

УДК 621.643:620.17

А.О. Кичма¹, канд. техн. наук, доц.; В. А. Драгілев²

¹Національний університет “Львівська політехніка”, Україна;

²ТОВ «Магістральне будівництво», м. Київ, Україна

ОЦІНКА МІЦНОСТІ НАДЗЕМНИХ ДІЛЯНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ ПІД ЧАС РЕМОНТУ ЇХ ОПОРНИХ ВУЗЛІВ

A. Kychma, Ph. D., Assoc. Prof.; V. Dragilyev

ESTIMATION SAFETY FACTORS IN REPAIR OF SUPPORTING UNITS ON OVERGROUND SEGMENTS OF PIPELINES

Проблеми ремонту опорних вузлів магістральних газопроводів (МГ) тривалої експлуатації, на надземних переходах через водні перешкоди чи заболочені ділянки, без припинення транспортування газу, вимагають додаткових теоретичних і експериментальних досліджень. Переважно після зварювання, багатопарові монтажні шви надземних ділянок МГ не піддаються додатковій термічній обробці, щоб зменшити залишкові напруження. Результати внутрітрубної діагностики МГ показали, що 72% виявлених дефектів у тілі труби знаходяться у зоні зварних швів. В свою чергу залишкові напруження у зоні кільцевих і поздовжніх зварних швів можуть істотно впливати на їх міцність. Для того, щоб обстежити і відремонтувати опорний вузол МГ необхідно підняти надземну ділянку трубопроводу разом з сідловиною на 20 -100 мм. Тому оцінку міцності надземних ділянок МГ під час підймання ділянки трубопроводу у процесі проведення ремонтних робіт їх опорних вузлів, необхідно проводити з урахуванням додаткових технологічних навантажень і залишкових напружень у зварних швах.

Запропонований нами розрахунково-експериментальний метод визначення параметрів напруженого стану (НС) у зварних з'єднаннях ґрунтується на математичній моделі деформівних тіл з власними напруженнями [1] і експериментальній інформації про характеристики НС, які можна отримати неруйнівними методами. Для розрахунково-експериментального визначення залишкових технологічних напружень використано методичний підхід, характерний для методів розв'язування обернених задач в екстремальній постановці, який передбачає мінімізацію функціоналу, що описує міру відповідності розрахованих характеристик залишкових напружень, експериментальним даним. При цьому шукані поля локалізованих у зоні шва несумісних залишкових деформацій апроксимовані поліноміальними функціями. Мінімізація побудованого функціоналу забезпечує найменшу нев'язку між експериментально визначеними і аналогічними теоретично обчисленими характеристиками полів напружень. За розв'язками оберненої задачі теорії оболонок з власними напруженнями знаходять значення компоненти тензора поля умовних пластичних деформацій, за якими визначають компоненти тензора залишкових напружень у довільній точці кільцевого різнотовщинного зварного з'єднання трубопроводу, включаючи і ці, які не можна отримати експериментально. Після цього знаходять колові та осьові напруження у довільній точці трубопроводу, за якими судять про його об'ємний НС, з урахуванням різнотовщинності зварного з'єднання і

несиметричності розподілу залишкових деформацій відносно перерізу зварного шва. Використовуючи запропонований підхід [2] розвинуто спосіб відтворення рівня залишкових технологічних напружень і їх розподілу у зоні зварних швів з використанням експериментальної інформації, отриманої електромагнітним методом та методом голографічної спекл-інтерферометрії для різнотовщинних труб.

Для розрахунку коефіцієнтів запасу міцності ділянки трубопроводу з дефектами за статичного навантаження прийнято діаграму оцінки руйнування (ДОР), яка є граничною кривою, що визначає межу міцності між безпечним та небезпечним станами елементів конструкцій та споруд. ДОР ґрунтується на двопараметричній критерії, який виражає умову непорушення рівноваги тріщиноподібного дефекту у вигляді функції від двох параметрів

$$f(K_r, L_r) = 0,$$

де K_r характеризує міру наближення до крихкого руйнування у деякій точці у зоні тріщиноподібного дефекту, а L_r – міру наближення до в'язкого руйнування. Параметри K_r і L_r – комплексні і включають характеристики напружено-деформованого стану, форми і розміри дефекту, а також властивості матеріалу, що визначають опір матеріалу відповідно крихкому і в'язкому руйнуванню. Для оцінки статичної міцності діючих магістральних трубопроводів з дефектами нормативним

документом [3] рекомендовано ДОР будувати в координатах K_r та S_r , де $K_r = \frac{K_1}{K_{1c}^*}$;

$S_r = \sigma_{\text{ref}} / \sigma_B$. Тут напруження σ_{ref} є уявною границею плинності жорстко-пластичного тіла, за якої тіло з дефектом знаходиться в граничному стані для заданої системи зовнішніх навантажень; σ_B – границя міцності матеріалу; допустимий рівень

критичного КІН $K_{1c}^* = \frac{K_{1c}}{\kappa}$; κ – інтегральний коефіцієнт надійності.

Розроблені алгоритм і програма для оцінки коефіцієнта запасу міцності ділянок МГ з дефектами з врахуванням зміни параметрів тріщиностійкості металу труб (K_{1c}) і залишкових напружень у зварних швах. Визначені допустимі розміри тріщиноподібних дефектів і максимальний тиск газу, за яких експлуатація газопроводу буде безпечною, під час проведення ремонту опорних вузлів без зупинки транспортування газу.

Література:

1. Осадчук В.А. Діагностування залишкових технологічних напружень в елементах конструкцій розрахунково-експериментальним методом / В.А. Осадчук // Мат. методи та фіз.-мех. поля. – 2003. – 46, № 1. – С. 88 – 104.
2. Патент № 92921 України. Спосіб визначення напруженого стану в кільцевих зварних з'єднаннях трубопроводів / А.О. Кичма. – Опубл. 10.09.2014, Бюл. № 17.
3. Визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів з дефектами. ДСТУ-НБВ.2.3-21:2008. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 88 с.