

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка»
доктору технічних наук, професору
Винникову Юрію Леонідовичу

ВІДГУК

**офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, першого
проректора Національного технічного університету «Дніпровська
політехніка» Павличенка Артема Володимировича на дисертаційну роботу
Степового Євгена Борисовича на тему «Розвиток теоретичних основ
запобігання забруднення довкілля при транспортуванні вуглеводнів»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
183 «Технології захисту навколишнього середовища» галузі знань
18 «Виробництво та технології»**

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Тема дисертаційної роботи Степового Є.Б. є актуальною та своєчасною, оскільки спрямована на розв'язання важливої науково-прикладної проблеми забезпечення екологічної безпеки під час експлуатації магістральних нафтопроводів. У зв'язку зі значним ступенем зношеності трубопровідної інфраструктури та зростанням ризиків аварійних ситуацій особливої актуальності набуває розроблення науково обґрунтованих методів запобігання забрудненню довкілля, спричиненому порушенням герметичності трубопровідних систем.

Більшість магістральних нафтопроводів України експлуатується понад нормативні строки, що призводить до поступового розвитку деградаційних процесів у матеріалі труб. Однією з основних причин зниження їх експлуатаційної надійності є електрохімічна та біоелектрохімічна корозія, інтенсивність якої визначається властивостями ґрунтового середовища, технічним станом ізоляційного покриття, локальними неоднорідностями та іншими чинниками експлуатації. За таких умов особливого значення набувають прогнозування розвитку корозійних процесів і достовірне оцінювання залишкового ресурсу трубопроводів.

Додаткову актуальність дослідженню надає те, що сучасні методики оцінювання довговічності магістральних нафтопроводів не повною мірою враховують сукупний вплив електрохімічних і біологічних механізмів корозійного руйнування. Саме тому розроблення математичних моделей розвитку корозії та вдосконалення методів визначення залишкового ресурсу трубопровідних систем є важливим як для розвитку відповідного наукового напрямку, так і для підвищення безпеки та надійності експлуатації об'єктів нафтотранспортної інфраструктури.

Зв'язок роботи з науковим програмам, планами, темами.

Тематика дисертаційного дослідження відповідає пріоритетним напрямкам державної політики у сфері екологічної безпеки та сталого природокористування. Робота узгоджується з положеннями Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату до 2030 року, Національної економічної стратегії України до 2030 року, Національної транспортної стратегії України, а також інших нормативно-правових документів, що визначають засади безпечної та ефективної експлуатації об'єктів нафтогазового комплексу.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Наукові результати, наведені в дисертації, є достатньо обґрунтованими та достовірними. Їх переконливість забезпечується застосуванням комплексу сучасних теоретичних, математичних і експериментальних методів дослідження, а також системним підходом до вирішення поставлених наукових і прикладних завдань.

Теоретичну основу роботи становить ґрунтовний аналіз вітчизняних і зарубіжних наукових праць, присвячених проблемам екологічної безпеки трубопровідного транспорту, процесам корозійного руйнування металу та методам оцінювання залишкового ресурсу магістральних нафтопроводів.

Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням сучасного математичного апарату, проведенням експериментальних досліджень корозійної активності ґрунтів і високим рівнем узгодженості теоретичних розрахунків із результатами експериментів.

Мету, об'єкт і предмет дослідження сформульовано коректно та відповідно до теми дисертації. Визначені завдання є логічно взаємопов'язаними й у сукупності забезпечують досягнення поставленої мети. Висновки за окремими розділами та загальні висновки відзначаються послідовністю, аргументованістю та повною мірою відображають основні результати проведеного дослідження.

До безперечних переваг дисертаційної роботи належать логічна структура викладу, послідовне розкриття наукової проблематики та органічне поєднання теоретичних положень, результатів математичного моделювання й експериментальних досліджень, що забезпечує цілісність і завершеність дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у розв'язанні актуального наукового завдання, спрямованого на розвиток теоретичних засад запобігання забрудненню довкілля під час транспортування вуглеводнів шляхом удосконалення підходів до оцінювання залишкового ресурсу магістральних нафтопроводів. Узагальнення основних висновків і результатів дисертаційної роботи, а також вивчення особистого внеску дисертанта у вирішенні обраної ним наукової проблеми, дозволяє зробити висновок, що суттєвим в науковому і практичному значенні є результати дисертаційної роботи, які містять такі елементи наукової новизни:

- вперше розроблена методика оцінювання залишкового ресурсу ділянок нафтопроводів, що враховує як поперечний, так і повздовжній перерозподіл електрохімічних параметрів та особливості перебігу корозії у зонах зварних з'єднань;

- отримано емпіричну залежність, що дозволяє розрахувати глибину корозійного враження стінки трубопроводу, яка враховує як поперечний, так і повздовжній перерозподіл електрохімічних параметрів та особливості перебігу корозії у зонах зварних з'єднань та біокорозійні процеси;

- набула подальшого розвитку математична модель біокорозійного процесу на ділянках нафтопроводів із пошкодженим ізоляційним покриттям, яка базується на визначенні параметрів електричного поля в системі «метал – електроліт» та дозволяє оцінювати розподіл потенціалів і корозійних струмів у зоні дефекту, розрахунки за якою дозволяють прогнозувати корозійні втрати металу трубопроводу в тріщинах ізоляційного покриття при попаданні в них агресивних електролітичних розчинів незалежно від їх хімічного складу.

Теоретична цінність та практичне значення результатів дослідження.

Практична значущість дисертаційної роботи полягає в розробленні науково обґрунтованих підходів до оцінювання технічного стану сталевих магістральних нафтопроводів і прогнозування строків їх безпечної експлуатації з урахуванням впливу корозійних процесів.

Запропоновані математичні моделі та методичний інструментарій забезпечують можливість своєчасного виявлення найбільш уразливих ділянок трубопроводів, підвищення достовірності оцінювання їх залишкового ресурсу та прийняття ефективних технічних рішень, спрямованих на запобігання аваріям і витокам нафтопродуктів.

Практична цінність отриманих результатів підтверджується їх впровадженням у діяльність НГВУ «Полтаванафтогаз» АТ «Укрнафта», а також використанням у освітньому процесі Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» під час викладання фахових дисциплін для здобувачів вищої освіти за спеціальностями 185 «Нафтогазова інженерія та технології» та 101 «Екологія».

Повнота викладу результатів дослідження та їх апробація.

Результати дисертаційного дослідження належним чином висвітлені у наукових публікаціях автора та пройшли необхідну апробацію в науковому середовищі. Основні положення роботи доповідалися на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях, де отримали позитивну оцінку фахівців.

За темою дисертації опубліковано 19 наукових праць, серед яких 6 статей у фахових виданнях України та матеріали наукових конференцій різного рівня. Публікації достатньо повно відображають зміст дисертації, а їх кількість і якість відповідають вимогам, встановленим для здобуття ступеня доктора філософії.

В опублікованих наукових працях розкривається сутність та зміст положень, задекларованих автором як таких, що містять елементи наукової

новизни. В дисертації Степового Є.Б. використано лише ті результати досліджень, які були отримані ним особисто. У публікаціях, виконаних у співавторстві, особистий внесок дисертанта відображено повною мірою. Кількість, обсяг і якість друкованих праць відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України.

Анотація дисертаційної роботи відповідає її змісту, коректно відображає основні результати та характеризується логічністю викладу.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 178 сторінок.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність дослідження, що спрямоване на підвищення рівня екологічної безпеки при експлуатації сталевих нафтопроводів за рахунок удосконалення моніторингу електрохімічних параметрів корозії сталевих труб та розробки методів подовження їх експлуатаційного ресурсу. Сформульовано мету, яка полягає у формуванні теоретичних основ запобігання забрудненню довкілля при транспортуванні вуглеводнів з дотриманням вимог безпечної експлуатації за умов електрохімічної і біоелектрохімічної корозії в неоднорідних ґрунтових середовищах. Також чітко визначено завдання, об'єкт і предмет дослідження, окреслено методичну базу, наукову новизну, теоретичне значення і практичну цінність отриманих результатів. Узагальнено, що робота спрямована на підвищення екологічної безпеки нафтогазового комплексу шляхом застосування запропонованої методики оцінювання залишкового ресурсу екологічно безпечної експлуатації нафтопроводів.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан досліджень з питань оцінювання та забезпечення надійності експлуатації сталевих нафтопроводів, роль і стан трубопровідного транспорту у формуванні техногенного навантаження на довкілля. Систематизовані основні причини втрати герметичності трубопроводів, корозійні процеси як фактор екологічного ризику трубопровідних систем. Проаналізовані сучасні наукові підходи до забезпечення екологічної безпеки трубопроводів, відомі математичні моделі корозії сталі, а також методи оцінювання залишкового ресурсу сталевих нафтопроводів. Сформульовано наукову концепцію дисертаційної роботи та конкретизовані задачі дослідження.

Другий розділ присвячено методичному забезпеченню дослідження. Обґрунтовано вибір об'єктів дослідження та розроблено комплекс методів, необхідних для оцінювання впливу ґрунтових умов на перебіг біокорозійних процесів сталевих нафтопроводів. Для найбільш характерних типів ґрунтів в районах прокладання трубопроводів – чорнозем типовий, глина та торф визначено фізико-хімічні властивості, корозійну активність, вологість, кислотно-лужні властивості ґрунтового середовища. Приведені результати оцінки швидкості біокорозії сталі з використанням гравіметричного методу за втратою маси сталевих зразків після експонування у природному та штучно активізованому біокорозійному середовищі. Розраховано швидкість корозії, густину корозійного струму та глибинний показник корозії. Виявлені умови

розвитку сульфатвідновлювальних бактерій та оцінено наявність факторів, що сприяють перебігу біокорозійних процесів. Обґрунтовано комплекс експериментальних і розрахункових методів, що забезпечує методичне підґрунтя для подальшого моделювання біокорозійних процесів та оцінювання впливу ґрунтових умов на екологічну безпеку експлуатації магістральних нафтопроводів.

У третьому розділі наведені результати математичного моделювання та експериментального дослідження корозійних процесів у сталевих нафтопроводах в неоднорідних ґрунтових середовищах. Визначені загальні передумови формування математичних моделей для моделювання процесів деградації трубопровідних систем, корозійного стану нафтопроводу за умов роботи поперечних та поздовжніх макрогальванічних пар, корозійного процесу у зварних з'єднаннях, біокорозії сталі в ґрунтовому біосередовищі, біокорозійного процесу на зовнішній поверхні нафтопроводу, а також дослідження оцінки впливу ґрунтової біокорозії на метал трубопроводу. Доведено, що в природних анаеробних ґрунтах на корозію може істотно впливати мікробіологічний фактор, зокрема діяльність сульфатвідновлювальних бактерій. Обґрунтована можливість застосування запропонованих методів для прогнозування корозійного стану трубопроводів та оцінювання їх залишкового ресурсу з урахуванням реальних умов експлуатації.

У четвертому розділі приведені результати розрахунку залишкового ресурсу ділянки сталевого нафтопроводу з урахуванням комплексного впливу корозійних процесів. Розроблено розрахункову залежність для визначення глибини локального корозійного ураження сталевого нафтопроводу за умов сталого впливу агресивного електролітичного середовища. Встановлено, що максимальна глибина корозійної виразки становить $3,8 \times 10^{-4}$ мм у торф'яному ґрунті за теплих аеробних умов, а мінімальна – $3,72 \times 10^{-5}$ мм у торфі за холодних анаеробних умов, що свідчить про більш ніж десятикратну різницю в інтенсивності локального корозійного руйнування залежно від умов експлуатації. Розроблено математичну модель зміни товщини стінки трубопроводу при періодичному проникненні ґрунтового електроліту через дефекти ізоляційного покриття. Встановлено, що частота проникнення електроліту до поверхні металу визначає середню щільність струму гальванічної пари та безпосередньо впливає на швидкість корозійного руйнування. Запропонована модель дає змогу прогнозувати розвиток корозійного процесу за умов періодичного зволоження незалежно від конкретного складу електроліту. Удосконалено методику оцінювання залишкового ресурсу сталевого нафтопроводу, яка базується на визначенні глибини корозійного ураження з урахуванням сумарної дії поперечних і поздовжніх макрогальванічних пар, локальної корозії в зонах зварних з'єднань та біокорозійних процесів. Отримані аналітичні залежності дозволяють визначати час до утворення першого наскрізного дефекту та прогнозувати залишковий ресурс трубопроводу за реальних умов експлуатації.

У висновках дисертації узагальнено основні положення дослідження. Систематизовано результати технічних рішень з мінімізації забруднення

довкілля при транспортуванні вуглеводнів шляхом застосування запропонованої методики оцінювання залишкового ресурсу екологічно безпечної експлуатації нафтопроводів. Сформульовано чіткі висновки щодо доцільності впровадження розроблених рішень для прогнозування технічного стану нафтопроводів з урахуванням зовнішньої корозії, обґрунтовувати строки проведення ремонтно-відновлювальних робіт та підвищувати екологічну безпеку експлуатації трубопровідних систем шляхом попередження аварійних витоків нафти. Систематизовано пропозиції щодо подальших досліджень, спрямованих на інтеграцію результатів у практику охорони довкілля та сталого розвитку територій на яких розміщено нафтопроводи.

Дотримання принципів академічної доброчесності.

Дисертаційна робота є завершеним, самостійно виконаним науковим дослідженням, у межах якого автором отримано оригінальні наукові результати, що характеризуються логічною цілісністю, внутрішньою узгодженістю та обґрунтованістю. Усі положення, висновки та практичні рекомендації, що винесені на захист, є результатом власних досліджень здобувача та відображають його особистий внесок у розв'язання поставлених наукових завдань. Проведений аналіз змісту роботи засвідчив належний рівень дотримання вимог академічної доброчесності. Використання наукових джерел здійснено коректно, із відповідними посиланнями на першоджерела, що забезпечує прозорість запозичень та дозволяє ідентифікувати їх походження. У роботі не виявлено ознак неправомірного використання чужих наукових результатів, зокрема академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації даних. Таким чином, дисертація Степового Є.Б. відповідає встановленим етичним і науковим стандартам, а представлені в ньому результати можуть вважатися достовірними, обґрунтованими та такими, що отримані автором самостійно.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи.

Позитивно оцінюючи результати дисертаційного дослідження, його наукову новизну та практичне значення, слід відзначити окремі недоліки й дискусійні аспекти, які можуть бути предметом подальшого наукового опрацювання:

1. У роботі переконливо показано екологічний та технічний ефект від використання запропонованих моделей і методики оцінювання залишкового ресурсу. Разом із тим доцільно було б доповнити дослідження оцінкою очікуваного еколого-економічного ефекту від їх впровадження, зокрема за рахунок зменшення витрат на ремонтні роботи, аварійні ситуації та ліквідацію наслідків забруднення довкілля.

2. У дисертації наведено математичні моделі для окремих випадків розвитку корозійних процесів (поперечні та повздовжні макрогальванічні пари, зони зварних з'єднань, біокорозія). Водночас потребує додаткового пояснення питання їх інтегрування в єдину модель оцінювання технічного стану трубопроводу за наявності одночасного впливу декількох механізмів деградації. Це дозволило б краще зрозуміти алгоритм практичного застосування

запропонованої методики.

3. У роботі досліджено вплив електрохімічної корозії, макрогальванічних процесів та біокорозії. Водночас поза увагою залишився вплив експлуатаційних факторів, таких як зміна робочого тиску, циклічні навантаження, температурні коливання та напружено-деформований стан трубопроводу. Комплексне врахування цих чинників дозволило б ще більше наблизити запропоновану методику до умов реальної експлуатації магістральних нафтопроводів.

4. В подальших дослідженнях для визначення сульфатів рекомендується застосувати методи аналізу, що дозволяють кількісно визначати їх концентрацію у водних розчинах.

5. Які технічні рішення рекомендується реалізовувати для зменшення швидкості біокорозії сталі залежно від типів ґрунтових середовищ та специфіки впливу основних біотичних і абіотичних чинників на інтенсивність корозійних процесів.

6. Отримані результати рекомендується оформити у вигляді методичних рекомендацій для використання встановлених закономірностей корозії сталевих нафтопроводів для прогнозування змін прилеглих територій, визначення першочерговості заходів управління екологічною безпекою, а також для використання під час оцінки впливу на довкілля планованої діяльності, стратегічної екологічної оцінки, а також визначення залишкового ресурсу екологічно безпечної експлуатації сталевих нафтопроводів з урахуванням зазначених корозійних процесів.

7. Які заходи передбачені для попередження забруднення навколишнього середовища під час транспортування вуглеводнів, а також у випадку аварій, військових дій та розливів нафтопродуктів.

8. По тексту дисертації є певні орфографічні та стилістичні недоліки, відхилення в оформленні тексту роботи та списку використаних джерел літератури.

Загальний висновок до дисертаційної роботи та її відповідність установленим вимогам.

Дисертаційна робота Степового Є.Б. на тему «Розвиток теоретичних основ запобігання забруднення довкілля при транспортуванні вуглеводнів» є завершеною, самостійно виконаною науковою працею. Її положення містять наукову новизну та мають практичну цінність. У роботі на підставі проведених досліджень отримано результати, які є суттєвим авторським внеском у вирішення наукової проблеми, що виявляється в розвитку теоретичних засад запобігання забрудненню довкілля під час транспортування вуглеводнів. У роботі виконані вимоги, що ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, обґрунтовано актуальність теми, запропоновані висновки та пропозиції, що наведені в роботі, є достовірними, містять наукову новизну. Анотація дисертації достатньою мірою висвітлює основні наукові і практичні положення дисертаційної роботи і не містить інформації, не розглянутої у роботі. Основні положення дисертації доповідались на науково-практичних конференціях та опубліковані у наукових фахових виданнях.

Дисертація відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, а її автор, Степовий Євген Борисович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища галузі знань 18 Виробництво та технології.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор,
перший проректор Національного
технічного університету «Дніпровська
політехніка»



 Артем ПАВЛИЧЕНКО

Підпис засвідчую
в.о. ученого секретаря
НТУ «Дніпровська політехніка»



Олександра МАКУРИНА