

## ВІДГУК

офіційного опонента Банахевича Ю.В. на дисертаційну роботу Грицанчука Андрія Валентиновича на тему *«Вплив пластових вод та гідратоутворення на корозію промислових трубопроводів»*, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 – **трубопровідний транспорт, нафтогазосховища**

Дисертаційна робота виконана в Івано – Франківському національному технічному університеті нафти і газу. Вона присвячена дослідженням та встановленням закономірностей сумісного впливу корозійного середовища, механічних напружень та гідратоутворень на корозію та довговічність промислових трубопроводів.

Дисертаційна робота, за винятком несуттєвих недоробок, оформлена у відповідності зі стандартом ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення". Дисертацію написано українською мовою. Подання матеріалу послідовне, розкриває повністю рішення поставленої проблеми, викладено технічно грамотною мовою.

Зміст автореферату відповідає змісту дисертації і дає повне уявлення про роботу.

### *1. Актуальність дисертаційної роботи.*

Одним з шляхів енергетичної незалежності України є нарощення видобутку власного природного газу. Для досягнення цієї мети необхідно нарощувати фонд видобувних свердловин, за рахунок впровадження в експлуатацію нових свердловин, розконсервацію старих та подальшої експлуатації існуючих. Так як більшість родовищ України перебувають на пізній стадії розробки, на вибої свердловин скупчується велика кількість високо





мінералізованих вод, що є одним з критичних моментів для підвищення швидкості корозії металу тіла промислових газопроводів. Негативний вплив газових гідратів утворених в композиції з такими водами сприяють більшій локалізації корозійних уражень. На кожному етапі процесу утворення гідрату, відбувається хімічна взаємодія між компонентами гідрату і трубопроводом, яка ініціює початок корозії, що в подальшому призводить до поступової деградації матеріалу і погіршення цілісності труби, тому проблема впливу пластових вод та гідратоутворень на технічний стан промислових газопроводів є дуже актуальною.

Метою дослідження даної роботи є встановлення закономірностей сумісного впливу корозійного середовища, механічних напружень та гідратоутворень на процеси корозії та довговічність промислових трубопроводів.

## *2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, їх новизна і достовірність.*

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи достатньо обґрунтовано. Під час виконання теоретико-експериментальних досліджень, автор використав сучасні методи механіки руйнування і корозійного руйнування металів, електрохімії. Обробку результатів та виведення аналітичних залежностей проводив з використання сучасних програмних пакетів, тому їх достовірність не викликає сумніву.

В дисертаційній роботі Грицанчука А.В. розвинуто науково-теоретичні підходи до розв'язку задачі забезпечення працездатності промислових газопроводів в процесі тривалого терміну роботи з урахуванням впливу експлуатаційних середовищ. Усі висновки дисертації ґрунтуються на викладених в розділах 2 – 4 теоретичних та експериментальних результатах та відповідають задачам дослідження. Науковою новизною роботи є те, що автором:

- встановлено закономірності сумісного впливу механічних напружень, концентрації хлоридів та гідратоутворення на швидкість та локалізацію



корозійних процесів. На основі аналізу геометричних розмірів дефектів розраховано ефективні коефіцієнти концентрації напружень і показано, що напруження в околі корозійних дефектів при штатних режимах експлуатації складають від 164 до 545 МПа;

- встановлено закономірності впливу концентрації корозивних компонентів пластових вод на швидкість корозії трубних сталей 17ГС та Ст20. Зафіксовано, що при концентрації 2,5 моль/л характер залежності змінюється зі степеневого на лінійний, що пов'язано із прискореним розчиненням пасивних плівок;

- враховано вплив гідратуутворення на швидкість корозії шляхом введення відповідного коефіцієнту. Експериментально визначено значення коефіцієнту впливу газового гідрату для умов рівномірної та локальної корозії, яке становить 1,13 та 1,32 відповідно, що свідчить про підвищення локалізації корозійних процесів під впливом газогідратів на 17%;

- досліджено вплив газогідратів на довговічність сталі трубопроводу. Встановлено, що зменшення довговічності становить від 15 до 25 %, а з урахуванням деградації матеріалу сягає до 1,7 разів, що свідчить про необхідність урахування гідратного чинника при оцінці залишкового ресурсу.

В процесі детального аналізу дисертаційної роботи та автореферату не виявлено сумнівних, неоднозначних чи необґрунтованих висновків та тверджень. Отже, ступінь обґрунтованості, достовірність наукових положень, розроблених автором, висновків та рекомендацій не викликає сумнівів

### *3. Практична цінність дисертації*

На підставі досліджених і встановлених здобувачем закономірностей впливу експлуатаційних середовищ поведінку матеріалу труб досягнуто наступних практичних результатів:

- розроблено методику фізичного моделювання роботи трубопроводу в умовах спільної тривалої дії агресивних середовищ із імітацією різких ациклічних перевантажень, у якій вперше змодельовано гідратуутворення за експлуатаційних термобаричних умов роботи;



- проведено аналіз складу газу, пластових вод, режимів роботи трубопроводів та річних коливань температури, основних нафтогазових регіонів України. За результатами хімічного аналізу пластових вод встановлено, що основним корозивним компонентом є хлориди, та розроблено модельні середовища для корозійно-механічних випробовувань;
- удосконалено математичну модель внутрішньої трубної корозії норвежського стандарту NORSOK шляхом введення коефіцієнту впливу гідратуутворення та складено докладний алгоритм її реалізації;
- за даними річних коливань температури повітря проведено математичне моделювання розподілу температури ґрунту по глибині для прогнозування промерзання ґрунту по регіонах;
- проведено оцінку потенційних ризиків гідратуутворення за нафтогазовими регіонами та чотирма характеристичними показниками: глибиною промерзання, середньою температурою холодного періоду, тривалістю холодної пори року та загальною протяжністю трубопроводів. Встановлено, що найвищі потенційні ризики припадають на родовища Машівсько-Шебелинського, Північного борту та Глинсько-Солохівського районів Східного нафтогазового регіону та Більче-Волицького району Західного нафтогазового регіону;
- розроблено та впроваджено на Пасічнянському газопромислі ГПУ «Львівгазвидобування» ДК «Укргазвидобування», та у навчальний процес кафедри РЕНГР у курсовому проектуванні: «Методику визначення ділянок трубопроводів із підвищеним ризиком газо гідратної корозії».

Перераховані розробки слугуватимуть підвищенню рівня експлуатаційної надійності промислових трубопроводів на ділянках із підвищеним ризиком газо гідратної корозії.



#### *4. Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях*

Основні результати дисертації опубліковані автором у 19 наукових працях, серед яких 11 наукових статей у фахових журналах (8 із яких у виданнях, які індексуються в наукометричних базах в тому числі 2 в наукометричній базі Scopus) та 8 публікацій матеріалів доповідей на конференціях. Таким чином, матеріали дисертаційного дослідження достатньо повного представлені у друкованих фахових виданнях та пройшли необхідну апробацію на багато чисельних міжнародних конференціях.

#### *5. Загальна оцінка змісту дисертаційної роботи та її довершеність.*

Дисертація Грицанчука А. В. є завершеною науковою роботою, яка складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (143 найменувань) та 2 додатків. Викладена на 126 сторінках машинописного тексту, містить 56 рисунків та 11 таблиць.

*У вступі* обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету і завдання дослідження, висвітлено наукову новизну та практичну цінність роботи. Подано інформацію про кількість публікацій, результати апробації на конференціях, особистий внесок здобувача в друкованих працях.

*У першому розділі* проведено критичний аналіз вітчизняних та закордонних джерел з проблеми корозійних уражень на внутрішній поверхні промислового трубопроводу. Основну увагу приділено опису газових гідратів. Проведено аналіз нафтогазових регіонів України, у вигляді структурування родовищ з природними вуглеводнями на нафтогазові регіони. У відповідності з цим сформульовано конкретизовані задачі досліджень.

*У другому розділі* описані матеріали та методики обрані для дисертаційного дослідження. Докладно описано зокрема методику корозійно-механічних випробовувань та методику аналізу пластових вод, відібраних з вибою видобувних свердловин. За результатами аналізу вод та літературних даних про нафтогазові регіони України обрано модельні середовища для



корозивних випробовувань. Окрім цього в даному розділі висвітлено:

- розроблення методики фізичного моделювання впливу газогідратів на матеріал трубопроводу за експлуатаційних термобаричних умов та сконструйовано дослідну установку;

- подальший розвиток методології дослідження шляхом доповнення експозицією досліджуваних матеріалів у газових гідратах;

- за результатами аналізу пластових вод досліджуваних родовищ встановлено, що основним корозивним компонентом є розчинні хлориди. Для корозійних та корозійно-механічних випробовувань запропоновано вісім модельних середовищ.

*У третьому розділі* описані основні положення по моделюванню корозії труб під дією газових гідратів. Проведено оцінку впливу концентрації напружень в залежності від дефектів внутрішньої стінки труби, та перераховано номінальні локальні напруження в стінці трубопроводу.

За даними річних коливань температури повітря проведено математичне моделювання розподілу температури ґрунту по глибині для прогнозування промерзання ґрунту по регіонах. чотирма характеристичними показниками: глибиною промерзання, середньою температурою холодного періоду, тривалістю холодної пори року та загальною протяжністю трубопроводів.

Проведено критичний аналіз існуючих моделей прогнозування швидкості корозії. Вибрано спосіб розрахунку швидкості корозії на базі норвезького стандарту та адаптовано його за рахунок коректного відображення та врахування всіх властивостей газорідинних потоків. На основі об'єднання декількох підходів розроблено математичну модель внутрішньої трубної корозії з урахуванням гідратоутворення шляхом введення коефіцієнт впливу гідратоутворення на швидкість корозії.

Запропонована модель дає змогу прогнозування корозійних процесів у газопроводах з урахуванням гідратоутворення. Проведено оцінку впливу тиску, температури на швидкість корозійних процесів і показано що при найсприятливіших умовах швидкість корозії під дією газогідратів може досягати 1 мм/рік.



Проведено оцінку потенційних ризиків гідратоутворення за нафтогазовими регіонами за чотирьома характеристичними показниками: глибиною промерзання ґрунту, тривалістю холодної пори року, середньою температурою холодного періоду та загальною протяжністю викидних ліній.

У *четвертому розділі* представлені основні закономірності впливу напруження та гідратоутворення на корозію і локалізацію корозійних процесів та на кінетику деформації зразків.

За результатами візуального огляду внутрішньої поверхні фрагментів викидних ліній встановлено значну локалізацію корозійних процесів. Для вибору рівнів напружень корозійно-механічних випробовувань проаналізовано кількість та геометричні розміри глибоких дефектів та розраховано ефективні коефіцієнти концентрації напружень у стінці труби, з урахуванням яких діапазон становить 164-545 МПа. Для випробовувань було вибрано напруження 240, 330, 420 та 510 МПа.

Встановлено закономірності впливу концентрації хлоридів на швидкість корозії трубних сталей 17ГС та Ст. 20 і зафіксовано різке збільшення швидкості корозії при концентрації хлоридів 2,5 моль/л, що, на нашу думку, зумовлено зміною механізму корозії внаслідок прискореного руйнування пасивних плівок.

За результатами корозійно-механічних випробовувань встановлено закономірності спільної дії механічних напружень, концентрації хлоридів та гідратоутворення на швидкість та локалізацію корозійних процесів. Розраховано коефіцієнти впливу гідратоутворення для загальної та локальної корозії, які становлять 1,13 та 1,32 відповідно, що підтверджує гіпотезу про інтенсифікацію локальної корозії внаслідок гідратоутворення.

Проведено втомні випробовування матеріалу трубопроводу після витримки у газогідраті за двома схемами та показано істотний вплив газогідратів на довговічність сталі трубопроводу, зменшення довговічності сягає 1,15-1,25 разів.

Ефективність запропонованої методики підтверджена виявленням корозійних пошкоджень під час планових шурфувальних робіт на трубопроводах.



## **6. Мова та стиль дисертації.**

Дисертаційна робота написана державною мовою, з використанням сучасної технічної термінології. Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.15.13 – трубопровідний транспорт, нафтогазосховища. Зміст автореферату повністю розкриває основні положення дисертаційної роботи.

## **7. Зауваження по роботі.**

1. Таблиця 3 на с. 14 автореферату необхідно видалити так, як не несе змістовного навантаження.

2. В роботі не наведено достатнього обґрунтування твердження, що з урахуванням деградації матеріалу та гідратуутворення довговічність зменшується 1,75 рази, однак.

3. В даній роботі слід було надати порівняння існуючих математичних моделей внутрішньо трубної корозії з аналізом їх переваг і недоліків.

4. Більшу увагу доцільно було б приділити дослідженню поверхневих явищ та їх вплив на метал і його опірність корозії на межі розподілу фаз метал – газовий гідрат.

5. На жаль в роботі відсутні розрахунки економічного ефекту від впровадження її практичних результатів.

6. В авторефераті та дисертаційній роботі зустрічаються описки, русизми та неточності.

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

## **8. Рекомендації щодо використання отриманих у роботі результатів**

Отримані у роботі наукові та науково-практичні результати рекомендуються до використання на підприємствах, яким безпосередньо підпорядковуються дані промислові трубопроводи при розробленні та



оптимізації заходів по виявленню ділянок з підвищеним ризиком газогідратної корозії.

Результати дисертаційного дослідження можуть використовуватися при викладанні професійно орієнтованих дисциплін для студентів спеціальності «Нафтогазова інженерія та технології».

### 9. Загальний висновок по роботі

Дисертаційна робота Грицанчука Андрія Валентиновича на тему «Вплив пластових вод та гідратоутворення на корозію промислових трубопроводів» є завершеною науковою працею, основні положення якої достатньо обгрунтовані. Робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.15.13 – Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища.

За змістом та оформленням дисертаційна робота Грицанчука А.В. виконана з дотриманням усіх вимог до кандидатських дисертацій у відповідності з п.п. 9, 11 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. за № 567, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 – Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища.

Начальник відділу експлуатації лінійної  
частини магістральних газопроводів  
філії «Оператор газотранспортної системи»  
ПАТ «УКРТРАНСГАЗ», доктор технічних  
наук

Ю.В. Банахевич

Вручене керівнику енергетичного управління  
власною рукопису 26.03.18  
Закордонний секретар (В.Р. Права)



Підпис Банашевича Ю.В.  
підтверджується  
Здобитим підписом  
Г.О.

