

**офіційного опонента Говдяка Романа Михайловича
на дисертаційну роботу Федоровича Ігоря Ярославовича
«Оцінювання безпеки руйнування магістральних газопроводів
з виявленими поверхневими тріщиноподібними дефектами»,**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 - трубопровідний транспорт, нафтогазосховища

1 Актуальність теми дисертації

Загальна довжина магістральних газопроводів України перевищує 38,5 тис. км. Оскільки більша половина цих газопроводів експлуатується понад 30 років, тому виникають проблеми, пов'язані із забезпеченням їх надійності. Відомо, що в металі газопровідної труби в процесі тривалої експлуатації відбуваються структурні і фазові зміни внаслідок впливу робочих навантажень (напруження виникають під дією внутрішнього тиску в газопроводі та згинальних моментів, що зумовлені впливом ваги труби та локального перемищення ґрунту, а також від перепадів температури по довжині газопроводу), температури навколишнього середовища, ґрунтових вод, які призводять до зниження його міцності та скорочення терміну експлуатації. Крім того, суттєво знижує ресурс газопроводів сумісна дія робочих навантажень, корозійних середовищ та концентраторів напружень (вм'ятин, ризок, тощо), які змінюють механічні характеристики металу труб.

За статистикою, яка ґрунтується на результатах внутрішньотрубної дефектоскопії магістральних газопроводів України під час періодичної діагностики їх стану виявляється близько 5000-6000 корозійно-механічних пошкоджень та тріщиноподібних дефектів на кожні 100 км довжини.

У зв'язку з цим виникають питання стосовно того, яким чином експлуатувати діагностовані ділянки газопроводу надалі. Донедавна для оцінки надійності газопроводів використовувалась методологія кількісного ризик-аналізу, яка була основою для підходів до даної проблеми і базувалась на принципі «реагувати і виправляти». Для прийняття відповідних обґрунтованих рішень використовувались спеціальні нормативні документи, які дозволяли оцінити ступінь можливого ризику та оцінити вплив виявлених корозійно-механічних пошкоджень та тріщиноподібних дефектів на міцність металу газопровідної труби. Однак останнім часом набуває поширення та розвитку нова концепція допустимого технологічного ризику, що діє за принципом «передбачати і випереджати».

Одним із основних аспектів цієї концепції є врахування потенційного розвитку у процесі експлуатації наявних корозійно-механічних пошкоджень

та тріщиноподібних дефектів у стінці газопровідної труби, що зумовлено су-
місно дією робочих навантажень та середовищ, оцінки її залишкової довго-
вічності та прогнозування особливостей руйнування в експлуатаційних умо-
вах. а також усунення негативного впливу виявлених дефектів на працездат-
ність газопровідної системи.

У зв'язку з цим розроблення методики оцінювання умов руйнування
тривало експлуатованих магістральних газопроводів за підходами механіки
руйнування та результатами їх технічної діагностики, а також розроблення на
цій основі технології подовження їх працездатності є актуальною науково-
технічною задачею. Вирішенню цієї важливої наукової задачі присвячена ди-
сертаційна робота.

2 Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність забезпечується:

- чітким формулюванням проблеми, шляхів її вирішення та комплексним підходом при її розв'язанні;
- використанням для досягнення мети сучасних методів матеріалознавства, методів корозійно-механічних та корозійно-втомних досліджень;
- проведенням розрахункових досліджень з використанням числових методів;
- проведенням великого обсягу корозійно-механічних та корозійно-втомних досліджень згідно з вимогами відповідних нормативних документів, несуперечливість отриманих в роботі результатів та їх опосередкована узгодженість з відомими висновками інших дослідників;
- розробленою та прийнятою для впровадження у виробничий процес у філії УМГ “Прикарпатрансгаз” ПАГ “Укртрансгаз” методикою експрес прогнозування безпеки та умов руйнування тривало експлуатованих газопроводів.

Робота містить пов'язані між собою теоретичні і експериментальні дослідження, які у сукупності вирішують задачу адекватної оцінки залишкового ресурсу та потенційного ризику руйнування лінійних ділянок реальних дефектних газопроводів.

Оцінка змісту роботи

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Робота викладена на 166 сторінках, містить 58 рисунків, 45 таблиць та список використаних джерел містить 142 найменування.

У вступі наведено загальну характеристику дисертаційної роботи. Тут сформульована актуальність теми, мета і задачі досліджень, вказана наукова новизна одержаних результатів, практична цінність, особистий внесок здобувача, а також апробація роботи.

У першому розділі розглядається суть проблеми та обґрунтовано напрямки наукових досліджень. Зокрема, подається коротка характеристика надійності вітчизняної мережі магістральних газопроводів для транспортування природного газу. Розглянуто стан аварійності української, російської та європейської газотранспортних мереж. Проаналізовано характерні пошкодження та види руйнувань розглядуваних магістральних газопроводів.

Показано, що суттєві проблеми при експлуатації магістральних газопроводів створюють дефекти, які утворюються внаслідок руйнування ізоляційного покриття. Найбільш небезпечними з них є поверхневі дефекти – корозійні каверни, корозійно-механічні дефекти, корозійно-втомні тріщини, а також дефекти зварних з'єднань – тріщини, причому розвиток корозійно-втомних тріщин до критичних розмірів складає середньому 8-10 років. Крім того, в процесі тривалої експлуатації в металі магістральних газопроводів протікають деградаційні процеси, які після руйнування ізоляційного покриття та доступу ґрунтового електроліту пришвидшують розвиток утворених дефектів, зумовлюючи потенційно небезпечну аварійну ситуацію, яка може призвести до руйнування газопровідної труби. Для оцінки деградаційних процесів, ризику руйнування та залишкової довговічності дефектних тривало експлуатованих газопроводів найбільш ефективними є підходи та методи механіки руйнування матеріалів та конструкцій, які і покладено в науково-методологічну основу цієї роботи.

Дисертантом проведено критичний аналіз сучасного стану проблеми оцінювання ресурсу газопроводів з наявними корозійно-втомними дефектами, на основі якого сформульовано мету та задачі роботи.

Другий розділ присвячений методології експериментальних досліджень. Зокрема щоб оцінити оцінки закономірності розвитку тріщин у глибину стінки газопровідної труби із урахуванням дії експлуатаційних середовищ, а також визначити характеристики опору руйнуванню сталей газопровідних труб застосовано методику механіки руйнування. Параметри зони термічного впливу зварного шва досліджуваного фрагменту труби магістрально-го газопроводу “Київ – Західна Україна І нитка” визначали експериментально методами матеріалознавства. Нормальні залишкові напруження першого ряду в поверхневих шарах фрагментів газопровідних труб визначали після піскоструменевої обробки у різних часових режимах за методикою, розробленою у ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України. Щоб оцінити вплив поверхневих концентраторів напружень та ґрунтової води, поверхневого зміщення та

протикорозійної поверхневої обробки фрагментів металу газопроводів на його втому, автором було використано експериментальне обладнання кафедри механіки машин ІФНТУНГ.

У *третьому розділі* наведено результати досліджень базових характеристик тріщиностійкості металу тривало експлуатованих газопроводів за умови, що зміна асиметрії робочого навантаження не перевищує 20 %. При цьому вивчали особливості розвитку тріщини в досліджуваних середовищах як в осьовому, так і у поперечному напрямках труби. Крім того, досліджували особливості розвитку тріщини, що розвивається вздовж зварювального шва газопровідної труби, попередньо визначивши розміри зони термічного впливу зварного з'єднання. Виявлено відчутний вплив корозійного середовища NS4 (модель ґрунтової води) на швидкість поширення втомної тріщини у тривало експлуатованих трубопровідних сталях як у повздовжньому, так і в поперечному напрямках газопровідної труби.

Крім того, було досліджено процес руйнування тривало експлуатованої сталі магістрального газопроводу. Встановлено, що вплив корозійного середовища (NS4) у верхній тріщини на зону передруйнування зменшує його тріщиностійкість на 13,3%.

Четвертий розділ присвячений експериментальній перевірці методики числової оцінки кінетики та зміни форми корозійно-втомних тріщиноподібних дефектів у процесі їх розвитку в стінці труби, яка засвідчила можливість застосування даної методики для інтерпретації виявлених в процесі технічного діагностування тріщиноподібних дефектів та дала змогу шляхом аналізування взаємозв'язку між початковими та граничними формами півеліптичних тріщин для досліджуваних магістральних газопроводів встановити критеріальну залежність. Крім того, запропоновано підхід, який дозволив визначити міцність та оцінити ризик руйнування газопровідних труб, за показником “опірність елемента конструкції (труби) поширенню тріщини” та визначити характерну глибину корозійно-втомної тріщини, починаючи з якої різко зростає швидкість зміни (dK_I/da) коефіцієнта інтенсивності напружень K_I .

У *п'ятому розділі* вивчали вплив експлуатаційних дефектів та корозійного середовища на працездатність експлуатованих газопроводів та можливість його усунення. Експериментально встановлено, що концентратори напружень більш як на порядок (в порівнянні з заданою базою експерименту) зменшують кількість циклів до руйнування досліджуваних фрагментів труб. Корозійне середовище також суттєво впливає на втомне руйнування досліджуваних фрагментів труб, оскільки кількість циклів до руйнування їх в повітряному середовищі більш ніж удвічі більша, в корозійному середовищі. Крім того, визначено оптимальні параметри зміцнення поверхні досліджуван-

них фрагментів газопровідних труб та встановлено, що кількість циклів до руйнування поверхнево зміцнених труб майже у сім більша за кількість поверхнево не зміцнених. Експериментально доведено, що кількість циклів до руйнування поверхнево зміцнених та оброблених протикорозійно досліджуваних фрагментів труб майже у тричі більша, ніж поверхнево зміцнених, але протикорозійно не оброблених.

Новизна результатів досліджень:

У результаті теоретичних та експериментальних досліджень уперше:

- отримано діаграми циклічної тріщиностійкості тривало експлуатованих трубних сталей 17Г1С та 10Г2СД, які є основою для оцінювання працездатності магістральних газопроводів “Київ – Західна Україна І нитка” та “Пасічна – Долина”;
- отримано критичні значення параметрів опору руйнуванню трубною сталі 17Г1С, з врахуванням яких встановлено руйнівні розміри наскрізних дефектів, що є підставою для експертних висновків про безпеку виявлених тріщиноподібних дефектів;
- запропоновано аналітичну залежність взаємозв’язку початкових та граничних розмірів тріщин, що є основою для прогнозування залишкової довговічності магістрального газопроводу з виявленими тріщиноподібними дефектами.

Цінність одержаних результатів для науки і практики:

- запропоновано аналітичну залежність взаємозв’язку між початковими та граничними розмірами тріщин, що є основою для прогнозування залишкової довговічності магістрального газопроводу з виявленими тріщиноподібними дефектами;
- отримано нові експериментальні дані про вплив на втомну міцність металу труб експлуатаційного середовища та тріщиноподібних дефектів, що дає можливість трактувати результати технічного діагностування магістральних газопроводів;
- запропоновано комплексний спосіб ремонту сталевих газопроводів, який підвищує опір утворенню зовнішніх тріщиноподібних дефектів на їх поверхні.
- розроблено методичні рекомендації «Експрес прогнозування безпеки та умов руйнування тривало експлуатованих газопроводів», які прийнято до впровадження у виробничий процес у філії УМГ «Прикарпаттрансгаз» ПАТ «Укртрансгаз» для інтерпретації результатів внутрішньотрубного обстеження та оцінки залишкового ресурсу лінійних ділянок магістральних газопро-

водів, а також при проведенні експертного аналізу причин руйнування газопровідних систем.

3 Повнота викладення матеріалу в опублікованих працях

Результати дисертаційної роботи повною мірою відображені в 17 наукових працях, із них 8 статей – у фахових наукових виданнях, 1 стаття у виданні, яке занесено до міжнародних наукометричних баз, є одна одноосібна праця, а також є один патент України. Зміст автореферату повністю розкриває основні положення дисертаційної роботи.

4 Зауваження по роботі

1. Під час проведення експериментальних досліджень доцільно було б провести оцінку закономірностей розвитку тріщин вглиб стінки газопровідної труби із урахуванням дії експлуатаційних середовищ, а також визначити характеристики опору руйнування сталей газопровідних труб провести за умови, що у процесі експлуатації метал трубопроводу зазнає впливу циклічного навантаження з коефіцієнтом асиметрії циклу $R \approx 0,9$, оскільки таке навантаження найбільш часто зустрічається у процесі експлуатації магістральних газопроводів.

2. Для оцінки потенційної можливості утворення та розвитку корозійно-механічних тріщиноподібних дефектів у зварних з'єднаннях газопровідних труб необхідно було б встановити базові електрохімічні параметри (густину струму корозії та потенціал корозії) його компонентів (зварного шва, зони термічного впливу та базового металу) з урахуванням терміну їх експлуатації, чинника складу корозійного середовища та температури навколишнього середовища, а також вивчити характер зміни густини корозійних струмів на зовнішній поверхні зварного з'єднання.

3. В роботі вивчались закономірності розвитку тріщини у глибину стінки газопровідної труби із боку зовнішньої її поверхні. Доцільно було також дослідити закономірності розвитку тріщини із внутрішнього боку поверхні газопровідної труби, зокрема вивчити особливості їх розвитку із верхньої та нижньої частини труби. Як агресивне середовище доцільно було б взяти мольдиль газозового конденсату, який активніше впливає на розвиток корозійно-втомних пошкоджень.

4. Для більш детального вивчення ступеня деградації тривало експлуатованих газопровідних сталей необхідно було б провести металографічні дослідження їх структури. Зокрема дослідити відмінності у структурі між новим і експлуатованим металами газопроводів.

5. Обсяг першого розділу дисертації, можна було б дещо скоротити без шкоди для висвітлення питання.

6. Частина літературних джерел, зокрема [1], [86], [109], [122], [134], на які здійснено посилання в дисертації, є застарілими.

7. У роботі зустрічаються описки і неточності термінології:

- на стор. 17 не вказано місця руйнування газопроводу;
- на рис.2.14 вказано датчики, а не давачі, хоча по тексту вказано тензорезистори;
- на деяких рисунках (рис. 1.3, 1.4) вказані іноземні позначення.

Зазначені вище зауваження не мають принципового характеру, не применшують цінності роботи, деякі з них можна розглядати як побажання автору в його подальшій роботі.

5 Загальний висновок по роботі

Дисертація Федоровича Ігоря Ярославовича «Оцінювання небезпеки руйнування магістральних газопроводів з виявленими поверхневими тріщинами подібними дефектами» виконана за актуальною тематикою, є обґрунтованою, має наукову новизну та практичну цінність.

Дисертація є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові, важливі в науковому і практичному сенсі результати, за якими запропоновано спосіб ремонту сталевих трубопроводів (Пат. 84769 Україна. Спосіб ремонту сталевих трубопроводів. Опубл. 25.11.2008), що суттєво сповільнює утворення втомних та корозійно-втомних тріщин на оброблюваній поверхні газопровідних труб та розроблені методичні рекомендації, які прийнято до впровадження у виробничий процес у філії УМГ “Прикарпаттрансгаз” ПАТ “Укртрансгаз”.

За змістом та оформленням дисертація відповідає вимогам п. 11 Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013, № 567. Автор дисертації Федорович Ігор Ярославович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 – трубопровідний транспорт, нафтогазосховища.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
генеральний директор інжинірингової
компанії “Машекспорт”



Р. М. Говдяк



*Візьму участь у
Дод. 059. 06. 2018р.
до 06. 2018р.
до спеціалізації
всіма речами
В. Г. Говдяк*