

- зовнішніх факторах – представлення будівельних машин, обладнання і споруджень як об'єктів, експлуатуються в визначеному множині серед і в заданій багатомірній режимі навантажень;

- механізмі візуалізації – дослідження багатомірних функцій присутності дефектів представлених зображеннями корозійного матеріалу і досліджуємих об'єктів в процесі корозійного дефектоутворення.

- адаптивний алгоритм візуалізації виявлення в динаміці невизначених раніше факторів і на основі їх проявлення дефектів реалізується по схемі: спостережуване стан об'єкта за вирахуванням раніше спостережуваного стану, апроксимованого на даний момент часу з урахуванням динаміки умов експлуатації і середовища експлуатації, за вирахуванням проявлених випадкових факторів, визначає проявлення не виявлених раніше або первинно виявлених факторів.

## Література

1. Горда О. В. Фільтрація зображень дефекту типу „тріщина” в оптичному діапазоні web-камер. Техніка будівництва. Вип. 21. 2008 р. с.134-138.
2. Михайленко В. М., Горда О. В., Технологія адаптивної фільтрації зображення дефекту типу «тріщина». Управління розвитком складних систем. Вип. 1, 2010 р. с. 65-68.

УДК 622.691

Банахевич Р.Ю., Крупка В.О., Марчук О.М.<sup>1</sup>

## ДОСВІД ДІАГНОСТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ВАНТОВОГО ПЕРЕХОДУ МГ ІВАЦЕВИЧІ – ДОЛИНА ІІ Н. ЧЕРЕЗ РІКУ ДНІСТЕР

*АННОТАЦІЯ. У даній статті був проведений аналіз напружено-деформованого стану переходу та наданий висновок щодо можливості проведення внутрішньотрубної діагностики (ВТД) на магістральних газопроводах.*

*Ключові слова: магістральні газопроводи, вантові споруди, аналіз напружено-деформованого стану.*

*АННОТАЦИЯ. В данной статье был проведен анализ напряженно-деформированного состояния перехода и предоставлено заключение о возможности проведения внутритрубной диагностики (ВТД) на магистральных газопроводах.*

*Ключевые слова: магистральные газопроводы, вантовые сооружения, анализ напряженно-деформированного состояния.*

*SUMMARY. In this article, an analysis of the stress-strain state of transition, and given the conclusion of the possibility of in-line inspection (ILI) in gas pipelines.*

*Key words: natural gas pipelines, cable-stayed structure, analysis of the stress-strain state.*

Система магістральних газопроводів (МГ), які експлуатуює ДК «Укртрансгаз» побудована впродовж, в основному, в 50 – 80-х роках минулого сторіччя і на сьогоднішній день має довжину 38552,8 км в односторонньому вимірі. Ці газопроводи перетинають багато природних та штучних перешкод, які облаштовані спеціальними переходами різноманітної конструкції і типу [2,3]. Особливий інтерес викликають конструкції переходів МГ через ріки, оскільки, практично, кожен з них збудований за окремим технічним рішенням, має свою специфіку і потребує від експлуатаційних служб виробничих підрозділів особливих певних заходів для підтримання проектних рішень та до-

тримання встановлених режимів транспортування газу, забезпечення безперебійної та безаварійної його роботи [1,2].

Серед надземних переходів МГ через ріки особливий інтерес викликають вантові споруди, які є досить унікальними і вимагають підвищеної уваги з боку експлуатаційних служб. В цій статті розглянемо роботу, яка була проведена спеціалістами Асоціації «Надійність машин і споруд» (м. Київ) разом з фахівцями нашого підприємства по діагностичному обстеженню вантового переходу МГ Івацевичі – Долина ІІ нитка (456,3 км) через ріку Дністер, який знаходиться поблизу села Заліски Жидачівського району Львівської області та

<sup>1</sup> Банахевич Р.Ю., УМГ «Львівтрансгаз» ДК «Укртрансгаз»; Крупка В.О., ДК «Укртрансгаз» НАК «Нафтогаз України»; Марчук О.М., ПрАТ «ГВІ ЗІТ Нафтогазбудізоляція».

має цілий ряд характерних саме для нього експлуатаційних факторів і саме тому вимагає до себе підвищеної уваги [5,6].

В процесі виконання згаданої роботи було виконано аналіз напружено - деформованого стану (НДС) цього повітряного переходу. В якості початкових даних використовувались результати інструментальної зйомки, які вказують на наявність великих переміщень труби в зоні повітряного переходу [6].

Метою роботи був аналіз напружено-деформованого стану переходу та видача висновку щодо можливості проведення внутрішньотрубною діагностики (ВТД). Проблема полягала в тому, що очисний та інтелектуальний поршні мають досить велику вагу та рухаються зі швидкістю 7-8 км/год. - 15 км/год. ( очисний та інтелектуальний відповідно), що зумовлює наявність інерційних сил на криволінійних ділянках. Крім того, до ваги поршня додається вага „бруд“, що накопичується перед ним під час проходження по газопроводу, величина якої на сьогоднішній день невідома, оскільки з початку експлуатації згаданого газопроводу, зважаючи на конструктивні особливості його переходів через ріки Дністер та Свіча, очистка з допомогою пропуску поршнів жодного разу не проводилась [4]. Також було відомо, що візуальний огляд вантового переходу через ріку Дністер (див. рис. 1, 2) вказував на наявність нахилу пілонів, защемлення вантів на пілонах та скривлення осі трубопроводу. Такі зміни в порівнянні з проектною конфігурацією викликали необхідність додаткової та ретельної перевірки міцності конструкції переходу.



Рис.1 Зовнішній вигляд повітряного переходу.

В роботі для визначення напружено-деформованого стану повітряного переходу за результатами інструментальної зйомки положення точок труби було використано програмний комплекс "3DPipeMaster", що дозволяє побуду-

вати модель, близьку до реальної геометрії переходу та виконати її розрахунок за різних умов навантаження (власна вага, внутрішній тиск, температурний перепад) [6].

#### Паспортні дані вантового переходу наведено нижче і мають такий вигляд:

Найменування об'єкта	Повітряний перехід через р.Дністер газопроводу «Івацевичі-Долина» 456,3 км II нитка
Місце розташування	с.Заліски, Ходорівського р-ну, Львівської обл. GPS координати: N49°23'30", E24°13'13"
Власник	Бібрське ЛВУМГ, Філія УМГ "Львівтрансгаз", ДК "Укртрансгаз"
Категорія ділянки	III
Дата введення в експлуатацію	1976
Розміри, матеріали:	
а) діаметр (зовнішній), мм	1220
б) довжина, м	158,5
в) товщина стінки труби, мм	17,0
г) товщина стінки згинів, мм	30,0
д) марка сталі	17Г1С



Рис. 2 Вигин труби в горизонтальній площині за напрямком руху газу.

Період проведення обстеження – травень - листопад 2007 р.

Інструментальна зйомка виконувалася за допомогою тахеометра TRIMBLE DR-3305. Прилад дозволяє одержати координати точок труби в декартовій системі координат XYZ. Зйомка виконувалась для верхньої твірної труби. На рис.3 показано точки повітряного переходу та реперів у площині XY. На рисунку видно, що в площині XY ділянка між пілонами є криволінійною. Максимальне горизонтальне відхилення від прямої лінії в центральній частині переходу складає 67 см. На рис.10 показана залежність прогину точок від координати X. Прогин в точках кріплення вантів дорівнює 30 см, в центральній частині – 37 см [6].

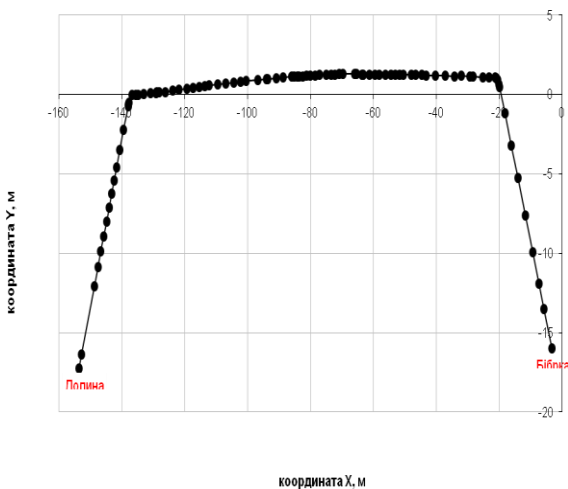


Рис.3. Точки повітряного переходу в площині XY.

Розрахунок НДС переходу з врахуванням підземних ділянок виконаний за допомогою програмного комплексу (ПК) "3DPipeMaster". ПК "3DPipeMaster" розроблений в Інституті проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України і призначений для розрахунку складних просторових багатоконтурних розгалужених трубопровідних систем за статичного та динамічного навантаження.

Результати аналітичного та чисельного розрахунків показали, що при навантаженні додатковим зусиллям по 25тс в обох точках кріплення вантів практично співпадають. Загальні напруження в вантах досягають близько 400 МПа, що в 2 рази менше за границю міцності.

При прикладанні додаткового зусилля 50 тс в одній точці кріплення вантів загальні напруження в вантах досягають 400 МПа, що в 2 рази менше за границю міцності. При цьому додаткові напруження в трубі сягають 200 МПа, а додаткові напруження в пілонах 40 МПа. Такий великий рівень напружень свідчить про те, що за такого навантаження в трубі та пілоні можливі пластичні деформації.

Крім того, в ході цієї роботи проводились співставлення отриманих результатів з використанням ПК "3DPipeMaster" з результатами, отриманими за допомогою відомого російського

ПК "АСТРА", де додаткове навантаження в місцях кріплення вантів дорівнює 10 кН. За дії такого додаткового навантаження отримано, що розрахункові значення відрізняються в межах 50%, наприклад, значення сумарного осевого зусилля в чотирьох вантах VI:  $P_{VI} = 7,5кН$  для ПК "3DPipeMaster" та  $P_{VI} = 5,1кН$  для ПК "АСТРА". Зробивши додаткові перевіряючі обчислення прийшли до висновку, що використання ПК "АСТРА" приводить нас до невірних значень, які не співмірні ні з розрахунковими ПК "3DPipeMaster", ні з результатами замірів [5,6].

Потім в ході проведення роботи виконано розрахунок зусиль та напружень в згаданій ділянці газопроводу під час руху поршня при умовах, коли:

- поршень рухається по криволінійних ділянках переходу;
- поршень рухається по центральній прямолінійній ділянці переходу.

Результати розрахунків показано на рис. 4.

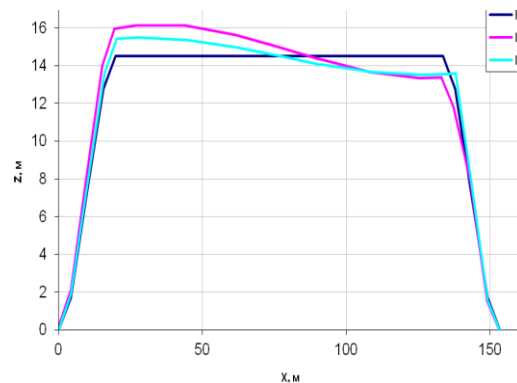


Рис.4. Переміщення трубопроводу при русі поршня вагою 1тс.

Після проведення цілого комплексу робіт з діагностування вантового переходу та проведення розрахунків були зроблені наступні висновки [1,4,5,6]:

1. Результати інструментальної зйомки свідчать про наявність великих горизонтальних переміщень (близько 60 см в центральній частині переходу), вертикальних переміщень (30 см в місцях кріплення вантів та 38 см в центральній частині переходу), переміщень верхніх точок пілонів (22 та 17 см). Каткові опори, на які спірається труба на пілонах знаходяться в неробочому стані. Труба з'їхала з катків в напрямку вигину в горизонтальній площині та впирається в них, що є недопустимим.

2. За результатами інструментальної зйомки в ПК "3D PipeMaster" побудовано модель труби повітряного переходу за наявності спостережуваних вертикальних переміщень. Для такої моделі за різних розрахункових режимів виконано

оцінку напружено-деформованого стану труби. Максимальні згинальні напруження досягають значення 60 МПа, а максимальні еквівалентні напруження не перевищують окружних напружень від тиску та дорівнюють 218 МПа.

Розрахунок за допомогою ПК "3D PipeMaster" показав, що таке переміщення можливе при надлишковій довжині труби 67 см, що є аналогом навантаження температурним перепадом  $\Delta T = 410^{\circ}C$ . При цьому враховувалось, що труба впирається в катки, які діють на неї з певною силою. Згинальні напруження в трубі за такого навантаження складають 50 МПа. Якщо поставити трубу на катки, то сила протидії катків зникне, переміщення зменшаться на 9 см, а напруження зменшаться до 43 МПа.

Причина наявності великих горизонтальних переміщень полягає в надлишковій довжині труби, на що вказує характер zdeформованої геометрії за даними інструментальної зйомки.

3. За результатами замірів провисів вантів отримані значення сил натягу в них, які досягають 11 тс, що призводить до напружень близько 165 МПа та свідчить про виконання умови міцності для вантів. Результати обстеження вітрових розтяжок свідчать про те, що дві розтяжки знаходяться в натягнутому стані, а дві в ненапруженому стані. Максимальне значення сили натягу в натягнутих вітрових розтяжках складає 1,5 тс, що призводить до напружень близько 130 МПа та є допустимим.

4. Розрахунок зусиль на пілонах по замірних переміщеннях свідчить, що напруження в місцях защемлення пілонів дорівнюють 126,5 МПа для першого пілона (з переміщенням верхньої точки пілону на 22 см) та 97,8 МПа для другого пілона (з переміщенням верхньої точки пілону на 17 см). Такі напруження є допустимими. Але згідно геодезичних даних по пілонах їх нахил не відповідає традиційній кубічній параболі. Швидше за все нахил пілонів був допущений при будівництві переходу.

5. Проведено аналітичне та чисельне за допомогою ПК "3D PipeMaster" моделювання впливу додаткового навантаження на перехід, яке викликано наявністю поршня з брудом. Розглядалися 2 випадки в залежності від защемлення катків на пілонах.

При защемлених катках та додатковому навантаженні 50 тс додаткові зусилля в вантах досягають 15 тс, а загальні напруження становлять 400 МПа, що лише в два рази менше за межу міцності. При цьому додаткові напруження в трубі сягають 200 МПа, а додаткові напруження в пілонах 40 МПа. Такий великий рівень напружень свідчить про те, що за такого навантаження в трубі можливі пластичні деформації.

При вільних катках та додатковому навантаженні 50 тс додаткові зусилля в вантах досягають 12 тс, а загальні напруження становлять 340 МПа. При цьому додаткові напруження в пілонах сягають 120 МПа. Такий великий рівень напружень свідчить про те, що за такого навантаження в пілоні можливі пластичні деформації.

Отриманий рівень напружень в трубі та вантах свідчить про те, що додаткове навантаження на перехід не може перевищувати 40 тс.

6. Проведено аналіз зміни напружено-деформованого стану трубопроводу під час руху внутрішньотрубного поршня. Показано, що при русі поршня по трубі можливе виникнення додаткових переміщень в горизонтальній площині, які треба погасити. Виникнення додаткових горизонтальних переміщень може супроводжуватися динамічними ефектами, в результаті яких напруження в вітрових розтяжках значно збільшаться. В разі розриву однієї вітрової розтяжки на трубу буде діяти зусилля принаймні в 1,5 тс, яке стримує розтяжка. Дія такого зусилля призведе до додаткового переміщення труби в напрямку кривизни ще на 8 см.

Результатом проведеної роботи стали заходи, які були розроблені фахівцями УМГ «Львівтрансгаз» з метою підготовки згаданого переходу до ВТД, що на даний момент впроваджуються.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Новоселов В.Ф. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации газопроводов / В.Ф. Новоселов, А.И. Гольянов, Е.М. Муфтахов.-М.: Недра, 1982.- 136 с.
2. щесоюзные нормы технологического проектирования. Магистральные газопроводы. Часть 1. Газопроводы: ОНТП 51-1-85.- [введены 1986.01.01].- М.: Мингазпром.- 221с.
3. бопровідний транспорт газу / [М.П. Ковалко, В.Я. Грудз, В.Б. Михалків та ін.]: за ред. М.П. Ковалка.- К.: АренаЕКО, 2002.- 600 с.
4. А. Фролов, В.Ф. Новоселов –Учеб. Очистка полости действующих магистральных трубопроводов: Уфимский нефтяной институт 1989.- 349 с.
5. Положение по техническому обследованию и контролю за состоянием надземных переходов магистральных газопроводов: ВСН 39-1.10-003-2000 – М. ИРЦГП, 2000.
6. Моніторинг технічного стану МГ Івацевичі-Долина на ділянці вантового переходу через р. Дністер, 2-га нитка, 465,3-й км в процесі пропуску діагностичних поршнів / Технічний звіт, Асоціація "Надійність машин та споруд", Київ, 2000