

УДК 620.179

## УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ШТАНГЕНЦИРКУЛЬ

*Р.М. Галаган, М.В. Кащич*

*Національний технічний університет України, "Київський політехнічний інститут", пр. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, тел. (8-044)454-95-47, e-mail: psnk@ntu-kpi.kiev.ua*

*Описана конструкция и принцип работы ультразвукового штангенциркуля для проведения измерений толщины объектов с двусторонним доступом. Показано, что абсолютная погрешность такого штангенциркуля не превышает 0,1 мм. Оценены преимущества и недостатки ультразвукового штангенциркуля а также характерные особенности при его использовании для измерений толщины металлических изделий.*

*A construction and principle of work of ultrasonic trammelhead is described for the leadthrough of measurements of thickness of objects with bilateral access. It is rotined that the absolute error of such trammelhead does not exceed 0,1 mm. Advantages and lacks of ultrasonic trammelhead and also characteristic features are appraised at his use for measurements of thickness of hardwares.*

Сучасні технології виробництва пред'являють високі вимоги до технічного рівня (особливо до чутливості та точності) засобів контролю та вимірювань, а також до розширення їх номенклатури, так як сфера їх використання розширюється досить стрімко.

Для контролю геометричних розмірів (як внутрішніх, так і зовнішніх) об'єктів широко застосовуються штангенциркулі. Штангенциркулі поділяються на три основні групи: ноніусні, електронні та штангенциркулі з стрілочними індикаторами. В першому випадку визначення геометричних розмірів проводиться по ноніусу, що вносить суб'єктивну похибку в результати вимірювань. Такі штангенциркулі не дозволяють проводити автоматичні вимірювання. Два інших типи штангенциркулів відрізняються за способом відображення інформації: розмір відображається або на РК-індикаторі, або на стрілочному індикаторі. Дані, що відображаються на цих індикаторах, отримуються за допомогою механічного вузла.

Було запропоновано створити ультразвуковий штангенциркуль (УЗШ), в якому не використовувався б механічний вузол для отримання інформації. Даний прилад названо ультразвуковий штангенциркулем, так як за конструкцією він нагадує звичайний штангенциркуль, а корисна інформація отримується за рахунок використання пружних коливань, що розповсюджуються в матеріалі штанги штангенциркуля. Таким чином геометричний розмір досліджуваного об'єкту

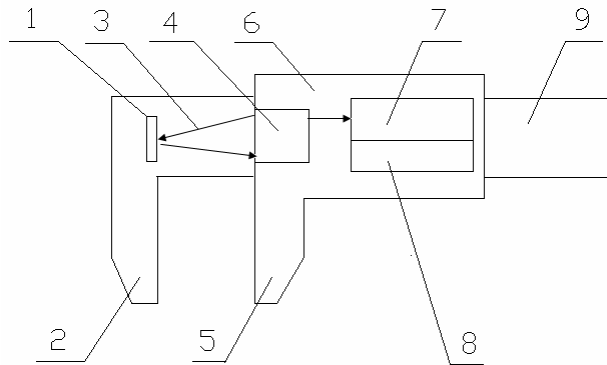
буде пропорційним довжині акустичного тракту. Це дозволяє уникнути суб'єктивної похибки та використання механічного вузла для зчитування інформації. В розроблюваному приладі використовується не лише блок цифрової індикації, а цифровий вузол з можливістю обробки інформації у цифровому вигляді і наступною її передачею на накопичувач.

Метою даної статті є опис розроблюваного ультразвукового штангенциркуля для автоматизації вимірювань геометричних розмірів контрольованих об'єктів. Даний прилад можна використовувати в будь-якій галузі промисловості, в тому числі і в нафтогазовій [1].

Використання ультразвукового штангенциркуля дозволяє уникнути процедури калібрування по швидкості поширення ультразвуку перед визначенням геометричних розмірів (товщини) об'єктів з невідомою швидкістю поширення в них ультразвукових коливань.

Ультразвуковий штангенциркуль (рис.1) складається з штанги 9, контактних губок 2 та 5, рухомої рамки 6, нахилоного п'єзоперетворювача 4, блоку обробки сигналу 7 та індикаторного блоку 8. Ліва нерухома губка 2 жорстко закріплена до штанги 9, а права рухома 5 жорстко закріплена до рамки 6. В матеріалі штанги 9 поблизу нерухомої губки 2 зроблена насічка 1 невеликої глибини, що орієнтована перпендикулярно осі штанги 9. До рамки 6, що має можливість осевого переміщення вздовж

штанги 9, жорстко прикріплений нахилений п'єзоперетворювач 4, що знаходиться в постійному контакті з поверхнею штанги.



**Рисунок 1 – Узагальнена схема ультразвукового штангенциркуля**

Робота штангенциркуля здійснюється наступним чином. За допомогою нахиленого п'єзоперетворювача 4 створюється поверхнева ультразвукова хвиля 3, що розповсюджується вздовж ненавантаженої поверхні штанги. Хвиля відбивається від насічки 1 і повертається до п'єзоперетворювача. Сигнал з виходу п'єзоперетворювача 4 подається на вхід електронного блоку обробки інформації 7. Електронний блок обробки інформації реєструє час  $t$  проходження хвилі вздовж акустичного тракту 3 від п'єзоперетворювача 4 до насічки 1 в прямому і зворотному напрямках. Тоді геометричний розмір об'єкту, що вимірюється, визначається наступним чином:

$$h = \frac{C \cdot t}{2} + h_0 \quad (1)$$

де  $C$  – відома швидкість ультразвуку в матеріалі штанги;  $t$  – вимірний час затримки;  $h_0$  – систематична похибка (постійна відстань), що визначається при першому калібруванні ультразвукового штангенциркуля та вноситься програмно в формулу визначення розміру  $h$ .

Отримане значення розміру  $h$  виводиться на індикатор 8 та зберігається в пам'яті пристрою.

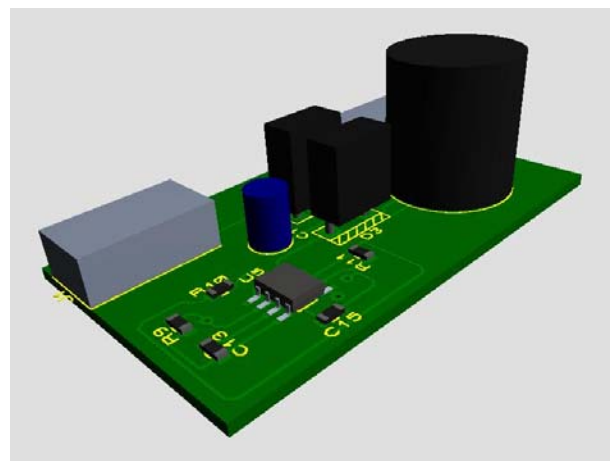
Основними характеристиками ультразвукового штангенциркуля даного приладу є робоча частота перетворювача, що складає 5 МГц, звукопровід — дюралева пластина довжиною до 70 мм і товщиною 6 мм, носій інформації — поверхневі акустичні хвилі (хвилі Релея).

Матеріалом штанги вибрано дюралюміній, так як акустична хвиля в даному матеріалі має досить низький коефіцієнт затухання. Швидкість розповсюдження ультразвуку в дюралюмінії відома з високою точністю і становить 6350 м/с, що підвищує точність розрахунків. Дюралюміній є достатньо корозостійким, що підвищує експлуатаційні характеристики такого штангенциркуля. Поверхневі хвилі розповсюджуються вздовж ненавантаженої поверхні і мають високе відбиття від поверхневих дефектів [2]. В якості відбивача використовується насічка, що має глибину більше  $1,5\lambda$ , де  $\lambda$  – довжина поверхневої хвилі.

До блоку обробки сигналу входить попередній підсилювач, блок часового регулювання чутливості (ЧРЧ), АЦП та мікроконтролер. Моделювання електричної схеми виконувалось за допомогою програми ISIS Proteus.

Цифрова частина блоку обробки сигналу працює за принципом прямого запису в пам'ять. На даному етапі використовується амплітудний метод визначення інтервалу часу між зондуючим та прийнятим імпульсами. Для підвищення точності використовується інтерполяція отриманих даних. Однією з вимог, що поставлені при розробці даного приладу, є живлення від акумуляторного блоку. Тому для забезпечення необхідної амплітуди зондуючого імпульсу використовується блок екстратокового підсилення напруги.

Нижче зображено екстратоковий підсилювач напруги промодельований в середовищі САПР ISIS Proteus.



**Рисунок 2 – Модель блоку екстратокового підсилення напруги**

До загальної похибки вимірювань описаного вище штангенциркуля слід віднести систематичну і методичну похибку. Перший тип похибки усувається при калібруванні приладу. Другий тип похибки обумовлений часовою затримкою із-за проходження хвиль через шар контактної невисихаючої рідини між перетворювачем та штангою, зміною швидкості ультразвуку в матеріалі штанги під впливом температури та похибкою аналого-цифрового перетворення. Отримане абсолютне значення похибки виготовленого ультразвукового штангенциркуля не перевищує 0,1 мм при вимірюванні розмірів до 70 мм.

Перевагами описаного приладу в порівнянні із звичайними штангенциркулями є можливість проведення автоматичних вимірювань. Виключається суб'єктивний фактор при визначенні розміру. Не використовується механічний вузол для отримання інформації про геометричний розмір. Крім того, перевагами даного приладу в порівнянні із ультразвуковими товщиномірами є те, що відпадає необхідність калібрування приладу перед визначенням геометричного

розміру (товщини) зразка з нового матеріалу. Визначивши точно перший раз швидкість поверхневої хвилі в матеріалі штанги і відкалібрувавши прилад на цю швидкість можна значно підвищити точність вимірювань. До недоліків можна віднести необхідність у двосторонньому доступі до контрольованого об'єкту.

### Література

1. Пат. №30824 України, МПК (2006) G01B 3/20, G01B17/00. Ультразвуковий штангенциркуль/Галаган Р.М., Цапенко В.К., Протасов А.Г.; Укр. – №и200713374; Заявл. 30.11.2007. Опубл. 11.03.2008. Бюл. №5.
2. Щербинский В.Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений. – М.: Тиссо, 2003 – 326 с.
3. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.