

УДК 621.643.001.24

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ СТІНКИ ТРУБОПРОВОДІВ ОБВ'ЯЗКИ КС ДЛЯ СТАЛІ О9Г2С

¹Л.С.Шлапак, ¹В.М.Коваль, ²Я.С.Марчук

¹ ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42157,
e-mail: public@ifdtung.if.ua

² НАК "Нафтогаз України", 01001, м. Київ, вул. Б.Хмельницького, 6, тел. (044) 2204633,
e-mail: spas@ugp.viaduk.net

На основани приведенных натурных исследований разработана методика оценки погрешности измерения толщины стенки трубопроводов и приведены рекомендации по повышению достоверности таких измерений.

On base of executed on location researches developed conduits wall thickness measuring mistake estimation methods and give to recommendation from precision of such measuring.

Відомо [1], що для визначення товщини стінок технологічних трубопроводів обв'язки КС найбільш поширеним є метод ультразвукової товщиниметрії матеріалу. Метод базується на тому, що швидкість ультразвукових коливань в металі має певне значення, яке є відомим при використанні цього методу.

Якщо використовувати товщиноміри, в яких є можливість встановлення необхідної швидкості ультразвукових коливань (УЗК), то для точного визначення товщини необхідно знати швидкість УЗК для даної марки сталі. Проте відомо, що швидкість УЗК в конструкційних сталях має різні значення залежно від хімічного складу, термічної обробки, методу виготовлення листа, текстури.

З точки зору методології, на точність визначення параметрів УЗК впливають такі чинники: метод виміру часу, перехідний шар між УЗК перетворювачем і поверхнею, геометричні параметри поверхні (чистота, паралельність площин, між якими поширюється УЗК та інше).

Загальні теоретичні основи визначення товщини металевих конструкцій (як і не металевих) оснований на простій залежності [2]

$$t = V \cdot \tau, \quad (1)$$

де: V – швидкість поширення УЗК певної фізичної основи по товщині матеріалу, м/с;

τ – час поширення УЗК по цій товщині, с;

t – товщина, м.

Таким чином, для визначення товщини необхідно мати інформацію про швидкість і час поширення УЗК. Швидкість УЗК визначається за допомогою різних методів і загалом є довідковою величиною. Час поширення вимірюється за допомогою електронних пристроїв в межах одиниць і десятків мкс і може бути визначений з точністю від 10^{-3} до 10^{-7} абсолютного значення.

З теорії відомо, що загальну відносну похибку виразу типу (1) можна визначити за формулою

$$\delta t = \sqrt{\delta V^2 + \delta \tau^2}. \quad (2)$$

Справедливість цього виразу не викликає сумніву, оскільки відносні похибки δV і $\delta \tau$ є незалежними. В паспорті на прилади, що вимірюють товщину ультразвуковим (УЗ) методом, зазвичай вказується абсолютна похибка виміру товщин $\pm \Delta t$; межа товщини, яка вимірюється, та інші додаткові показники. Оскільки в товщиномірах реалізується алгоритм визначення товщини згідно з виразом (1) і припускається, що швидкість УЗК відома або визначається приладом, то можна показати, що відносну похибку виміру часу δt у виразі (2) можливо замінити на відносну похибку товщини δt

$$\delta \tau = \delta t = \frac{\Delta l}{L}, \quad (3)$$

де: Δl – абсолютна похибка виміру товщини, мм (паспортна величина на прилад);

L – максимальна товщина, яка вимірюється приладом, мм.

Для більшості приладів з паспортними даними $\Delta l = \pm 0,1$ мм і $L = 100$ мм відносна похибка виміру часу буде становити

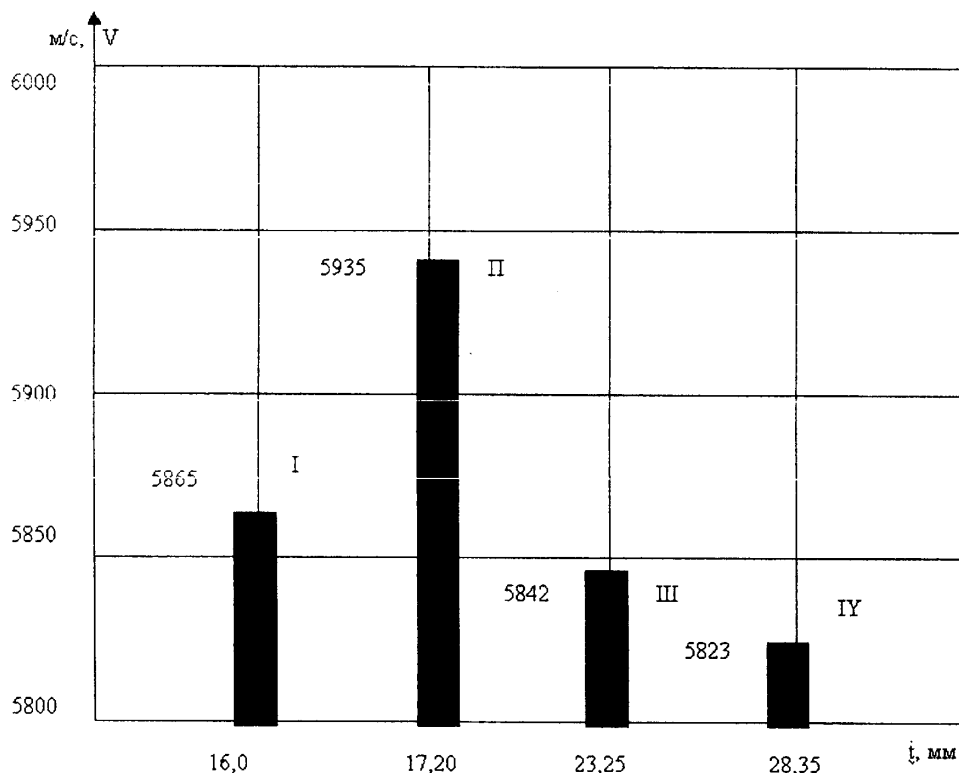
$$\delta \tau = \delta t = \frac{0.1}{100} = 0.001 \text{ або } 0,1\%. \quad (4)$$

Зазначимо, що якщо товщиномір реалізує вимір товщини в 100 мм з точністю 0,1 мм, то менша товщина при значенні паспортної похибки $\pm 0,1$ мм насправді (за виміром часу) буде менша. Але в конструкції приладу при трирозрядному цифровому табло, похибка виміру буде дорівнювати $\pm 0,1$ для всіх значень, що є похибкою цифрового методу представленої інформації і становить ± 1 молодшого розряду.

В більшості конструкцій товщиномірів значення швидкості УЗК вноситься в пам'ять приладу вручну. При цьому в деяких універсальних приладах для сталі вноситься одна фіксована величина $V = 5940$ м/с (наприклад, прилад MG232). Таким чином, практична похибка виміру товщини буде залежати від відповідності дійсної швидкості УЗК до встановленої. Як зазначалось вище, швидкість УЗК для різних

Таблиця 1 — Результати визначення товщини листів трубної сталі 09Г2С товщиноміром з фіксованим значенням частоти УЗ коливань

№ п/п	$t_{зр}$, мм	№ листа	№ плавки	$t_{зр}^{УЗ}$	$\delta t_{зр}^{УЗ}$, %	$\delta t_{прил}$, %	$\delta t_{прив}$, %	$V_{УЗ}$, м/с	Товщина листа, мм
1 ¹	15,55	2032	5728	15,7	0,96	0,64	1,15	5865	16,0
2 ³	17,70	18841	114205	17,7	0	0,56	0,56	5940	20,0
3 ³	19,8	18841	114205	19,8	0,5	0,50	0,71	5910	20,0
4 ³	21,10	2910	8796	21,4	1,42	0,47	1,50	5855	-
5 ³	23,50	2910	8796	23,9	1,7	0,42	2,03	5840	-
6 ³	25,50	5419	216266	26,1	2,35	0,39	2,38	5805	32,0
7 ⁴	26,40	5419	216266	27,1	2,65	0,38	2,67	5785	32,0
8 ³	28,60	5419	216266	29,1	1,75	0,35	1,78	5835	32,0
9 ¹	35,05	5888	3111185	35,7	1,85	0,28	1,91	5830	40,0



- — — — — величина швидкості УЗК у 5940 м/с для товщиноміра МГ 232М для матеріалу сталі 02Г2С
- I — швидкість УЗК для листа 16 мм (один лист, одна плавка)
- II — швидкість для зразків в діапазоні товщини 17+20 мм, виготовлених з листа 20 мм (один лист, одна плавка)
- III — швидкість УЗК два різні листа 20 мм і різні плавки
- IV — зразці 25, 26, 28 мм — один лист 32 мм одна плавка; 35 мм — один лист, одна плавка

Рисунок 1 — Залежність середньої швидкості ультразвукових коливань $f = 2,5$ МГц поздовжніх хвиль для сталі 09Г2С

марок сталі різна, не постійна для одної марки сталі різної товщини і різних виробників. Проведені нами дослідження дев'яти зразків сталі марки 09Г2С різної товщини свідчать (табл. 1), що швидкість УЗК має певні розбіжності. Статистична обробка значень швидкості УЗК свід-

чить, що середнє значення швидкості для дев'яти зразків сталі 09Г2С становить 5852 м/с, при цьому середня квадратична похибка становить 48,6 м/с. З теорії статистичної обробки результатів досліджень відомо [3], щоб забезпечити достовірність результату виміру з віро-

гідністю 90 %, поле допуску повинно становити $\pm 2\sigma$ або 97,2 м/с, що відповідає значенням швидкостей УЗК, які отримані в ході експерименту (табл. 1). При цьому відносна похибка буде становити

$$\delta v = \frac{2\sigma}{V_{cp}} = 1,66\%$$

При встановленні в приладі, наприклад, швидкості 5940 м/с, похибка виміру товщини відносно дійсної буде становити від 0 до 2,67 % (див. колонка 6 табл. 1).

Ця похибка вираховується так:

$$\delta t_{3p}^{V3} = \frac{t_{3p}^{V3} - t_{3p}}{t_{3p}^{V3}} \%,$$

де: δt_{3p}^{V3} — відносна похибка виміру товщини, яка залежить від швидкості УЗК встановленої 5940 м/с і дійсної швидкості 5865 м/с;

t_{3p}^{V3} — результат виміру товщини ультразвуковим приладом в мм;

t_{3p} — результат виміру дійсної величини товщини з точністю $\pm 0,5$ мм.

Загальна проведена похибка методу виміру товщини для сталі 09Г2С наведена в колонці 8 (табл. 1). На рис. 1 зображена залежність усередненої швидкості поширення поздовжніх УЗК ($f = 2,5$ МГц) для сталі 09Г2С.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження визначення товщини сталевих листів із трубної сталі 09Г2С для різної товщини товщиноміром з фіксованим значенням швидкості поширення УЗК засвідчили, що при фіксованій швидкості УЗК, рівній 5940 м/с, похибка визначення товщини товщиноміром МГ232 може становити до 2,67 % (0,5-0,6 мм) для сталі товщиною 28-35 мм (табл. 1, колонка 8).

Зменшити цю похибку вимірювань можна, застосувавши товщиномір, в якому швидкість УЗК вводиться вручну. Так, якщо встановити швидкість УЗК для товщини листа 16-20 мм в межах 5865-5925 м/с, то похибку вимірів δG можна довести до 0,05%, що дасть можливість реалізувати вимірювання товщини з точністю $\pm 0,1$ мм.

Література

1. Инструкция по контролю толщины стенок надземных газопроводов, технологической обвязки КС, ДКС, ГРС и гребенок подводных переходов магистральных газопроводов. — М., ВНИИГАЗ, 1987. — 17 с.
2. Гузь А.Н., Махорот Ф.Г., Гуца О.И. Введение в акустоупругость. — К.: Наукова думка, 1977. — 148 с.
3. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для инженерных приложений. — М.: Наука, 1985. — 368 с.

УДК 622.276.43

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОЧИЩЕННЯ ПІДТОВАРНОЇ ВОДИ ТОНКОШАРОВИМИ ВІДСТІЙНИКАМИ І НАФТОВЛОВЛЮВАЧАМИ

¹М.В.Івасишин, ²В.І.Красько, ²М.В.Лігоцький, ³О.В.Васьків

¹ ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 994112, e-mail: public@ifdtung.if.ua

² ВАТ "Укрнафта", 01001, м. Київ, Нестерівський провул, 3/5, тел. (044) 2125918, 2124256 e-mail: postinfo@ukrnafta.ukrtel.net

³ НГВУ "Бориславнафтогаз", 82300, Львівська обл., м. Борислав, вул. Карпатська Брама, 26, тел. (03248) 52820, e-mail: Gas@Bndu.Vimcom.Lviv.ua

Приведен анализ существующего способа очистки подтоварной воды в нефтеловушках. Предложен способ очистки отстойниками и показаны его преимущества.

Analysis of the existing way of injected water purification in oil traps is given. The way of water purification by fine filter beds is described, and its advantages are shown.

Найбільш поширеним з метою інтенсифікації видобутку нафти є метод підтримання пластового тиску шляхом закачування води в продуктивні пласти. З використанням цього методу в Україні видобувають більше половини всієї нафти. У зв'язку зі зростанням обводненості свердловин безперервно збільшуються

обсяги видобутих разом з нафтою пластових вод, які утворюють в процесі відбору і підготовки нафти нафтопромислові стічні води, відомі як підтоварні води. Вони містять велику кількість мінеральних солей, нафту, механічні домішки та інші забруднення.