

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Фізико-механічного інституту
ім. Г. В. Карпенка НАН України

академік НАН України

Зіновій НАЗАРЧУК

«08» 07.2026 р.



ВИТЯГ

з протоколу № 2 засідання наукового та кваліфікаційного семінару

Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України

«Проблеми механіки руйнування і міцності матеріалів»

від 08.07.2026 р.

ПРИСУТНІ: член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф. І.М. Дмитрах (головуючий); д-р техн. наук, проф. О.В. Гембара (секретар); д-р техн. наук, проф. І.Я. Долінська; д-р техн. наук, проф. О.І. Балицький; д-р техн. наук, проф. Я.Л. Іваницький; д-р техн. наук, ст. досл. М.І. Греділь; д-р техн. наук, ст. досл. О.Я. Чепіль; д-р техн. наук, ст. наук. співроб. А.М. Сиротюк; д-р філ. М.В. Гриненко; д-р філ. Н.Т. Гембара; д-р філ. Я.І. Сапужак; канд. техн. наук В.О. Колесніков; канд. техн. наук І.М. Андрейко; канд. техн. наук Л.М. Іваськевич; канд. техн. наук М.М. Гвоздюк; канд. техн. наук Н.А. Івантишин; канд. техн. наук О.М. Малик; канд. техн. наук Я.С. Сірак; канд. техн. наук, ст. досл. Р.Л. Лещак; канд. техн. наук, ст. наук. співроб. С.Т. Штаюра; канд. фіз.-мат. наук А.Б. Чорненький; асп. І.С. Оборнєв та інші – всього 25 осіб.

З присутніх – 8 докторів наук та 9 кандидатів наук – фахівці за профілем представленої дисертації.

СЛУХАЛИ: Наукову доповідь аспірантки Фізико-механічного інституту ім. Г. В.

Карпенка НАН України Сов'як Іванни Миколаївни за матеріалами дисертації «Розрахунково-експериментальна модель прогнозування впливу концентрації водню у металі на довговічність трубопроводів із тріщиноподібними дефектами», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 11 – Математика та статистика, за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Тему дисертаційної роботи затверджено на засіданні вченої ради Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України 24 грудня 2021 р., протокол № 13, та уточнено 20 лютого 2025 р., протокол № 1, такій редакції «Розрахунково-експериментальна модель прогнозування впливу концентрації водню у металі на довговічність трубопроводів із тріщиноподібними дефектами».

Наукові керівники – д.т.н., ст. наук. співроб. Сиротюк Андрій Михайлович,
– д.т.н., ст. досл. Чепіль Ольга Ярославівна.

Питання ставили: член-кор. НАН України, д.т.н., проф. І.М. Дмитрах; д.т.н., проф. Я.Л. Іваницький; д.т.н., проф. О.І. Балицький; д.т.н., проф. О.В. Гембара; д.т.н., проф. І.Я. Долінська; д.т.н., ст. досл. М.І. Греділь; к.т.н., ст. досл. Р.Л. Лещак; к.т.н. Н.А. Івантишин; к.ф.-м.н. А.Б. Чорненький; к.т.н. В.О. Колесніков. На всі поставлені запитання І.М. Сов'як дала чіткі, вичерпні та аргументовані відповіді, що засвідчило її високий фаховий рівень, глибоке знання предмета дослідження та самостійність у виконанні наукової роботи.

В обговоренні дисертації взяли участь: член-кор. НАН України, д.т.н., проф. І.М. Дмитрах; д.т.н., проф. Я.Л. Іваницький; д.т.н., проф. О.І. Балицький; д.т.н., проф. О.В. Гембара; д.т.н., проф. І.Я. Долінська; д.т.н., ст. досл. М.І. Греділь; к.т.н., ст. досл. Р.Л. Лещак; к.т.н. Н.А. Івантишин. У своїх виступах

вони позитивно оцінили отримані автором результати, відзначили актуальність роботи, її наукову новизну та практичне значення.

УХВАЛИЛИ:

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
аспірантки Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України**

Сов'як Іванни Миколаївни

**на тему: «Розрахунково-експериментальна модель прогнозування впливу
концентрації водню у металі на довговічність трубопроводів із**

тріщиноподібними дефектами»,

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 11 – Математика та статистика

за спеціальністю 113 – Прикладна математика

1. Актуальність теми

Розвиток водневої енергетики та розширення сфери використання водневовмісних середовищ зумовлюють підвищені вимоги до надійності й безпечності експлуатації трубопровідної інфраструктури. Трубопроводи, які працюють під дією внутрішнього тиску, циклічних навантажень і агресивних середовищ унаслідок тривалої експлуатації, можуть містити експлуатаційні дефекти, зокрема тріщиноподібні. Дефекти такого типу є надзвичайно небезпечними, оскільки їх непрогнозований розвиток може призвести до катастрофічного руйнування окремих ділянок трубопроводу із значними економічними та екологічними втратами.

Одним із важливих чинників, що знижують довговічність трубних сталей, є водень. Проникаючи в метал, він може спричиняти зміну механічних властивостей, зменшення тріщиностійкості, розвиток водневого окрихчення та прискорення росту тріщин. Особливо небезпечним є локальне накопичення водню поблизу вершини

тріщиноподібного дефекту, де одночасно діють підвищені напруження, пластична деформація та умови для пасткування водню в дефектах структури металу.

У сучасних дослідженнях значну увагу приділено питанням дифузії водню, механізмам водневого окрихчення, оцінюванню напружено-деформованого стану (НДС) елементів конструкцій, а також моделюванню росту тріщин у конструкційних матеріалах. Водночас недостатньо розробленими залишаються комплексні підходи до прогнозування залишкової довговічності трубопроводів із внутрішніми півеліптичними тріщинами, які одночасно враховують НДС, дифузію та пасткування водню, експериментально встановлені характеристики циклічної тріщиностійкості та закономірності росту тріщини залежно від концентрації водню у металі.

Тому актуальним як науковим, так і прикладним завданням є розроблення розрахунково-експериментальної моделі прогнозування впливу концентрації водню в металі на залишкову довговічність трубопроводу з тріщиноподібним дефектом. Така модель дає змогу кількісно оцінювати ресурс трубопроводу з урахуванням внутрішнього тиску, геометрії дефекту, НДС і фактичної концентрації водню в металі.

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

Дисертаційну роботу виконано у відділі міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України. Дослідження проведено в межах науково-дослідних робіт за відомчим замовленням НАН України (НД ІІІ-13-21 та НД ІІІ-10-24), а також договірної науково-дослідної роботи (договір № 2032), що виконувалася на замовлення ТОВ «Науково-виробниче підприємство з іноземними інвестиціями «УКРТРУБОІЗОЛ».

– НД ІІІ-13-21 «Оцінювання фізико-механічних макро- та мікромеханізмів дії водневмісних середовищ на міцність і працездатність низько- та складнолегованих сталей» (державний реєстраційний номер 0121U108959, 2022–2023 рр.);

– НД III-10-24 «Розроблення методів оцінювання міцності та довговічності конструктивних елементів водневої енергетичної інфраструктури» (державний реєстраційний номер 0124U000049, 2024–2026 рр.);

– договір № 2032 від 15 грудня 2022 року на виконання науково-дослідної роботи «Оцінювання впливу технологічної операції експандування під час виробництва зварних прямошовних труб великого діаметра для магістральних нафто- і газопроводів на їх фізико-механічні та фізико-хімічні характеристики» (2022–2026 рр.).

Результати, одержані авторкою під час виконання зазначених науково-дослідних робіт, становлять наукову основу дисертації та використані для прогнозного оцінювання довготривалої експлуатаційної працездатності трубопроводів у заданих умовах експлуатації.

3. Наукова новизна

- розроблено новий розрахунково-експериментальний підхід до оцінювання залишкової довговічності трубопроводів із внутрішніми півеліптичними тріщинами з урахуванням концентрації водню в металі, внутрішнього тиску та геометрії дефекту;
- запропоновано нову математичну модель визначення розподілу дифузійно-рухомого, пасткованого та загального водню в трубній сталі з урахуванням напружено-деформованого стану та пасткування водню за відомою моделлю Оріані;
- вперше встановлено кількісні закономірності впливу концентрації водню на параметри циклічної тріщиностійкості трубної сталі та залишкову довговічність трубопроводу;
- удосконалено моделювання напружено-деформованого стану елемента трубопроводу з внутрішньою півеліптичною тріщиною шляхом урахування взаємозв'язку між локальними напруженнями, пластичною деформацією та концентрацією водню в металі;

- розвинуто метод прогнозування росту втомних тріщин у трубопровідних сталях за наводнювання металу на основі експериментально встановлених характеристик тріщиностійкості.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Теоретичне значення роботи полягає у розвитку математичних моделей прогнозування залишкової довговічності трубопроводів із тріщиноподібними дефектами за умов наводнювання металу. У роботі обґрунтовано взаємозв'язок між напружено-деформованим станом біля вершини тріщини, локальним розподілом дифузійно-рухомого і пасткованого водню та кінетикою росту втомної тріщини.

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні розрахунково-експериментальної моделі, яка дає змогу кількісно оцінювати залишкову довговічність трубопроводу з тріщиноподібним дефектом за дії водневовмісних середовищ. Запропонований підхід дозволяє прогнозувати залишковий ресурс дефектного трубопроводу до досягнення тріщиною критичного розміру з урахуванням внутрішнього тиску, геометричних параметрів тріщини та фактичної концентрації водню в металі.

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані для вдосконалення методів діагностування технічного стану магістральних трубопроводів, кількісного оцінювання їх залишкового ресурсу та прогнозування розвитку дефектів під дією експлуатаційних навантажень. Окрім цього, результати дисертаційної роботи одержали практичне використання у ТОВ Науково-виробниче підприємство з іноземними інвестиціями «УКРТРУБОІЗОЛ» під час виконання прогнозних оцінок майбутньої тривалої експлуатації трубопроводів у заданих специфічних умовах, а також слугують підґрунтям для удосконалення наявних і розроблення нових технологій виготовлення труб великого діаметра для магістральних газонафтопроводів і тепломереж. Це дає змогу підвищувати якість продукції та формувати для неї нові технічні вимоги.

5. Використання результатів роботи

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані в науково-дослідних, проектних та експертних організаціях, що займаються оцінюванням міцності, технічного стану та залишкового ресурсу трубопроводів із тріщиноподібними дефектами.

Запропонована модель дозволяє виконувати прогнозні розрахунки довговічності трубопровідних елементів з урахуванням концентрації водню, внутрішнього тиску та геометрії внутрішньої півеліптичної тріщини.

Практичне використання результатів підтверджено їх застосуванням у ТОВ НВП з П «УКРТРУБОІЗОЛ».

6. Особиста участь автора в отриманні наукових та практичних результатів

Основні результати дисертаційної роботи здобувачкою отримано особисто або за її безпосередньої участі. Авторкою проаналізовано сучасний стан проблеми, побудовано розрахункову схему для визначення напружено-деформованого стану трубопроводу з внутрішньою півеліптичною тріщиною, виконано моделювання розподілу дифузійно-рухомого, пасткованого та сумарного водню в трубній сталі.

Здобувачкою проаналізовано вплив внутрішнього тиску, форми тріщини та концентрації водню на залишкову довговічність трубопроводу, опрацьовано експериментальні залежності характеристик циклічної тріщиностійкості від концентрації водню, побудовано розрахункову модель росту тріщини та сформульовано основні висновки дисертаційної роботи.

У працях, опублікованих у співавторстві, здобувачці належать результати математичного моделювання, числових розрахунків, аналізу отриманих залежностей і формулювання висновків.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 7 наукових праць, з них 4 статті у наукових виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Scopus/Web of Science, та 3 публікації у збірниках тез міжнародних наукових конференцій.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Chepil O. Y., **Soviak I. M.**, Syrotyuk A. M. Evaluation of hydrogen concentration distribution near a semi-elliptical crack in a pipeline. *Materials Science*. 2025. Vol. 61, No. 3. P. 383–391. <https://doi.org/10.1007/s11003-025-01004-8> (Scopus (Q3); Web of Science Core Collection (Q4, JIF 2025 = 0,9)). *Особистий внесок здобувачки*: розроблено тривимірну скінченно-елементну модель трубопроводу з півеліптичним тріщиноподібним дефектом, виконано моделювання його напружено-деформованого стану та дифузії водню. Спільно зі співавторами проведено аналіз розподілів концентрації водню та гідростатичних напружень поблизу дефекту. Здобувачка брала участь в опрацюванні результатів, установленні закономірностей впливу геометричних параметрів дефекту на локалізацію водню та формулюванні висновків.

2. Chepil O. Y., **Soviak I. M.**, Syrotyuk A. M. Analysis of the residual life of a defective pipeline for transporting hydrogen-containing environments. *Materials Science*. 2025. Vol. 61, No. 5. P. 651–659. <https://doi.org/10.1007/s11003-026-01037-7> (Scopus (Q3); Web of Science Core Collection (Q4, JIF 2025 = 0,9)). *Особистий внесок здобувачки*: виконано розрахункове моделювання розвитку тріщиноподібного дефекту в трубопроводі, проведено апроксимацію параметрів втомного росту тріщини за допомогою аналітичних залежностей та параметричний аналіз впливу концентрації водню на залишкову довговічність трубопроводу. Побудовано аналітичні залежності, опрацьовано й узагальнено результати розрахунків, установлені закономірності зміни

залишкової довговічності трубопроводу залежно від концентрації водню та сформульовано висновки.

3. Hembara O. V., Syrotyuk A. M., **Soviak I. M.**, Sapuzhak Y., Hembara N. T., Hrynenko M. V. Analytical Estimation of Hydrogen Concentration in a Defective Material. *Materials Science*. 2023. Vol. 59, No. 4. P. 426–433. <https://doi.org/10.1007/s11003-024-00794-7> (Scopus (Q3); Web of Science Core Collection (Q4, JIF 2023 = 0,7)). *Особистий внесок здобувачки*: виконано аналіз та інтерпретацію результатів аналітичного оцінювання розподілу концентрації водню в матеріалі з дефектом, опрацьовано й узагальнено отримані результати, проаналізовано вплив напружено-деформованого стану на локалізацію водню поблизу дефекту, встановлено відповідні закономірності, взято участь у формулюванні висновків.

4. Hembara O. V., Holian O. M., Chepil O. Y., Paliukh V. M., Sapuzhak Y. I., **Soviak I. M.** Assessing of the Life Time of a Shaft with a Crack in Hydrogen. *Materials Science*. 2023. Vol. 59, No. 2. P. 191–197. <https://doi.org/10.1007/s11003-024-00762-1> (Scopus (Q3); Web of Science Core Collection (Q4, JIF 2023 = 0,7)). *Особистий внесок здобувачки*: виконано аналіз та інтерпретацію результатів оцінювання довговічності вала з тріщиною у водневмісному середовищі, досліджено вплив водню на кінетику розвитку тріщини та залишкову довговічність вала, опрацьовано й узагальнено отримані результати, встановлено закономірності зміни довговічності залежно від умов наводнювання, взято участь у формулюванні висновків.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. **Soviak I.** Influence of hydrogen concentration and crack geometry on the residual lifetime of pipeline steels. *Materials Science and Surface Engineering (MSSE-2025)*: Book of Abstracts of International Young Scientists Conference, September 24–26, 2025, Lviv, Ukraine: Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS of Ukraine, 2025. P. 233–236.

6. Sapuzhak Ya., **Soviak I.** Assessment of the residual lifetime of a defective pipeline at different hydrogen concentrations in the metal. *Materials Science and Surface*

Engineering (MSSE-2023): Book of Abstracts of International Young Scientists Conference, September 27–29, 2023, Lviv, Ukraine: Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS of Ukraine, 2023. P. 204–207.

7. Hembara O., Chepil O., **Soviak I.** Influence of a corrosive environment and hydrogenation on metal creep. *Problems of Corrosion and Corrosion Protection of Materials (Corrosion-2022): Book of Abstracts of the XVI International Conference, November 15–17, 2022, Lviv, Ukraine / Eds. S. Korniy, M.-O. Danyliak, Yu. Rizun. Lviv: Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS of Ukraine, 2022. P. 6.*

ВВАЖАТИ:

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, що містить науково обґрунтовані результати, є актуальною, має наукову новизну, теоретичне та практичне значення. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 7 наукових праць, 4 з них – статті, надруковані у наукових виданнях, що входять до баз даних Scopus та Web of Science. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 31.05.2019 № 759), «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами від 08 травня 2024 р.).

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Розрахунково-експериментальна модель прогнозування впливу концентрації водню у металі на довговічність трубопроводів із тріщиноподібними дефектами», подану Іванною Миколаївною Сов'як на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 – Прикладна математика, до захисту.

2. Головою спеціалізованої разової вченої ради призначити:

Ірину Ярославівну Долінську – доктора технічних наук, професора, провідного наукового співробітника відділу акустичних методів та засобів технічної діагностики Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України;

Рецензентами призначити:

Греділь Мирославу Іванівну – доктора технічних наук, старшого дослідника, старшого наукового співробітника відділу корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України;

Івантишин Наталію Андріївну – кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника відділу теоретичних основ механіки руйнування Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України;

Опонентами призначити:

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

Володимира Володимировича Віру – кандидата технічних наук, доцента, заступника директора з науково-педагогічної роботи Інституту будівництва та інженерних систем, доцента кафедри опору матеріалів та будівельної механіки НУ «Львівська політехніка»;

Голова наукового семінару,

д.т.н., професор,

член-кореспондент НАНУ



Ігор ДМИТРАХ

Вчений секретар

ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАНУ

к.т.н., ст.н.с.



Валентина КОРНІЙ