

Регулярний аналіз теплового режиму підземних теплових мереж та будинків дасть змогу ефективно планувати роботи на ремонт і утримання житлового фонду, що призведе до забезпечення більш комфортних умов проживання людей та одночасного зниження енергоспоживання і суттєвої економії енергоресурсів.

Література

1 Безпрозванный А.А., Владимирский А.А., Владимирский И.А., Ненюк А.Т. Повышение достоверности поиска утечек трубопроводов тепловых сетей // Энергетика и электрификация. – 2000. – № 2. – С. 29-32.

2 Кухарев М.І. Безконтактні теплові методи виявлення трубопроводів та дефектів в них: Автореф. дис. на здобуття вченого ступеня канд. техн. наук. – Харків, 2002. – 18 с.

3 Пат. 54031 Україна, МПК 6 G 01 R 31/12. Пристрій дистанційного контролю стану ізоляційного покриття підземних трубопроводів / Кісіль І.С., Ващишак С.П., Яворський А.В. – Опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2.

4 Яворський А.В. Методика проведення контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів за допомогою системи БКСІТ // Методи та прилади контролю якості. – 2001. – № 6. – С. 25-28.

5 Деточенко А.В., Михеев А.Л., Волков М.М. Спутник газовика: Справочник. – М.: Недра, 1978. – 311 с.

УДК 622.691

МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКІВ З ТРУБОПРОВОДУ ПРИ ОДНОСТОРОННЬОМУ ДОСТУПІ ДО СЕРЕДОВИЩА ТРАНСПОРТУВАННЯ

Л.М. Заміховський, Л.О. Штаєр

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48000,
ktsu@nung.edu.ua

Рассматривается проблема обнаружения утечек из трубопровода. Предложен метод обнаружения утечек, основанный на теории распространения волн в трубопроводах. В рамках метода используется цифровая обработка сигналов с целью повышения достоверности информации о наличии неоднородности.

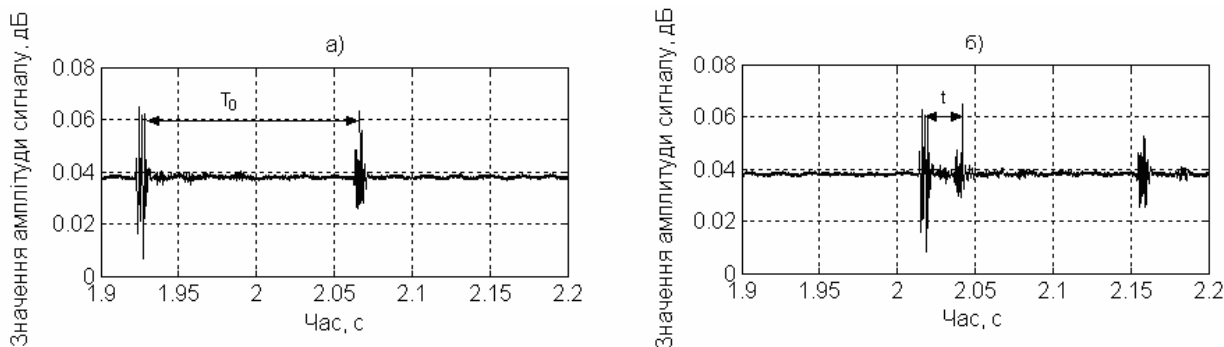
The problem of pipeline leakage indication is considered. The method of leak indication based on the theory of waves distribution process in the pipeline is offered. The digital signal processing method is used with the purpose to increase the authenticity information about the presence of heterogeneities.

Підвищення надійності трубопровідного транспорту безпосередньо пов'язане із розробкою методів і засобів діагностування його стану. Негерметичність стінок труб, які задіяні у виробничому процесі нафтогазових підприємств, призводить до втрати продуктів транспортування, екологічного забруднення, економічних збитків. Величина аварійних втрат залежить від місця і розміру аварії, а також швидкості її виявлення й усунення.

В роботі [2] описується система, призначена для сигналізації факту здійснення несанкціонованої врізки і визначення її приблизного розміщення, яка базується на вимірюванні і аналізі акустичних збурень в металі трубопроводу, які виникають при здійсненні врізки. В результаті механічного впливу акустичні збурення розповсюджуються по трубопроводу як по хвилеводу зі швидкістю розповсюдження звуку в металі. Інформацією для виявлення врізок є покази первинних перетворювачів, які кріпляться безпосередньо на трубу. Координата місця врізки визначається за різницею приходу в часі сигналу від двох найближчих контрольних пунктів до місця врізки з урахуванням довжини ділянки трубопроводу між ними.

Існуючі методи і засоби виявлення витоків розглянуто в [1]. Основними з них є: метод візуального контролю стану трубопроводу; метод аналізу складу навколишнього середовища; метод, пов'язаний з пуском по трубопроводу зондів; електромагнітні методи контролю; методи, які базуються на реєстрації і аналізі звукових коливань; дистанційні методи (методи пониження тиску, порівняння витрат, лінійного балансу); метод ударних хвиль Н.Е.Жуковського; методи гідравлічних випробувань. Загальним недоліком для більшості з них є неможливість виявити втрати продукту при нестационарному режимі транспортування або виділення корисного сигналу на фоні зовнішніх шумів.

У [3] пропонується метод, в основі якого лежать фізичні процеси, що мають місце при утворенні тріщин. У процесі витoku через тріщину здійснюється винесення деякої маси і кількості руху, згідно з законом збереження, відбувається зміна маси і кількості руху рідини, яка залишилась всередині трубопроводу. Ці зміни призводять до того, що вниз і вгору по потоку розповсюджуються хвилі розрідження,



а) однорідні стінки; б) неоднорідні стінки

T_0 – час проходження вхідним сигналом подвійної довжини трубопроводу (відбиття від границь системи), t – час проходження вхідним сигналом подвійної відстані до дефекту

Рисунок 1 – Реакція системи на вхідну дію типу δ -функції

які сприймаються давачами, встановленими на кінцях трубопроводу.

Для реалізації наведених методів необхідний двосторонній доступ до трубопроводу відносно координати витоків та розміщення давачів по довжині трубопроводу з певним кроком, зумовленим їх чутливістю.

У даній роботі розглядається метод виявлення витоків з трубопроводу при односторонньому доступі до середовища транспортування та визначення координати витоків на основі цифрової обробки сигналів.

В основі пропонованого методу виявлення витоків лежить процес розповсюдження гідравлічного удару в трубах. Гідравлічний удар, який створюється у трубопроводі, має властивість розповсюдження в середовищі транспортування і відбивання від місць зміни конфігурації трубопроводу. Швидкість розповсюдження ударної хвилі залежить від роду речовини, матеріалу труби, її діаметра, товщини стінок і визначається з умови рівності кінетичної енергії речовини, яка рухається в трубопроводі, і суми робіт – стиск речовини і розтяг труби [4]:

$$c = \sqrt{K/\rho} \left(\sqrt{1 + \frac{Kd}{E\delta}} \right)^{-1}, \quad (1)$$

де: K – модуль пружності речовини (величина, обернена до коефіцієнта стиску); ρ – густина речовини; E – модуль пружності матеріалу труби; d, δ – внутрішній діаметр і товщина стінки труби.

Якщо матеріал труби вважається абсолютно непружним ($E = \infty$), вираз (1) має вигляд $c = \sqrt{K/\rho}$ і швидкість розповсюдження ударної хвилі в такому випадку рівна швидкості розповсюдження звуку в середовищі транспортування.

У роботі пропонується використання тестових сигналів у вигляді хвиль тиску, які створюються в середовищі транспортування, та приймачів відбитих хвиль і подальшого їх аналізу для визначення стану трубопроводу. Генератор тестових хвиль та приймач розташовуються на

незначній відстані один від одного, що дає змогу при односторонньому доступі до трубопроводу діагностувати його стан на значній відстані від місця створення коливань середовища. Первинні хвилі розповсюджуються зі швидкістю звуку в межах середовища, зумовлюючи генерацію вторинних відбитих хвиль на неоднорідностях (відгалуженнях трубопроводу, витках, запірній арматурі, різких згинах і т.д.) трубопроводу.

Імпульсні характеристики при моделюванні процесу розповсюдження хвиль в модельному трубопроводі одержано в роботі [5]. Було показано, що імпульсна характеристика системи залежить від величини витоків (дефекту, розміру тріщини чи діаметра отвору при несанкціонованій врізці). При цьому інтенсивність сигналу-відгуку від дефекту збільшується при збільшенні його діаметра. Розглядалися також випадки розповсюдження імпульсу по трубопроводу у випадку кількох неоднорідностей. На рис. 1 зображено імпульсні характеристики трубопроводу, які відповідають випадку однорідних стінок трубопроводу (а) та наявності витоків (б).

Присутність дефекту в трубопроводі відображається сигналом-відгуком, що відбивається від неоднорідності в стінці і розповсюджується в обидва боки зі швидкістю звуку. Швидкість розповсюдження хвилі c в середовищі визначається за відношенням подвоєної довжини трубопроводу L до величини часу слідування відгуків T_0 на дію вхідного сигналу

$$c = (2L) / T_0. \quad (2)$$

При застосуванні наведеної методики визначення відстані до витоків в [5] зазначалось, що недолік такого підходу до вказаної проблеми полягає в тому, що на вхід системи необхідно подавати сигнали такої потужності, яка б давала можливість виділити сигнал-відгук на фоні завад навколишнього середовища.

Особливістю пропонованого методу є формування тестового сигналу на основі спеціалізованого алгоритму, який дає змогу збільшити відстань дослідження трубопроводу при не-

Таблиця 1 – Моделі сигналів Баркера

<i>M</i>	Модель сигналу	АКФ
3	1, 1, -1	3, 0, -1
4	1, 1, 1, -1	4, 1, 0, -1
	1, 1, -1, 1	4, -1, 0, 1
5	1, 1, 1, -1, 1	5, 0, 1, 0, 1
7	1, 1, 1, -1, -1, 1, -1	7, 0, -1, 0, -1, 0, -1
11	1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, -1	11, 0, -1, 0, -1, 0, -1, 0, -1, 0, -1
13	1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1	13, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1

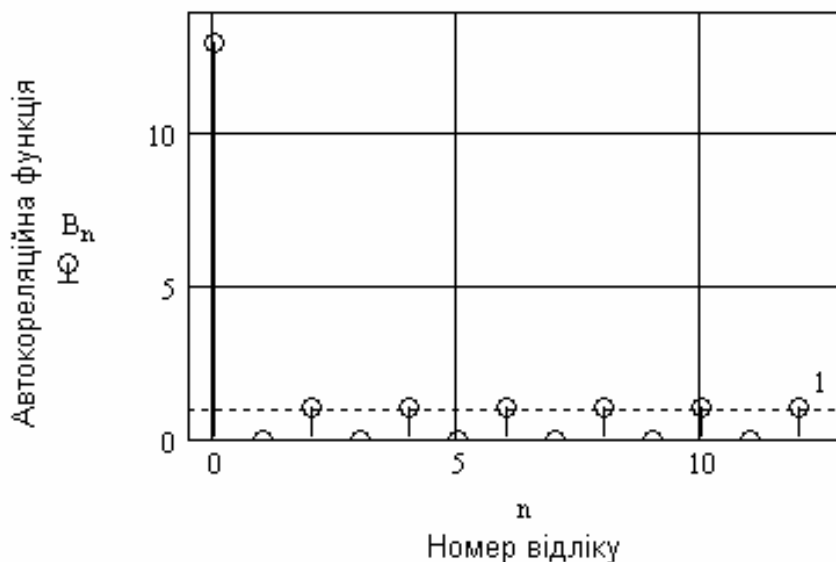


Рисунок 2 – Автокореляційна функція сигналу Баркера при $M = 13$

змінній потужності тестового сигналу або ж зменшити його потужність при незмінній ділянці контролю, та метод обробки вихідних даних, що дає змогу зменшити можливість помилкового спрацювання системи [6].

Для виявлення витoku з трубопроводу пропонується створювати первинні (скануючі) сигнали в середовищі транспортування у вигляді завадозахищеного коду.

Відомо, що при вирішенні задач виділення корисного сигналу з використанням автокореляційної функції (АКФ) важливим є відносний рівень значень АКФ порівняно з центральним максимумом при нульовому зміщенні. Розрахунок АКФ, який базується на математичній моделі дискретного сигналу, проводиться таким чином, щоб можна було виділити корисну інформацію, абстрагуючись від другорядної. При такому підході інтервал часу існування сигналу ділиться на ціле число $M > 1$ рівних проміжків (позицій). У прикладній математиці існують класи сигналів з вдосконаленими кореляційними властивостями, наприклад коди Баркера [7]. Ці сигнали володіють властивістю: незалежно від числа позицій M значення їх автокореляційної функції $B_u(n)$, які обчислюються за формулою

$$B_u(n) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} u_j \cdot u_{j-n}, \quad (3)$$

при всіх $n \neq 0$ не перевищують одиниці; енергія цих сигналів, тобто $B_u(0)$, чисельно дорівнює M . Сигнали Баркера реалізують при числі позицій $M = 2, 3, 4, 5, 7, 11$ і 13 . Математичні моделі сигналів Баркера і автокореляційні функції, які їм відповідають, наведено в таблиці 1.

На рис. 2 зображено автокореляційну функцію 13-розрядного сигналу Баркера, який найчастіше використовується.

Подальша обробка виміряних вторинних хвиль полягає в перетворенні сигналів, прийнятих давачами, у цифрові та обчисленні їх автокореляційної функції. Сформована імпульсна характеристика трубопроводу містить в собі всю інформацію про неоднорідності, включаючи топологію трубопроводу та фізичні характеристики речовини, яка транспортується. Для виявлення нових витоків проводиться віднімання експериментальної імпульсної характеристики трубопроводу від початкової (еталонної).

Визначення відстані до витoku L_1 з використанням описаної методики зображено на рис. 3, де позначення 1 – трубопровід, 2 – витік, 3 – система для визначення місця витoku речовини з трубопроводу, до якої входить механізм створення і введення в середовище транспортування тестових сигналів, пристрій реєстрації та обробки вторинних хвиль.

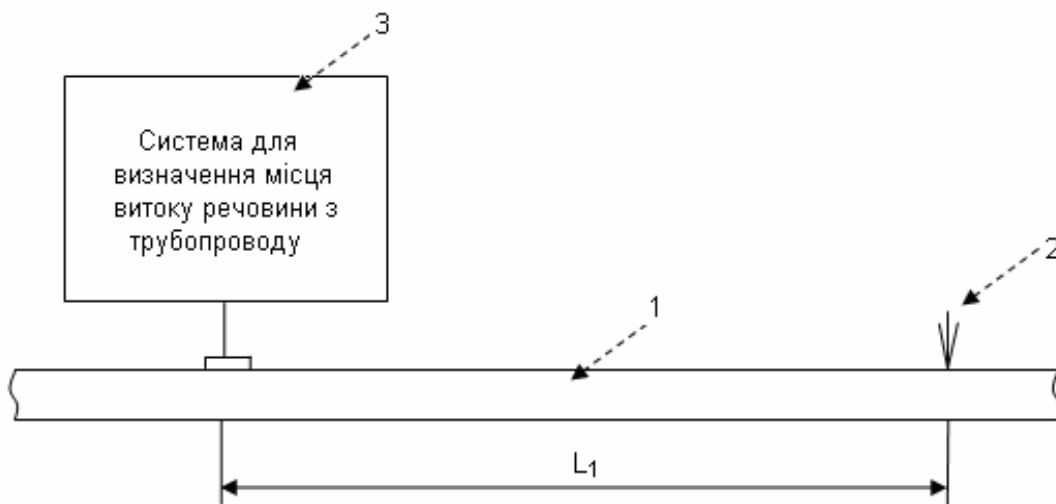


Рисунок 3 – Визначення місця витoku речовини з трубопроводу

Відстань L_1 розраховується на основі формули

$$L_1 = c \cdot (T_1 - T_2) / 2 \quad (4)$$

з використанням визначеної величини $(T_1 - T_2)$ між часом пуску тестового сигналу і часом прийому відбитої хвилі та швидкості розповсюдження хвиль c в середовищі транспортування.

Перевагами запропонованого методу виявлення витоків з трубопроводу є можливість виявлення витоків в реальному часі, використання для різних видів середовища транспортування, можливість діагностування при односторонньому доступі до трубопроводу, підвищення достовірності одержаної інформації про неоднорідності системи за рахунок застосування завадостійкого кодування сигналів. Присутність витоків у трубопровідній системі виявляється на основі порівняння поточного та вихідного станів системи. Це дає змогу при реалізації вказаного методу визначити зміну технічного стану трубопроводу, здійснювати якісний та кількісний аналіз зміни параметрів трубопроводу в часі.

Подальші дослідження в даному напрямку будуть стосуватись технічної реалізації системи визначення місця витoku речовини з трубопроводу.

Література

- 1 Штаєр Л.О. Сучасний стан діагностування несанкціонованого доступу до технологічних газопроводів // Наукові вісті Інституту менеджменту та економіки «Галицька академія». – 2005. – № 2(8). – С.68-78.
- 2 Латышев Л.Н., Насырова З.Р. Система обнаружения несанкционированных врезок в магистральный нефтепровод // Нефтегазовое дело. – 2006. – http://www.ogbus.ru/authors/Latyshev/Latyshev_1.pdf – 10 с.
- 3 Лаптева Т.И., Мансуров М.Н. Обнаружение утечек при неустановившемся течении в трубах // Нефтегазовое дело. – 2006. – http://www.ogbus.ru/authors/Lapteva/Lapteva_1.pdf – 15 с.
- 4 Рабинович Е.З. Гидравлика. – М.: Недра, 1980. – 278 с.
- 5 Замиховський Л.М., Штаєр Л.О. Контроль стану трубопроводу з використанням імпульсних характеристик // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 4/1 (22). – С. 18-19.
- 6 Заявка на выдачу патенту № а 2006 10331 Україна, МПК G01N 29/04; G01M 3/24. Спосіб локалізації місця витoku речовини з трубопроводу та система для його реалізації / Замиховський Л.М., Ровінський В.А., Штаєр Л.О. – Дата подання заявки 28.09.06.
- 7 Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высш. школа., 1988. – 448 с.