

Таблиця 7 — Результати порівняння значення напружень на поверхні досліджуваної труби на різних ділянках

	№ давача					
	1	2	3	4	5	6
$\Delta\sigma_t, \text{МПа}$	1,35	3,74	1,0	3,29	2,33	-1,68
$E\phi, \%$	6,15	11,9	3,3	11,1	6,8	-5,5

$$\Delta\sigma_t = \sigma_{t_{\text{без_банда}}} - \sigma_{t_{\text{з_банда}}}; \quad E\phi = \frac{\Delta\sigma_t}{\sigma_{t_{\text{без_банда}}}} \cdot 100\% - \text{ефективність використання бандажа}$$

Для порівняння матеріалів досліджень труби з бандажем та без нього з таблиць 2 та 5 вибрали ряд напружень на поверхні труби за внутрішнього тиску в трубі 35 атм. Результати записали у зведену таблицю ефективності використання бандажа (табл. 7).

З таблиці 7 випливає, що максимальна ефективність бандажа за давачем №2 складає приблизно 12%.

На цьому ж давачі бачимо, що напруження в бандажованій трубі за тиску знизилось на 3,74 МПа, що співпадає зі значенням стискуючих напружень у трубі 3,64 МПа (див. табл. 3), які з'явилися після нанесення на трубу бандажа до створення в ній підвищеного тиску.

Висновок

Наявність композитного бандажа, виконаного з напруженням намотування 70-100 Н, призвела до зменшення максимальних напружень у трубі приблизно на 10-12%.

Література

1. Копей Б.В., Розгонюк В.В., Максимук В., Щербина Н.В., Найда А.М.. Зміцнення пошкодженої сталеві труби композитним банда-

ж. Сучасний етап розробки нафтових і газових родовищ характеризується зростаючою кількістю проблем, що пов'язані з важкими експлуатаційними умовами: високі тиски і температури, агресивне середовище, необхідність освоєння все більш глибоких горизонтів та інше. Ці фактори ставлять підвищені вимоги до якості бурового обладнання і бурильного інструменту.

Одним із важливих завдань підвищення експлуатаційних характеристик буріння є забезпечення роботоздатності трубних колон (бурильних, обсадних, насосно-компресорних). жем: модель і розрахунок // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2003. – №5(5). – С.31-36.

2. Писаренко Г.С., Квітна О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів / За ред. Г.С. Писаренка. – К.: Вища школа, 1993. – 655 с.

3. Безвербный А.Ф. Силовые и геометрические соотношения в многослойных трубах и сосудах давления / В кн.: Многослойные сварные конструкции и трубы. – К.: Наук. думка, 1984. – С. 296-302.

Для вирішення такого завдання проведено глибокі теоретичні та експериментальні дослід-

УДК 620.179

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ З'ЄДНУВАЛЬНИХ (ЗАМКОВИХ) ЕЛЕМЕНТІВ ТРУБНИХ КОЛОН

¹О.М.Карпаш, ²П.Я.Криничний, ¹Я.М.Зінчак, ¹В.Я.Попович

¹ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42264, 42453
факс (0342) 42139, e-mail: karpash@ifdtung.if.ua

²НВФ "Зонд", 76000, м. Івано-Франківськ, вул. Микитинецька, 5а,
тел. (0342) 536325, факс (0342) 536386

В статье рассмотрены пути усовершенствования методик контроля качества соединительных элементов трубных колон.

Изложен способ обнаружения дефектов продольной ориентации ультразвуковым методом, а также способ повышения достоверности ультразвукового контроля путем отслеживания за качеством акустического контакта.

The ways of improvement and quality inspect methods of connection elements of pipe columns are investigated in this article. The way of defects identification of transversal orientation by ultrasonic method and technique of reliability increase of ultrasonic check by tracking acoustical contact quality are also described.

дження, розроблено і впроваджено технології і технічні засоби. Однак дослідники основну увагу приділяють експлуатаційній надійності труб і, практично, не зупиняються на надійності з'єднувальних елементів, хоч аналіз аварій з трубними колонами показує [1], що 15% відмов пов'язано з їх поломками.

В якості з'єднувальних елементів у бурильних колонах застосовують:

- муфти – для з'єднання труб однакового діаметра;
- перевідники – для з'єднання труб різного діаметра;
- замки – для швидкого розбирання і збирання колони під час спуско-піднімальних операцій.

У деяких конструкціях (труби ТБВК за ГОСТ 631-75) замки забезпечують розвантаження останнього витка трубної різі, що знаходиться в зачепленні, де найчастіше виникають втомні тріщини. Практика показує, що під час експлуатації на бурильній трубі 2-3 рази заміняють з'єднувальний елемент [1].

У процесі роботи на з'єднувальні елементи діють ті ж фактори, що й на трубну колону загалом, але умови експлуатації і фактори, що сприяють їх відмовам, більш жорсткіші:

- вони інтенсивніше зношуються, так як зовнішній діаметр їх більше діаметра з'єднувальних труб;
- у них на відносно невеликій довжині зосереджені два потужних концентратори напруг (різь);
- у багатьох випадках вони використовуються для з'єднання труб різного діаметра, що викликає додаткову концентрацію напружень.

Тому своєчасне виявлення і видалення з експлуатації дефектних з'єднувальних елементів з метою підвищення роботоздатності трубної колони, є актуальним завданням. Вирішити його можна з допомогою засобів і методик неруйнівного контролю.

У нашій країні і за кордоном широко впроваджуються засоби і методики неруйнівного контролю бурильного інструменту і бурового обладнання, в яких акцентується велика увага на виявлення дефектів поперечної орієнтації, що виникають внаслідок знакозмінних навантажень і зустрічаються найчастіше [4]. Практика експлуатації трубних колон показує, що дефекти поздовжньої орієнтації також зустрічається у з'єднувальних елементах трубних колон. Розглянемо шляхи вирішення проблеми виявлення таких дефектів.

Виходячи з того, що для виявлення поперечних дефектів частіше застосовують ультразвукові методи (вони найбільш технологічні і прості), було вирішено застосувати їх і для виявлення дефектів поздовжньої орієнтації в тілі з'єднувальних елементів. Такий підхід був оправданий і економічно: для широкого впровадження достатньо комплектувати вже використовувану серійну ультразвукову апаратуру спеціалізованим п'єзоперетворювачем і методикою контролю.

Особливість застосування ультразвукового методу для виявлення дефектів поздовжньої орієнтації щодо з'єднувальних елементів полягає в такому:

Контроль повинен забезпечувати виявлення тріщин та інших дефектів порушення суцільності металу, що орієнтовані вздовж твірної з'єднувального елемента, як на поверхні, так і в металі.

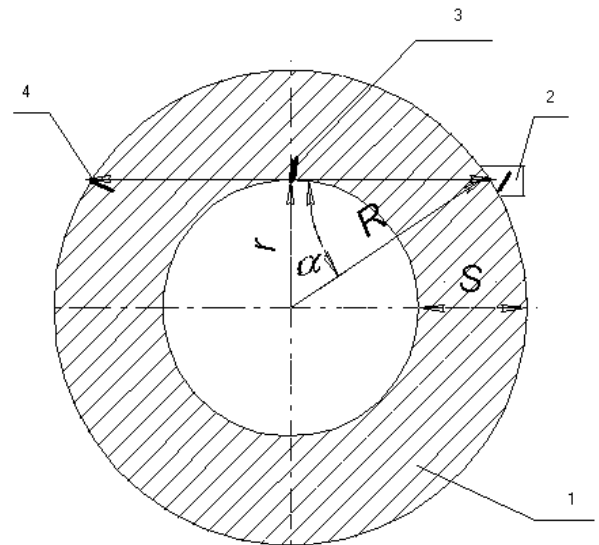
Оптимальна чутливість засобів контролю забезпечується кутом введення α ультразвукових коливань (УЗК) у виріб, що контролюється. Вона максимальна тоді, коли УЗК падають на поверхню дефекту під кутом 90° . Досягнути максимальну чутливість можна за різних схем прозвучування з'єднувального елемента. Розглянемо деякі із них.

Під час хордового прозвучування (рис. 1) нахилений п'єзоперетворювач працює за сумісною схемою.

Кут введення α визначається з виразу

$$\alpha = \arcsin \frac{r}{R} = \arcsin \frac{R-S}{R} = \arcsin \left(1 - \frac{S}{R} \right), \quad (1)$$

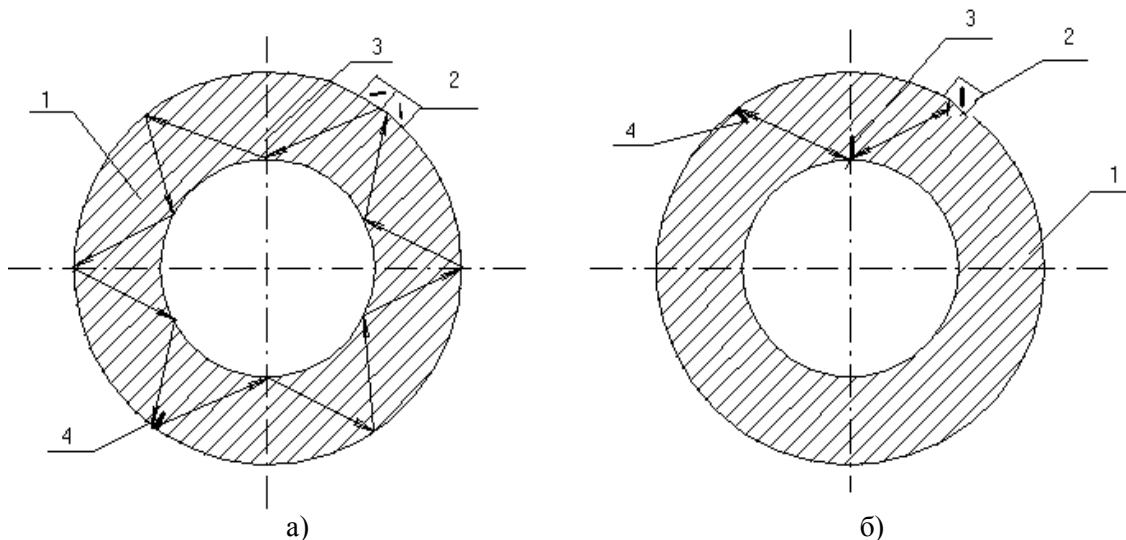
де: R , r – радіуси відповідно зовнішньої і внутрішньої поверхонь з'єднувального елемента;
 S – товщина стінки.



1 – з'єднувальний елемент; 2 – п'єзоперетворювач; 3 – дефект на внутрішній поверхні з'єднувального елемента; 4 – дефект на зовнішній поверхні з'єднувального елемента

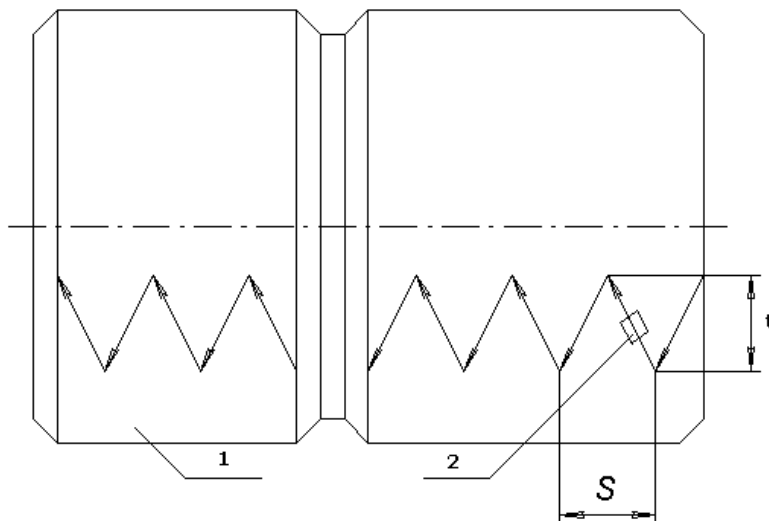
Рисунок 1 — Схема хордового прозвучування з'єднувальних елементів

За рівності $\alpha = \arcsin \left(1 - \frac{S}{R} \right)$ забезпечується умова для виявлення дефектів поздовжньої орієнтації на внутрішній поверхні (УЗК поширюється перпендикулярно площі дефекту). Однак, за даної умови відсутня гарантія виявлення дефектів на зовнішній поверхні. Для реальних конструкцій з'єднувальних елементів



1 – з’єднувальний елемент; 2 – п’єзоперетворювач; 3 – дефект на внутрішній поверхні з’єднувального елемента; 4 – дефект на зовнішній поверхні з’єднувального елемента

Рисунок 2 — Схеми прозвучування з’єднувального елемента роздільно-суміщеним (а) і суміщеним (б) п’єзоперетворювачами



1 – з’єднувальний елемент; 2 – п’єзоперетворювач

Рисунок 3 — Схема сканування з’єднувального елемента суміщеним п’єзоперетворювачем

труб нафтового сортаменту кут α знаходиться в межах 48° – 72° .

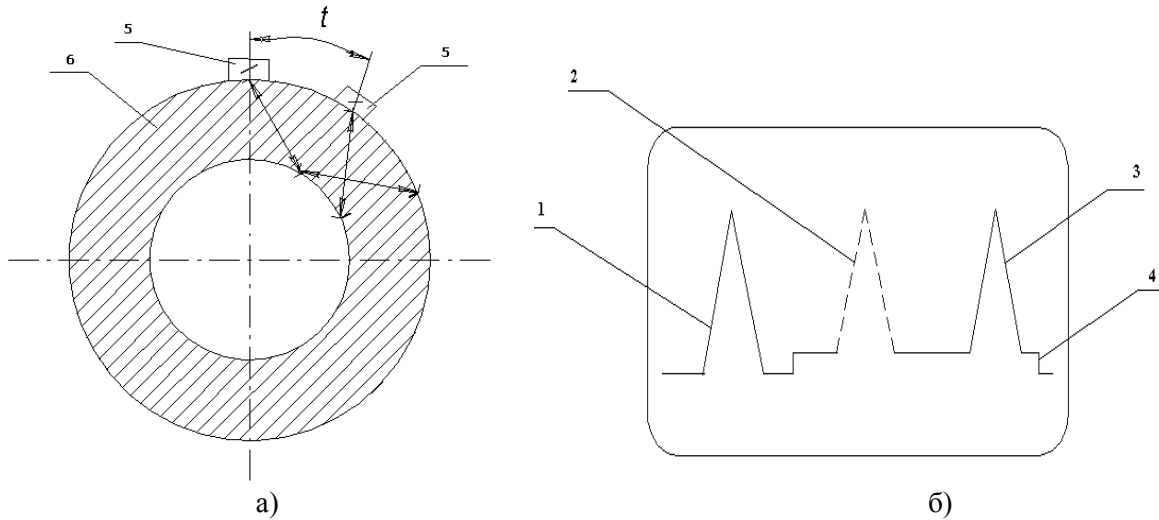
Під час прозвучування за схемою, зображеною на рис. 2, УЗК проходять через усю товщу металу. Тут можливі два варіанти. При використуванні роздільно-суміщеного п’єзоперетворювача (рис. 2,а) УЗК здійснюють багатократне відбиття від стінок виробу, тому спостерігається розсіювання і суттєва втрата ультразвукової енергії. Контроль за схемою (рис. 2,б) здійснюється за суміщеною схемою нахиленим п’єзоперетворювачем.

При цьому виявляються дефекти як на зовнішній, так і на внутрішній поверхнях, а також у виробі. Втрата енергії набагато менша, ніж в попередньому варіанті. Очевидно, що цей спосіб є найбільш сприйнятливий для нашого ви-

падку. Тому зупинимося на ньому більш детально.

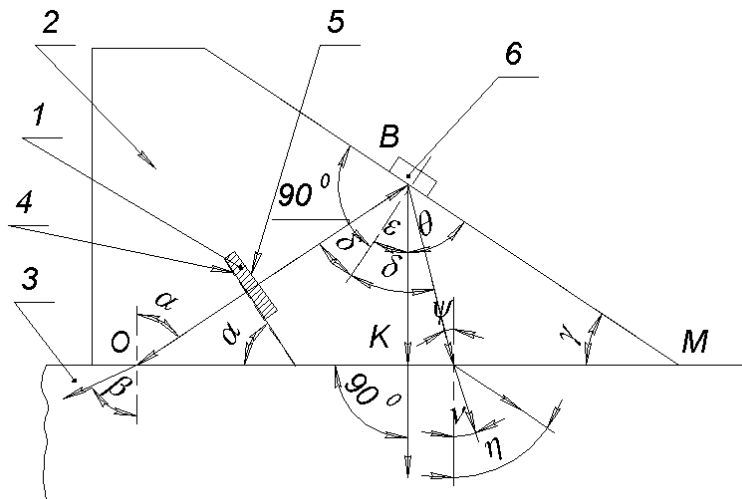
УЗК, які випромінюються п’єзоперетворювачем, вводяться в тіло з’єднувального елемента під кутом α в площині його поперечного перерізу, відбиваються від внутрішньої поверхні або дефекту і приймаються тим самим п’єзоперетворювачем. Знаходження дефектів забезпечується прямим і двічі відбитими променями УЗК. За їхньою амплітудою на екрані дефектоскопа судять про наявність або відсутність по-вздожнього дефекту. Для прозвучування всього об’єму тіла з’єднувального елемента необхідно здійснити зигзагоподібне сканування його поверхні з кутовим кроком t вздовж периметра і кроком s вздовж твірної (рис. 3).

Величина кроку t залежить від кута введення УЗК, крок s визначається протяжністю



1 – зонduючий імпульс; 2 – імпульс від дефекту, розташованого на внутрішній поверхні з'єднувального елемента; 3 – імпульс від дефекту, розташованого на зовнішній поверхні з'єднувального елемента; 4 – імпульс схеми АСД; 5 – п'єзоперетворювач; 6 – з'єднувальний елемент

Рисунок 4 — Схема розповсюдження УЗК (а) та зображення на екрані дефектоскопа під час сканування суміщеним п'єзоперетворювачем (б)



1 – п'єзоелемент; 2 – корпус п'єзоперетворювача; 3 – контрольований виріб;
4, 5 – випромінюючі поверхні п'єзопластини; 6 – відбивач

Рисунок 5 — Схема для розрахунку параметрів п'єзоперетворювача

дефекту, який необхідно знайти. Більш повну уяву про схему сканування дає рис. 4 – на ньому зображено хід променів УЗК і супроводжуючі його зображення на екрані дефектоскопа.

Настроювання апаратури проводиться на спеціальному стандартному зразку. Контрольований виріб бракується, якщо під час контролю на лінії розгортки дефектоскопа з'являється луна-імпульс від дефекту з амплітудою, співрозмірною або більшою за амплітуду сигналу від штучного дефекту.

Критеріями оцінки розмірів знайденого дефекту і його місце знаходження є :

– інтервал неперервного пересування луни-імпульсу вздовж лінії розгортки під час поперечного сканування – чим він більший, тим бі-

льша площа відбиття, а значить і розміри дефекту;

– положення максимуму амплітуди луни-імпульсу, що пересувається – чим ближче він до зонduючого імпульсу, тим ближче знайдений дефект до внутрішньої поверхні з'єднувального елемента і навпаки.

Підтвердити наявність дефекту у виробі можна шляхом його прозвучування УЗК, уведеними під різними кутами.

Однак слабким місцем в ультразвуковому контролі тіла з'єднувальних елементів є відсутність інформації про наявність акустичного контакту між п'єзоперетворювачем і виробом, який контролюється, що може призвести до необгрунтованого бракування. Цей недолік був

ліквідований шляхом розробки спеціалізованих п'єзоперетворювачів. Авторами запропоновано п'єзоперетворювач, [3] в якому використовується ефект двостороннього випромінювання УЗК п'єзоелектричним елементом. Схему такого п'єзоперетворювача зображено на рис. 5.

П'єзоелемент 1, встановлено в корпусі 2, нахиленому під кутом α до поверхні контрольованого виробу 3. Кут α вибирається із умов найкращого виявлення дефекту. УЗК, які випромінюються поверхнею 4 п'єзоелемента, вводяться в контрольований виріб під кутом β , а випромінювані УЗК поверхнею 5 попадають на відбивач 6 під кутом δ . Під час відбивання проходить трансформація УЗК: поперечна хвиля входить в тіло виробу по нормалі (пряма ВК), а поздовжня хвиля (пряма ВН), розпавшись на границі розділу на дві складові (поздовжню і поперечну) – під кутами η і ν . Так як швидкість поширення поперечних хвиль C_t приблизно у двічі менша від швидкості поширення поздовжніх хвиль C_l , [2] то поперечна хвиля дає можливість оцінити стан акустичного контакту. Використання в якості інформативного параметру поздовжньої хвилі неможливо, так як її відбитий імпульс зливається із зондуємим. Вхідження відбитих поперечних хвиль (пряма ВК) у контрольований виріб по нормалі повинно забезпечуватися правильним вибором кута γ відбивача. Залежність γ від кута нахилу п'єзопластини α і швидкісним поширенням поздовжніх і поперечних хвиль виражається рівнянням Снелліуса [3],

$$\frac{\sin \delta}{C_l} = \frac{\sin \beta \varepsilon}{C_t}, \quad (2)$$

де: δ – кут падіння поздовжніх хвиль на відбивачі;

ε – кут поширення поперечних хвиль, які утворюються після відбивання.

Із трикутника ВКМ знаходимо

$$\gamma = 90^\circ - \theta,$$

де: θ – кут між відбивачем і напрямом поширення поперечних хвиль

$$\theta = 90^\circ - \varepsilon.$$

Тоді $\gamma = \varepsilon$, а $\sin \gamma = \sin \varepsilon$.

Із трикутника ОВК

$$\delta = 90^\circ - (90^\circ - \alpha) - \varepsilon = \alpha - \varepsilon,$$

або враховуючи, що $\gamma = \varepsilon$,

$$\delta = \alpha - \varepsilon.$$

Провівши певні математичні перетворення, одержимо

$$\gamma = \arctg \frac{\sin \alpha}{\frac{C_l}{C_t} + \cos \alpha}. \quad (3)$$

Такий кут γ забезпечує падіння поперечної хвилі перпендикулярно основі призми п'єзо-

перетворювача і поверхні контрольованого виробу.

Виготовлений за такими параметрами п'єзоперетворювач дав можливість суттєво підвищити достовірність контролю і виключити необґрунтоване бракування з'єднувальних елементів.

Дане технічне вирішення захищене авторським свідоцтвом [3]. Воно було реалізовано в установці „Ремонт -1”, що призначена для заміни дефектних з'єднувальних елементів на трубах нової конструкції конічними стабілізуючими поясами. Установки впроваджені в Ухтинській НГРСГБ, а також у Республіці Куба.

Висновки

1. Розроблені технічні засоби і методики контролю якості з'єднувальних елементів трубних колон дають можливість своєчасно виявити в цих елементах дефекти поздовжньої орієнтації, що значно зменшує кількість відмов бурильних колон.

2. Підвищено достовірність ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача, який забезпечує відслідковування за акустичним контактом.

3. Розробленими технічними засобами можна комплектувати діючі стаціонарні, переносні та пересувні лабораторії неруйнівного контролю для розширення їх функціональних можливостей.

Література

1. Андрейчук І.С., Пелех В.Г., Бондурич Г.П. та ін. Работоспособность бурильных труб в условиях Прикарпатья // Нефтяная и газовая промышленность. – Київ: Техніка, 1982. – №3. – С. 57.

2. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. – М.: Машиностроение, 1981. – 108 с.

3. Зінчак Я.М., Карпаш О.М., Бажалук Я.М. та ін. А.С. №1569696. Перетворювач для ультразвукової дефектоскопії. – Бюл. „Открытия изобретения, промышленные образцы, товарные знаки”, №21, 1989.

4. Карпаш О., Криничий П., Крижанівський Є. та ін. Неруйнівний контроль труб нафтового сортаменту. – Івано-Франківськ: Факел, 2001 – 380 с. іл

МІСЦЕ

ВАШОЇ

МИ ЧЕКАЄМО НА ВАС !

