

УДК 539.3

## КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПЕРЕХОДІВ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ БАЛКОВОГО ТИПУ

© Деркач М.П., 2005  
Філія УМГ “Львівтрансгаз”

© Зубик Й.Л., 2005  
ТзОВ НВП “Інтегратор”, м. Львів

© Кичма А.О., 2005  
Національний університет “Львівська політехніка”

*Проаналізовано нормативні документи і методики для оцінки технічного стану переходів магістральних газопроводів балкового типу і запропоновано шляхи їх удосконалення. Проведені багатоваріантні розрахунки визначення напружено-деформованого стану магістрального газопроводу довготривалої експлуатації на ділянках надземного переходу. Розроблені технічні рекомендації щодо розміщення опорних вузлів та обмеження експлуатаційних параметрів газопроводу внаслідок надмірних напружень в металі труб*

Газотранспортна система УМГ “Львівтрансгаз” включає більше 100 різних надземних переходів магістральних газопроводів через заплави річок, болота та водні перешкоди (рис.1). Біля 52% всіх газопроводів підприємства вже експлуатуються більше 25 років. Тому забезпечення задовільної працездатності таких потенційно-небезпечних ділянок є актуальною задачею [1].



Рис.1. Надземний перехід магістрального газопроводу (МГ) через заплаву річки Стрий

На безпечну роботу надземних переходів магістральних трубопроводів балкового типу довготривалої експлуатації впливає багато факторів. Вплив умов експлуатації надземних переходів

трубопроводів, що перетинають зсувний масив в гірських районах Карпат на їх напружено-деформований стан (НДС), розглянуто в роботі [2]. Автори роботи приходять до висновку, що магістральні газопроводи необхідно розглядати не тільки як інженерні споруди, а як складну геолого-технічну систему [3]. Вплив анізотропії трубних сталей на оцінювання напруженого стану трубопроводу ультразвуковим методом розглянуто в [4].

Огляд сучасних підходів і проблем нормативного забезпечення в Україні проведено в роботі [5]. Більшість нормативних документів і регламентів [6-9] не є систематизованими до такого рівня, щоб ними можна було ефективно користуватись для комплексного обстеження вказаних переходів. Поява нових діагностичних приладів, математичного та програмного забезпечення для аналізу результатів обстежень відкривають нові можливості проведення оцінки технічного стану надземних переходів магістральних газопроводів балкового типу [10]. Тому при обстеженні ділянок надземних переходів МГ довготривалої експлуатації необхідно застосовувати комплексний підхід, який включає передові технології діагностичних обстежень та розрахунку на міцність і довговічність.

Зупинимось на деяких особливостях оцінки технічного стану надземних ділянок МГ балкового типу довготривалої експлуатації, структурна схема комплексної оцінки яких приведено на рис. 2.

Для комплексної оцінки технічного стану таких ділянок пропонуємо наступні види обстежень та послідовність їх виконання.

На підготовчому етапі слід провести ретельний аналіз проектно-виконавчої і робочої документації та статистичних даних гідрометеослужб для виявлення таких важливих початкових даних, як інженерно-геологічна характеристика ґрунтів основи в зоні переходу, гідрологічний режим водної перешкоди (особливо для гірських річок), схема монтажу трубопроводу (розрізна, нерозрізна балка), температура, при якій здійснювалось зварювання замикаючого стику переходу, фізико-механічні характеристики трубних сталей.

Наступним кроком вважаємо за необхідне виконання геодезичного контролю просторового положення трубопроводу на опорах, а також положення опорної частини переходу, зокрема буронабивних залізобетонних паль та ростверків, залізобетонних анкерних опор тощо. Слід зазначити, що для ефективного періодичного контролю положення вказаних конструкцій доцільно створити стаціонарну реперну основу (зазвичай така основа відсутня). Це дозволило б виявити динаміку зміни положення конструктивної частини переходу і тим самим більш точно оцінювати її технічний стан. За допомогою програми, створеної на основі методу скінчених елементів (МСЕ), методом сплайн-апроксимації будується просторове положення трубопроводу, а також виконується попередня оцінка його НДС. Крім того, на цьому етапі проводяться розрахунки НДС опорної частини, такі як перевірка міцності залізобетонних опор за матеріалом, перевірка ґрунтів основи на сумісну дію вертикальних і горизонтальних навантажень тощо. Отримані результати дають можливість виявити найбільш небезпечні ділянки, яким приділяється особлива увага при проведенні неруйнівного контролю. В результаті виконання дефектоскопії визначаються зміни форми труби і товщини стінки, механічні пошкодження, а також поверхневі дефекти (тріщини, закати, забої, підриви, випучини, корозійні дефекти в місцях контакту труби з металевими опорами, раковини тощо). На основі результатів попередньої оцінки НДС та виявлених дефектів визначають місця для виконання інструментального контролю НДС. При цьому враховують можливі переміщення буронабивних трубобетонних палей під час повеней та весняного льодоходу. Зокрема, на переході МГ "Пукеничі-Дашава" через р. Стрий було підраховано, що горизонтальні переміщення голів палей довжиною 29 м і діаметром 1020 мм від тиску водяного потоку, або льодоходу може скласти кілька десятків міліметрів. Це в свою чергу, створює значні додаткові навантаження на трубопровід, тим самим

знижуючи його тримкість. Контроль НДС вище вказаного газопроводу виконувався в 8-ми точках, які рівномірно розміщені по периметру одного перерізу труби переходу трубопроводу. Визначення напружень проводили за допомогою приладів "MESTR-411" та "SMMT-3".

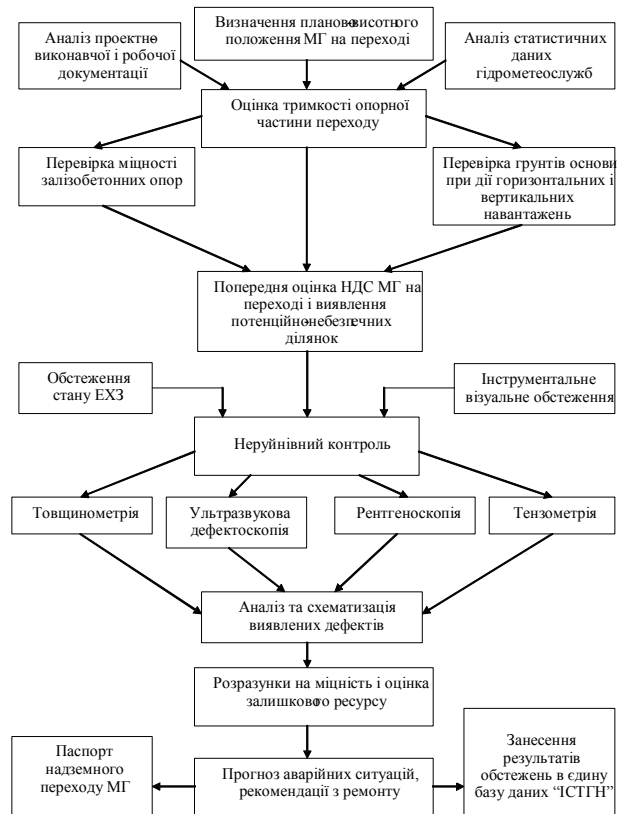


Рис. 2. Структурна схема комплексного підходу оцінки технічного стану надземних переходів магістральних газопроводів балкового типу

За результатами побудованих епюр розподілу напружень в перерізах трубопроводу, а також уточнених розрахунків НДС виявляють місця з максимальним рівнем напружено-деформованого стану.

Для комплексного розрахунку надземних ділянок газопроводів доцільно застосовувати метод скінчених елементів [10]. Запропоновані алгоритми і програмне забезпечення дозволяють визначити напружено-деформований стан трубопроводу, виконати розрахунки на статичну і динамічну міцність та визначити вібропараметри, власні частоти та їх форми. При розробці математичної моделі застосовували плоскі або об'ємні елементи типу PIPE, BEAM, TRIANG, SHELL, SOLID тощо. При цьому континуальна суцільна конструкція замінюється сукупністю скінчених елементів, з'єднаних між собою у вузлах кінцевим числом жорстких зв'язків. Інтегральні рівняння повної

енергії приводять до системи алгебраїчних рівнянь, яка відповідає числу ступенів вільності об'єкту розрахунку. Для цього в вузлах та всередині зони кожного дискретного елемента задають узагальнені переміщення та зовнішні навантаження. Істотним є вибір оптимального числа елементів та кількості вузлів таким чином, щоб забезпечити достатню точність розрахунків, а також визначення оптимального числа ітерацій [11].

При формуванні вхідних параметрів запропонованого програмного забезпечення враховують:

- 1) дійсне планово - висотне положення трубопроводу і його опор;
- 2) зміну тиску газу в трубопроводі за період між обстеженнями;
- 3) можливу зміну механічних характеристик металу труби;
- 4) зміну температури газу та навколишнього середовища в процесі експлуатації та інше.

Вихідні дані для розрахунків отримують безпосередньо з результатів обстежень. При розрахунках необхідно враховувати багаторічні статистичні дані, за якими визначають навантаження від льодоходу та водяного потоку на рамні конструкції переходу.

Запропонована програма є ефективною і дозволяє здійснювати багатоваріантні розрахунки. Створена бібліотека фасонних стандартних елементів та трубопровідної арматури.

Описаний підхід і програмне забезпечення були використані при оцінці технічного стану МГ "Пукеничі-Дашава" на ділянці надземного переходу через р. Стрий. Довжина переходу 523 м, компенсація поздовжніх переміщень – комбінована за рахунок Г- та Z- подібних компенсаторів. На вказаному переході максимальна довжина прольоту складає 34 м. Внаслідок поздовжніх переміщень і температурних деформацій відбулися значні зміщення осі газопроводу на металевих опорах, що призвело в свою чергу до руйнування деяких металевих ложементів.

Розглянутий перехід МГ змонтовано з труб з зовнішнім діаметром 530 мм і товщиною стінки 7,5 мм, виготовлених на заводі "Хомутов" (Чехословаччина) із сталі з такими механічними характеристиками: границя текучості  $\sigma_m=380$ МПа, границя міцності  $\sigma_s=530$ МПа; модуль Юнга  $E=2,1 \cdot 10^5$  МПа; коефіцієнт Пуассона  $\mu=0,3$ . Трубопровід навантажений внутрішнім тиском  $P_p=5,0$  МПа і власною вагою. Взаємодія трубопроводу з ґрунтом на ділянках МГ "земля – повітря" представляли у вигляді моделі пружно-пластичного тіла. Прилегли до них підземні ділянки вважали за напівскінченні балки на пружній основі. При визначенні крайових умов ділянки "земля –

повітря" враховували положення геометричної осі трубопроводу, фізико-механічні характеристики матеріалу труб і ґрунту та глибину укладання МГ.

Були проведені розрахунки визначення НДС МГ від зміни положення осі трубопроводу в процесі довготривалої експлуатації. Розрахунки НДС методом скінченних елементів виконані на основі сітки із оболонкових елементів типу SHELL. Сумарні напруження визначені на основі гіпотези Губера-Мізеса для одного з варіантів розміщення опор газопроводу приведені на рис. 3. Деформації ділянки газопроводу від зміни температури труби наведені на рис. 4.

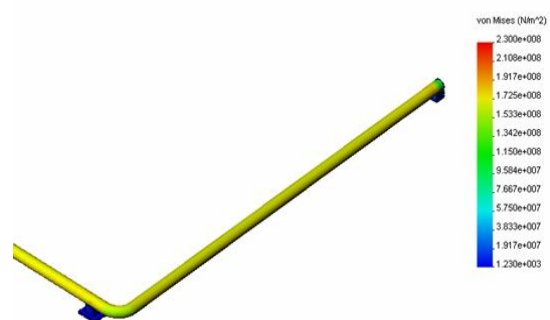


Рис.3. Результати визначення напружень в магістральному газопроводі отримані на основі методу скінченних елементів



Рис.4. Деформації ділянки газопроводу від зміни температури труби

Порівняльний аналіз результатів розрахунків, виконаних на підставі нормативних документів [7, 9] та методу скінчених елементів з одного боку, з результатами приладових вимірювань з іншого боку дали задовільну збіжність.

За результатами комплексних обстежень і визначення НДС проведені розрахунки на міцність і оцінено залишковий ресурс ділянки надземного переходу МГ. Були розроблені технічні рекомендації щодо розміщення опорних вузлів та обмеження експлуатаційних параметрів газопроводу внаслідок надмірних напружень в металі труб.

На основі результатів обстежень та розрахунків в УМГ "Львівтрансгаз" створюються паспорти надземних переходів МГ через заплави рік, болота та водні перешкоди, які входять у єдину інформаційну систему транспортування газу. Програмне забезпечення інформаційної бази дозволяє проводити широкий вибір довідково-аналітичних інтерфейсів у зручному для користувача форматі і забезпечує візуалізацію даних моніторингу ділянок надземних переходів магістральних газопроводів.

1. Деркач М.П., Кичма А.О. Сучасні підходи забезпечення ефективної роботи газотранспортної системи УМГ "Львівтрансгаз" // Тези доповідей 7-го Міжнародного симпозіуму українських інженерів-механіків у Львові. – Львів, 18-20 травня 2005. – С. 101. 2. Білобран Б.С., Лучко Й.Й., Климончук Р.В. Особливості роботи надземних переходів магістральних нафтопроводів у гірських умовах // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій. – Львів: Каменярь, 2002, Вип 5. – С. 455-462. 3. Лебединський В.С., Яковлев Н.М., Литвинов С.А., Соловьев Ю.А. Комплексний підхід к діагностиці магістральних газопроводов с учётом геоэкологических факторов // Материалы 14-й международной деловой встречи "Диагностика –2004". Диагностика промышленных коллекторов, линейной части магистральных и распределительных газопроводов, ГРС и КЗМГ. – М., 2004. – Том 2. Часть 1. – С. 69-73.

4. Шлапак Л.С., Коваль В.М., Олійник А.П. та інші. Вплив анізотропії трубних сталей на оцінювання напруженого стану трубопроводу ультразвуковим методом // Нафтова і газова промисловість.-2003, №3. – С.41-43. 5. Ориняк І.В., Розгонюк В.В., Торон В.М., Білик С.Ф. Ресурс, довговічність і надійність трубопроводів. Огляд сучасних підходів і проблеми нормативного забезпечення в Україні // Нафтова і газова промисловість. – 2003, № 4. – С. 54–57. 6. СОУ 60.3-30019801-006:2004 Стандарт організації України "Галузева система діагностичного обслуговування обладнання магістральних газопроводів та АГНКС" ДК "Укртрансгаз". – К., 2004. – 178 с. 7. Стандарт підприємства СТП 320.30019801.018-2000 Правила технічної експлуатації магістральних газопроводів. ДК "Укртрансгаз". – К., 2000. – 149 с. 8. Стандарт підприємства СТП 320.30019801.053-2002. – Магістральні газопроводи. Технічне обслуговування та ремонт підводних переходів. – К., 2002. –123 с. 9. СНиП 2.05.06-85. Магістральні газопроводи // Минстрой России. – М.: ГУП ЦПП. 1997.-60с. 10. Derewonko A., Malachowski J., Niezgodza T., Szymczyk W. Zastosowanie MES do oceny wpływu naprezen własnych na stan techniczny rurociagu // Materiały II Krajowej Konferencji Technicznej "Zarządzanie ryzykiem w eksploatacji rurociągów". – Plock, – 1999. – 219 s. 11. Зенкевич О.К., Чанг И. Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред. – М.: "Недра", 1975. – 239с.

УДК 620.179.14

## СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ВИХРОСТРУМОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА ОКО-01

© Луценко Г.Г., Джаганян А.В., 2005  
НВФ "Промприлад, м. Київ,

© Учанін В.М., 2005  
Фізико-механічний інститут НАН України, центр "Леотест-Медіум", м. Львів

**Описані технічні характеристики універсального вихрострумowego дефектоскопа ОКО-01, приведені результати його промислових випробувань, вказані його переваги в порівнянні із іншими дефектоскопами**

Вихрострумовой метод неруйнівного контролю широко застосовується для забезпечення надійної експлуатації відповідальних конструкцій в нафтогазовій галузі, енергетиці, авіаційній та хімічній промисловості, машинобудуванні тощо. В порівнянні з іншими відомими методами вихрострумовой метод контролю має багато переваг, що пов'язані з відсутністю шкідливого випромінювання, відсутністю застосування

контактуючих рідин і можливістю автоматизації контрольних операцій. Вихрострумовой дефектоскопи є простими в експлуатації і дозволяють оперативно представляти результати дефектоскопії з високою достовірністю. Незважаючи на це, об'єм використання вихрострумowego методу в Україні є недостатнім і не відповідає можливостям цього методу [1, 2]. За нашим переконанням, це пов'язано з двома головними факторами, до яких належить: