

УДК 620.179.17

Ю.М. Нижник, студентка гр. ПК-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ ВИТОКУ РІДИН В ТРУБОПРОВОДІ

Анотація. Стаття присвячена аналізу використання фізичного явища акустичної емісії для контролю магістральних трубопроводів. У роботі виконано порівняльний аналіз двох найпоширеніших методів контролю існуючих магістральних трубопроводів, показані їх основні переваги та недоліки, а також перспектива застосування одного виду контролю в порівнянні з іншим. Наведені зображення пристроїв для проведення контролю магістральних трубопроводів кожним з методів.

Ключові слова: акустична емісія, магістральні трубопроводи, метод спрямованих хвиль, довгохвильовий метод.

ВСТУП

Сучасні водопроводи та каналізаційні мережі доставляють в наші будинки, підприємства й офіси чисту воду і відводять стоки. Без таких найскладніших транспортних систем наше життя і весь наш світ були б зовсім іншими - без води, тепла, світла, комфорту, і зрештою цивілізації.

Зараз проведення повного технічного обстеження трубопроводів неруйнівними методами - це багатоетапний комплекс технологічних заходів, що часто включає процедури зливу вмісту, зачистки від залишків, видалення вибухонебезпечних газів, що потребує чимало фінансових, часових та людських ресурсів. Для оптимізації зазначених витрат активно використовуються діагностичні системи на основі акустичної емісії та ультразвуку.

За дослідженням [1], очікується, що ринок акустичного обладнання буде зростати через розвиток інфраструктури та обладнання в країнах, що розвиваються, і їх старіння в розвинених країн. Крім того, технологічний прогрес в апаратному і програмному забезпеченні обладнання для акустичної емісії та поява нових технічних можливостей, наприклад, використання смартфона для обробки результатів контролю (за допомогою автоматичної аналітики великих об'ємів даних на базі штучного інтелекту), а також передачі їх безпосередньо до центру обробки інформації, що володіє потужним обладнанням, або у хмарне сховище, що дозволить отримувати доступ до оперативної інформації для її вивчення та обробки будь-якому спеціалісту з будь-якої точки світу [2] значно розширити функціональні можливості таких систем.

ПОРІВНЯННЯ НЕРУЙНІВНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ

Тривала експлуатація трубопроводів з прихованими дефектами викликає розвиток пошкоджень матеріалу у вигляді розривів та корозійних дефектів і як наслідок витоків в трубопроводі. Відповідно, в промисловості шукають нові рішення в області діагностичних досліджень, які дозволяють точно оцінити технічний стан підземних трубопроводів, що працюють протягом тривалого часу, щоб підвищити їх надійність і безпеку експлуатації.

Варто зазначити, що у випадку протяжних підземних трубопроводів не ефективним є використання стандартних методів неруйнівного контролю (НК), таких як візуальний або радіографічний контроль, оскільки їх впровадження вимагає доступу до всієї поверхні трубопроводу. З іншого боку в даній сфері

знайшли застосування акустико-емісійний та метод спрямованих ультразвукових хвиль (довгохвильовий метод).

У довгохвильовому методі використовуються спрямовані хвилі (Ultrasonic Guided Wave Testing). Випробування проводять шляхом генерування спрямованих (торсійних) хвиль у стінці труби (рис. 1), які поширюються на максимальну відстань приблизно 200 м в залежності від матеріалу труби та умов експлуатації, а виявлення та локалізація пошкодження можливі шляхом розрахунку часу проходження віддзеркаленої від пошкодження хвилі [3].

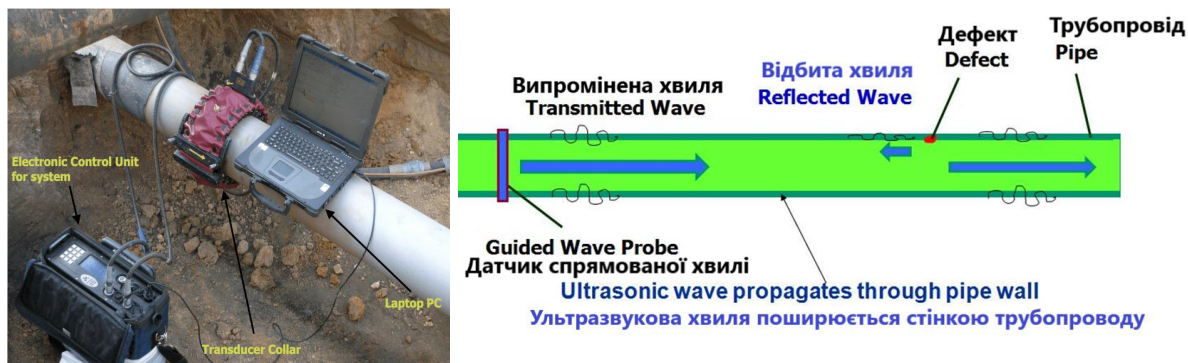


Рисунок 1. а – контроль підземного трубопроводу методом спрямованих ультразвукових хвиль; б – схема проведення контролю [4]

Недоліком цього методу є значне зниження енергії хвиль, що поширюються на зварних швах, що з'єднують окремі елементи трубопроводу, а також внаслідок деградації матеріалу, особливо корозійного пошкодження (один з основних дефектів трубопроводу), що призводить до зменшення випробувальної відстані до 8-10 м.

Іншим сучасним методом НК, який також використовується при випробуванні трубопроводів, є метод акустичної емісії (АЕ). Його основне призначення – це перевірка герметичності (випробування на витік) трубопроводу. Процес генерації і виявлення АЕ наведений на рисунку 2. Раптове зростання джерела емісії (дефектів) стає причиною появи пружних хвиль, які поширюються в матеріалі та досягають перетворювача [5].

До мінусів АЕ методу можна віднести необхідність залучення до роботи з обладнанням кваліфікованих спеціалістів, а також потребу навантаження об'єкта в процесі проведення контрольних заходів.

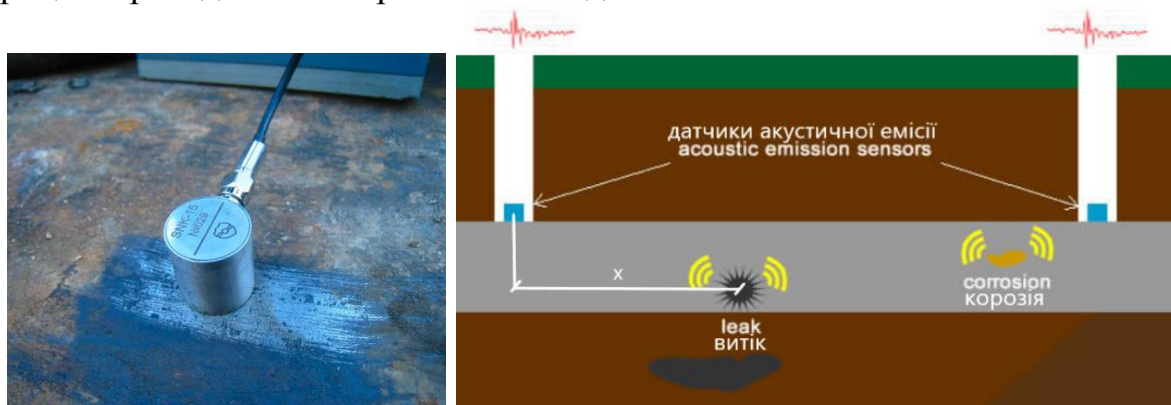


Рисунок 2. а – контроль підземного трубопроводу акустико-емісійним методом (датчик); б – схема проведення контролю [6].

Використання довгохвильового методу можливе тільки для періодичних перевірок оскільки в трубу випромінюється спрямований ультразвук, що небезпечно для тривалого використання, в той час як акустико-емісійна система дозволяє впровадити постійну систему моніторингу протяжного трубопроводу по всій довжині.

Також, як видно з рисунків 1 та 2, для проведення акустико-емісійного контролю потрібно значно менший односторонній доступ до труби, а метод спрямованих ультразвукових хвиль можливий тільки при доступі до всього діаметра об'єкта контролю (ОК).

Отже, використання акустико-емісійного методу є найперспективнішим для контролю протяжних підземних трубопроводів на предмет дефектів у вигляді тріщин, що розвиваються, та корозії.

МЕТОДИКА АКУСТИКО-ЕМІСІЙНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ

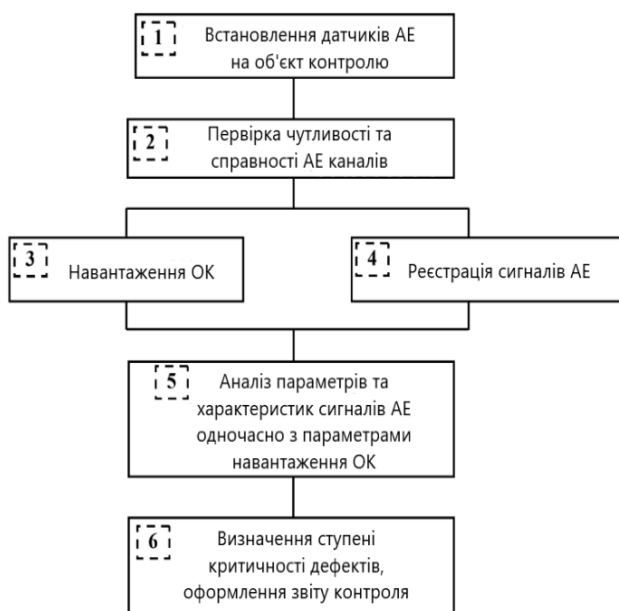


Рисунок 3. Алгоритм проведення акустико-емісійного контролю [7]

Одним з найпоширеніших напрямків застосування акустико-емісійного методу пошуку витоків є контроль трубопроводів, оскільки АЕ системи дозволяють використовувати дистанційний режим контролю за об'єктом значних розмірів та довжини. На рисунку 3 наведений загальний алгоритм описаних нижче кроків проведення акустико-емісійного контролю.

Для визначення місця витоків рідини на підземних трубопроводах прокладають шурфи (локальні доступи до трубопроводу приблизно 15x15 см для встановлення датчиків акустичної емісії) з інтервалом 100 ... 300 м [8]. На розкритих ділянках зі стінки труби

знімають ізоляцію і через шар контактної мастила за допомогою магнітного тримача встановлюють перетворювач АЕ. Для контролю у трубопроводі також створюється надлишковий тиск.

Пошук витoku ведеться у дві стадії: на першій визначають ділянку з витокom, на другій встановлюють її місцезнаходження. Найбільш ефективним і точним методом визначення місця витoku на заглибленому трубопроводі є лінійна локація (друга стадія виявлення витoku). Для цього методу потрібні два датчики АЕ, розташовані по обидва боки від витoku. Якщо подія АЕ відбувається на відстані «x» від першого датчика (рис. 2), то $x = (L - V\Delta t)/2$, де «L» — відома відстань між двома датчиками, «V» — (відома або виміряна) швидкість хвилі АЕ, а Δt — різниця часу приходу хвилі на два датчики, виміряна системою збору даних.

Знаходження приблизного місця розташування дефекту дозволяє провести локальну розкопку та за допомогою стандартних методів НК (візуальний, магнітопорошковий, вихрострумний) визначити, класифікувати та за необхідності усунути дефекти.

ВИСНОВКИ

Зараз загальна протяжність українських водопровідних мереж становить більше 104 тисяч кілометрів, більше третини з яких знаходяться в аварійному стані [9]. Герметичність трубопроводу є важливою громадською проблемою, яку можна вирішити за допомогою неруйнівних методів контролю, в тому числі за допомогою акустико-емісійного методу.

Витоки з трубопроводу зазвичай стають очевидними, тільки коли тиск падає без інших очевидних причин, або коли втрачається цінний продукт. На визначення факту витoku та пошуку розташування витрачають критично важливий час для запобігання поширенню наслідків. Однак навіть у найкращому випадку, коли оператори можуть одразу ізолювати конкретні ділянки трубопроводу, які підозрюють у витoku, складно визначити точне місцезнаходження дефекту, щоб одразу вжити заходів щодо усунення.

Акустична емісія є практичним інструментом для виявлення та локалізації витоків у заглиблених та наземних трубопроводах. Доступ до трубопроводу потрібен тільки локально для монтажу датчиків АЕ, при постійному моніторингу є можливість максимально швидко реагувати на виявлений критичний дефект та досить точно визначити місце розташування витoku.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Humbare R. Acoustic Emission Equipment Market by Product Type. Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2019–2027 [Електронний ресурс] / R. Humbare, V. Kumar // *Electronic Systems and Devices*. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alliedmarketresearch.com/acoustic-emission-equipment-market-A06648>.
- [2] Petryk, V. E. Smartphone-Based Automated Non-Destructive Testing Devices = Автоматизированные приборы неразрушающего контроля на базе смартфона / V. E. Petryk, A. G. Protasov, R. M. Galagan, A. V. Muraviov, I. I. Lysenko, [et al.] // *Приборы и методы измерений : научно-технический журнал*. – 2020. – Т. 11, № 4. – С. 272-278
- [3] Baran I. Acoustic emission testing of underground pipelines of crude oil of fuel storage depots [Електронний ресурс] / I. Baran, I. Lyasota, K. Skrok // *32nd European Conference on Acoustic Emission Testing*. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://www.ndt.net/article/ewgae2016/papers/15_paper.pdf.
- [4] Advantage of Guided Wave Testing [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://guidedwavetesting.com/guided_wave_testing.html.
- [5] Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.

- [6] How to Inspect a Structure Using Acoustic Emission Testing? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://theconstructor.org/practical-guide/155456/#Continuous_Acoustic_Emission_Test.
- [7] Основи неруйнівного контролю методом акустичної емісії: навч. посібник / С. А. Бехер, А. Л. Бобров. - Новосибірськ: Вид-во СГУПС, 2013. - 145 с.
- [8] Неруйнівний контроль: Довідник: 7 т. За заг. ред. В.В. Ключова. Т. 7: У 2 кн. Кн. 1: В.І. Іванов, І.Е. Власів. Метод акустичної емісії/Кн. 2: Ф.Я. Балицький, А.В. Барков, Н.А. Баркова та ін. Вібродіагностика. М.: Машинобудування, 2005. - 829 с.: Іл. ISBN 5-217-03298-7 (Т. 7. кн. 1, кн. 2) ISBN 5-217-03185-9
- [9] Трубопроводи [Електронний ресурс] // Метінвест. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://metinvestholding.com/ua/media/news/truboprovodi-evolyuciya-transportirovki-zhidkostej-i-gazov>. [0]

Наук. керівник – д.т.н., доц. Галаган Р.М.