічної тріщиностійкості з урахуванням реальної концентрації водню у металі та побудови моделі залишкової довговічності.

Мета, завдання, об'єкт і предмет дослідження узгоджені між собою. Використані математичні моделі, метод скінченних елементів, регресійний аналіз і числове інтегрування безпосередньо відповідають предметній області спеціальності 113 «Прикладна математика». Назва дисертації відображає її основний зміст і кінцевий науково-прикладний результат.

Наукова новизна одержаних результатів

У роботі розроблено розрахунково-експериментальний підхід до прогнозування залишкової довговічності трубопроводу з внутрішньою півеліптичною тріщиною за дії водню. Підхід пов'язує локальний НДС, концентрацію дифузійно-рухомого та пасткованого водню, залежні від наводнювання характеристики циклічної тріщиностійкості та докритичний ріст дефекту.

Запропоновано модель розподілу водню біля тріщини, в якій пасткування описано за моделлю Оріані, а вплив механічного стану враховано через гідростатичні напруження та еквівалентну пластичну деформацію. Встановлено закономірності локалізації різних складових концентрації водню та їх зміни залежно від тиску і форми дефекту.

За результатами опрацювання діаграм циклічної тріщиностійкості отримано залежності порогового і критичного розмахів коефіцієнта

інтенсивності напружень (КІН) та параметрів рівняння Паріса від концентрації водню. Введення отриманих залежностей до моделі росту тріщини дало змогу кількісно оцінити спільний вплив тиску, геометрії дефекту і наводнювання на кількість циклів до досягнення критичного стану.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень

Обґрунтованість результатів забезпечено використанням положень механіки деформівного твердого тіла, механіки руйнування, теорії дифузії та пасткування водню, методу скінченних елементів, експериментальних діаграм циклічної тріщиностійкості, фрактографічного аналізу та статистичного опрацювання даних. Отримані тенденції узгоджуються з відомими фізичними закономірностями водневого окрихчення сталей.

Для аналітичних апроксимацій наведено коефіцієнти детермінації понад 0,97 та середньоквадратичне відхилення до 5%. Загальні висновки відповідають поставленим завданням і спираються на результати, викладені в основній частині дисертації. Кількісні прогнози слід розглядати в межах досліджених характеристик сталі 20, концентрацій водню, тисків, геометрії дефекту та прийнятих модельних припущень.

Практичне значення результатів

Запропонований підхід може бути використаний для прогнозного оцінювання небезпечності внутрішніх поверхневих дефектів та залишкової втомної довговічності трубопровідних елементів у водневовмісних середовищах. Він дає змогу врахувати не лише навантаження та геометрію тріщини, а й фактичну концентрацію водню в металі.

Практичне використання результатів підтверджено їх застосуванням у ТОВ НВП з іноземними інвестиціями «УКРТРУБОІЗОЛ» під час прогнозних оцінок тривалої експлуатації трубопроводів і формування технічних вимог до труб великого діаметра.

Повнота опублікування результатів та особистий внесок

За темою дисертації наведено 7 наукових праць: 4 статті у виданнях, індексованих у Scopus та/або Web of Science, і 3 публікації у матеріалах міжнародних конференцій. Тематика публікацій охоплює основні складові дисертаційного дослідження.

Здобувачка виконала математичне та скінченно-елементне моделювання, числові розрахунки, опрацювання експериментальних залежностей, параметричний аналіз і сформулювала висновки. Особистий внесок у працях із співавторами конкретизовано. Представлені матеріали засвідчують належне оволодіння методологією наукової діяльності та здатність розв'язувати комплексні прикладні задачі.

Дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертацію перевірено системою антиплагіату StrikePlagiarism.com (звіт від 16.07.2026, ідентифікатор документа 334499255). Встановлено коефіцієнт подібності 5,6% (КП 1) та коефіцієнт цитування 0,32% (КЦ) за загального обсягу тексту 33598 слів. Найбільший за обсягом одиничний збіг (627 слів, 1,87%) припадає на дисертацію іншої тематики (з економіки сільськогосподарських підприємств) і пояснюється стандартними методологічними формулюваннями, властивими вступній частині дисертацій незалежно від галузі. Решта виявлених збігів пов'язана переважно з тематично спорідненими дисертаційними роботами співробітників Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, що відображає використання усталеної в науковій школі термінології та коректне посилання на суміжні дослідження. Джерела з мережі Інтернет та обмінних баз даних становлять незначну частку (0,93% та 0,4% відповідно) і не містять ознак дослівного запозичення наукових результатів без атрибуції. За результатами аналізу дисертації та наведених публікацій, а також їх зіставлення зі звітом системи антиплагіату, підстав для тверджень про наявність академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації не виявлено. Запозичені методи, положення та дані супроводжуються належними бібліографічними посиланнями.

Зауваження та дискусійні положення

1. У розділах 2 і 5 для внутрішньої півеліптичної тріщини використано інженерні залежності для КІН, однак не наведено кількісного зіставлення цих значень із результатами тривимірного скінченно-елементного розрахунку вздовж фронту тріщини. Доцільно було подати похибку такого зіставлення для крайової та найглибшої точок фронту і чітко зазначити, яке саме значення КІН використано в інтегралі довговічності.
2. Під час прогнозування росту дефекту співвідношення півосей півеліптичної тріщини фактично задається наперед. Водночас швидкість поширення тріщини вздовж поверхні та в напрямку товщини може бути різною, унаслідок чого параметр a/c змінюється в процесі навантаження. Варто було обґрунтувати припущення про збереження форми фронту або реалізувати покрокове оновлення обох півосей.
3. Рівняння Паріса застосовано для інтегрування майже всього інтервалу від порогового до критичного стану, хоча воно найкраще описує середньоамплітудну ділянку діаграми втомного руйнування. Доцільно оцінити похибку ресурсу, пов'язану з нехтуванням припороговою та передкритичною ділянками, або зіставити прогноз із моделями типу Forman чи NASGRO.
4. У моделі необхідно чіткіше розмежувати максимальний КІН $K_{\max}$ і його розмах ΔK та пов'язати їх із прийнятим циклом зміни внутрішнього тиску. Критерій досягнення критичного стану ΔK_{fc} потребує додаткового обґрунтування з огляду на можливий вплив коефіцієнта асиметрії циклу, залишкових напружень, ефекту закриття тріщини та пластичності в околі її вершини.
5. Розрахунки НДС і концентрації водню виконано для тисків 7–30 МПа, тоді як приклади залишкової довговічності подано для іншого, вужчого діапазону. Доцільно було систематизувати області параметрів усіх складників моделі та окремо сформулювати, для яких поєднань тиску, розмірів дефекту, концентрації водню і властивостей сталі кількісний прогноз є верифікованим.

Наведені зауваження мають переважно уточнювальний і дискусійний характер, окреслюють напрями подальшого розвитку моделі та не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Загальний висновок

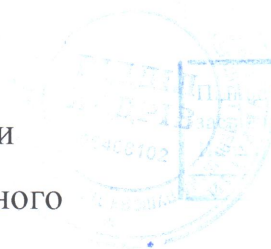
Дисертаційна робота Сов'як Іванни Миколаївни «Розрахунково-експериментальна модель прогнозування впливу концентрації водню у металі на довговічність трубопроводів із тріщиноподібними дефектами» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому одержано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності розв'язують актуальне науково-прикладне завдання прогнозування залишкової довговічності дефектного трубопроводу за дії водню.

За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю та практичним значенням результатів, відповідністю їх темі дисертації, повнотою опублікування, рівнем виконання поставленого завдання та оволодінням здобувачкою методологією наукової діяльності робота відповідає спеціальності 113 «Прикладна математика» і вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами). Сов'як Іванна Миколаївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 11 «Математика та статистика» за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Офіційний опонент

завідувач кафедри будівельної механіки
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя,
доктор технічних наук, професор

«13» серпня 2026 р.



Володимир Ясний
В. Ясний

Володимир ЯСНІЙ