

## УДК 681.2

*К.М. Троцюк, студентка гр. ПК-71*  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

### **ПЕРСПЕКТИВИ МЕТОДУ СПРЯМОВАНИХ ХВИЛЬ В ПРОЦЕСІ КОНТРОЛЮ ТРУБОПРОВІДІВ**

**Анотація.** В даній статті розглянуто метод неруйнівного контролю з використанням спрямованих ультразвукових хвиль: його особливості, переваги, недоліки та перспективи. Показано необхідність розробки для розглянутого методу нового підходу до організації контролю трубопроводів і нових методик оцінювання стану ОК на основі вибіркового контролю. Особливу увагу в даній роботі зосереджено на застосуванні методу спрямованих хвиль з метою збільшення інформативності контролю, продуктивності для підвищення безпеки експлуатації трубопроводів.

**Ключові слова:** ультразвуковий метод неруйнівного контролю, метод спрямованих хвиль, діагностика, трубопроводи, чутливість, інформативність.

#### **ВСТУП**

Традиційно при розробці приладів і систем технічної діагностики особливу увагу приділяють таким параметрам, як максимальна область діагностики (сканування) і максимальна інформативність отриманих результатів. В процесі поєднання цих параметрів, що впливають один на одного, виникає ряд проблем. Значення максимальної області діагностики пов'язано зі збільшенням швидкості сканування об'єкта контролю (ОК) і продуктивності, що, в свою чергу, пов'язано зі зниженням чутливості. При цьому максимальна інформативність результату діагностики має на увазі високу чутливість, точність визначення параметрів дефектів ОК, за якими можна проводити оцінювання ступеня їх небезпеки. Одним із способів вирішення описаних проблем є використання сучасних методів неруйнівного контролю (НК) на основі використання електромагнітно-акустичних перетворювачів (ЕМАП) з можливістю управління ультразвуковою хвилею [1].

Метою даної доповіді є огляд ультразвукового методу спрямованих хвиль і дослідження його можливостей. Особливість цього методу полягає в технічній реалізації сканерів і сенсорів в системах НК, що дозволяє збільшити область діагностики і отримати доступ до ділянок, на яких проведення діагностики традиційними методами НК ускладнене чи взагалі неможливе через певні обмеження цих методів [2, 3].

#### **ОПИС МЕТОДУ СПРЯМОВАНИХ ХВИЛЬ**

Метод спрямованих хвиль (МСХ) - ультразвуковий метод НК, розроблений для контролю протяжних об'єктів. Найчастіше в даному методі використовують осесиметричні низькочастотні спрямовані хвилі з малою дисперсійною залежністю: поздовжні та крутильні. Встановлено, що найбільш інформативними є крутильні хвилі низької частоти [3]. Особливістю таких хвиль є їх групова швидкість, яка не залежить від частоти, тобто не спостерігається дисперсії, та низька частота, що дозволяє хвилі поширюватися на великі відстані в ОК [3]. Основні практичні відмінності між двома видами хвиль зведені до таблиці 1.

Метод спрямованих хвиль було розроблено для контролю важкодоступних ділянок трубопроводів, таких як переходи в футлярах під залізничними дорогами і автодорогами, підводні переходи, ділянки на висоті, під землею і в стінах [3]. Застосування методу спрямованих хвиль дає можливість виявляти такі дефекти: внутрішню корозію, зовнішню корозію; неметалеві включення; дефекти в зварних з'єднаннях (непровари, тріщини, зміщення кромок та інші.).

Таблиця 1. Відмінності між поздовжніми і крутильними хвилями

<i>Тип хвиль</i>	<i>Повздожні</i>	<i>Крутильні</i>
Чутливість до рідини	висока	низька
Розташування перетворювачів	в 2 ряди	в 3-4 ряди
Чутливість до глибоких повздожніх тріщин та до витрат в поперечному перерізі	висока	низька
Діапазон частот	Великий	Обмежений
Відстань від перетворювача до ОК	$h_{\min} \gg 0.01$	$h_{\min} > 1$
Ефективність виявлення корозії в малих трубах в місцях приварки плоских ОК	низька	висока

Даний метод застосовується в основному для дослідження елементів конструкцій, які не мають прямого доступу; в якості додаткового контролю якості трубних секцій з нанесеною ізоляцією без порушення її цілісності.

Метод базується на властивості спрямованих хвиль поширюватись на великі відстані від місця установки перетворювачів та містити інформацію у відбитому сигналі про зміни значення площі поперечного перерізу труби. Ці зміни можуть свідчити про корозійні пошкодження, тріщини, локальні і протяжні дефекти, а також про стан конструктивних елементів трубопроводу - зварних швів, відводів, опор та інше. Крім того, використання властивостей спрямованих хвиль дозволяє визначити місцезнаходження тих чи інших конструктивних елементів на важкодоступних ділянках трубопроводів, визначити наявність дефектів в зварних швах, під опорами, на прямих ділянках і оцінити їх потенційну небезпеку, що відіграє значну роль при проведенні експертного обстеження [3].

В основі технології ЕМАП лежить використання класичних ультразвукових хвиль, які поширюються не перпендикулярно стінці труби, а вздовж неї [1, 2].

На сьогодні існує два типи сканерів, що реалізують МСХ - з радіальним поширенням хвилі (по колу трубопроводу) і поздовжнім (уздовж трубної секції). Точність визначення параметрів дефектів визначається чутливістю перетворювачів і відстанню між передавачем і приймачем. Висока точність досягається при вказаній відстані до декількох десятків сантиметрів. Обидва типи сканерів можуть використовуватися як математичний апарат для визначення параметрів дефектів і як індикаторні прилади, що дозволяють значно збільшити область сканування матеріалу труби при діагностиці. Прилад

з поздовжнім розповсюдженням хвилі дозволяє проводити діагностику в недоступних для традиційних методів дослідження місцях і на відстанях від перетворювача до ОК в десятків сантиметрів. На більшій відстані даний прилад може використовуватися як індикаторний з діапазоном в десятки метрів, що дозволяє оцінити стан трубопроводу з шурфу і при необхідності провести додаткове шурфування виявлених дефектів з проведенням додаткової діагностики вимірювальним приладом [1].

Перетворювач, встановлений на трубі, випромінює спрямовані хвилі на десятки метрів по стінці труби і повернений відбитий сигнал вказує, де присутня втрата металу. Фізичний доступ до трубопроводу потрібен тільки для розташування перетворювача. Ізоляційне і інші покриття не впливає на проходження спрямованих УЗ хвиль, з урахуванням певних обмежень товщини покриття [1].

З метою збільшення чутливості (точності) НК і одночасного збільшення області сканування (продуктивності за одиницю часу) на першому етапі діагностики рекомендується застосовувати дефектоскопи, що працюють за принципом світлофора: «червоний» для дефектів, які становлять небезпеку для цілісності об'єкта, «жовтий» - для дефектів з докритичними параметрами і «зелений» - для дефектів, що не перевищують установлений рівень відбракування. Далі «червоні» і «жовті» дефекти можуть бути обстежені вимірювальними дефектоскопами для правильної класифікації та уточнення розмірів дефектів з подальшою оцінкою небезпеки за діючими методиками, в тому числі з проведенням розрахунків на міцність [1].

### **ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ МЕТОДУ СПРЯМОВАНИХ ХВИЛЬ**

До основних переваг МСХ відносять:

- можливість оцінки технічного стану протяжних трубопроводів, включаючи важкодоступні ділянки і ділянки під ізоляцією;
- можливість проведення робіт без виведення трубопроводу з експлуатації;
- можливість реєстрації і подальшого порівняння будь-яких змін площі поперечного перерізу труби;
- можливість виявлення втрати металу і подальшої оцінки розподілу корозії в площині поперечного перерізу труби;
- широка область застосування (труби нафтопереробних заводів, нафтохімічних заводів, електростанцій, надземні або підземні трубопроводи, морські трубопроводи, обв'язки компресорних станцій тощо) [4].

Серед недоліків описаного МСХ найбільш значущі наступні:

- відноситься до скануючих видів дослідження (індикаторний метод), отже, необхідна локальна діагностика за участю оператора;
- вплив швидкого загасання зондуючого сигналу на результати контролю трубопроводів зі складною ізоляцією;
- обмежені можливості в процесі діагностики трубопроводів, що мають складну конструкцію внаслідок особливостей монтажу або виготовлення конструктивних елементів [4].

## **ВИСНОВОК**

Розглянутий метод неруйнівного контролю на основі використання спрямованих ультразвукових хвиль передбачає розробку нового підходу до організації контролю трубопроводів і нових методик оцінювання стану ОК на основі вибіркового контролю. Встановлено, що особливу увагу необхідно приділити розробці методик оцінювання технічного стану ОК на основі вибіркової дефектоскопії з визначенням найбільш ймовірних зон концентрації дефектів.

Таким чином, застосування МСХ дозволяє збільшити інформативність контролю і одночасно збільшити продуктивність без втрати якості, що в свою чергу підвищує безпеку експлуатації технічних об'єктів. Крім того, прилади, що реалізують МСХ забезпечують контроль елементів конструкцій, які не мають прямого доступу, при цьому забезпечується діагностика стінок труб по всій товщині і виявлення внутрішніх і зовнішніх змін товщини стінки.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Технологія ЕМАП і керованої хвилі [Електронний ресурс] // РемСтройВосток. - Режим доступу: <http://xn--b1afmfhmcalkfkg.xn--p1ai/emap> - останній доступ: 19.11.2019. - Назва з станиці Інтернету.
- [2] Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 263 с.
- [3] Метод спрямованих хвиль [Електронний ресурс] // Товариство технічного нагляду ДІЕКС. - Режим доступу: <http://www.tuev-dieks.com/services/technical-diagnosis/methods-of-survey/metod-napravlennyix-voln/> - останній доступ: 19.11.2019. - Назва з станиці Інтернету.
- [4] Контроль стану трубопроводів за допомогою ультразвуку [Електронний ресурс] // Ж-л «Нафтогазпромисловий інжиніринг», 2007. - №2. - Режим доступу: <http://radiodetection.ru/blog/wave-control> - останній доступ: 19.11.2019. - Назва з станиці Інтернету.

*Наук. керівник – к.т.н. Лисенко Ю.Ю.*