

620.179.1
К 59

**Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу**

Козоріз Андрій Володимирович

УДК 620.179

**РОЗРОБКА УСТАНОВКИ
АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ
ОБСАДНИХ ТРУБ**

05.11.13- Прилади і методи контролю та
визначення складу речовин

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ - 2003

7/1/15

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор

Карпаш Олег Михайлович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
проректор з наукової роботи

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Масвський Станіслав Михайлович

Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, завідувач кафедри приладів та систем неруйнівного контролю

кандидат технічних наук

Кононенко Марина Андріївна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
доцент кафедри інформаційно-вимірювальної техніки

Провідна установа:

Інститут електрозварювання ім. Б.Є. Патона НАН України, м. Київ

Захист відбудеться "04" липня 2003 р. о 15 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу, 76019, м. Івано-Франківськ

З дисертацією
національного технічного університету нафти і газу, Івано-Франківськ,

Автореферат

Вчений секретар
кандидат технічних наук

М.М.

Актуальність теми. За даними американських нафтогазових компаній, в США на трубних базах після перевірки нових обсадних труб на відповідність діючим стандартам відбракується до 20% загальної кількості перевірених труб. Аварії з обсадними трубами складають 7-8% всіх аварій в бурінні, на їх ліквідації витрачається понад 10% часу, що припадає на ліквідацію аварій всіх видів (особливо важкі аварії цього виду в регіонах, де обсадні труби спускають на велику глибину, та на розвідувальних свердловинах). Огляд сучасних технічних засобів і технологій контролю якості сталевих обсадних труб (СОТ) показує, що, не дивлячись на широке використання в нафтогазовій галузі методів неруйнівного контролю, питання комплексного контролю СОТ залишається невирішеним. Таким чином, задача розробки й впровадження методів та засобів для комплексного контролю СОТ є, безумовно, актуальною.

Комплексний вхідний контроль за допомогою розроблених технічних засобів та технологій забезпечить виявлення труб неналежної якості, а також дозволить оптимізувати процес формування обсадної колони з урахуванням технічного стану наявних СОТ.

Вирішення цієї задачі сприятиме попередженню відмов та зменшенню питомих витрат на спорудження й експлуатацію свердловин, що надзвичайно важливо для підвищення ефективності функціонування нафтогазовидобувної промисловості України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами підтверджує її актуальність. Дисертаційна робота виконувалась у відповідності:

- з Державною науково-технічною програмою з пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки 1997 року (завдання 04.03/01435-2/471-97 "Розробка технічних засобів і технологій оцінки фактичного технічного стану нафтогазового обладнання та інструменту");

- з галузевою науково-технічною програмою "Створення, освоєння випуску та впровадження у виробництво комплексу технічних засобів і технологій неруйнівного контролю та технічної діагностики трубних колон, бурового та нафтогазпромислового обладнання та інструменту. Організаційне, технічне, методичне та кадрове забезпечення" Держнафтогазпрому України на 1997 – 2001рр.

Роботи із створення новітніх технологій неруйнівного контролю та нормативного забезпечення контролю якості належать до пріоритетних напрямків науково-технічної політики нафтогазової галузі України. Така увага на рівні держави й галузі свідчить про ^{беззаперечну} важливість і актуальність цієї проблеми для України і підті ^{дальших} робіт в цьому напрямку з урахуванням сучас ^{ні} проблем забезпечення якості матеріалів та виробів.



Мета роботи полягає в розробці нових та вдосконаленні існуючих методів та засобів автоматизованого контролю сталених обсадних труб та способів їх реалізації в умовах баз виробничого обслуговування перед спуском СОТ в свердловину.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- проаналізувати причини відмов СОТ в складі обсадних колон та визначити основні параметри, які впливають на працездатність обсадної колони;
- аналітично визначити основні параметри комплексного автоматизованого контролю обсадних труб;
- дослідити нові способи і методи контролю якості сталених обсадних труб;
- розробити методики експериментальних досліджень по встановленню основних параметрів комплексного автоматизованого контролю СОТ та дослідити характер зв'язків між інформативними параметрами акустичного контролю й основними характеристиками дефектів, що виявляються в процесі автоматизованого контролю СОТ;
- розробити і впровадити у виробництво комплекс технічних засобів та технологій автоматизованого контролю основних параметрів, що визначають працездатність СОТ.

Об'єктом дослідження є сталені обсадні труби, зокрема їх параметри, які відповідають за безаварійну експлуатацію нафтогазових свердловин.

Предметом дослідження є методи та засоби неруйнівного контролю параметрів, які визначають якість сталених обсадних труб.

Методи дослідження. Для встановлення взаємозв'язків між показниками, які характеризують якість сталених обсадних труб, та інформативними сигналами, а також для встановлення залежностей між геометричними характеристиками СОТ та параметрами способів їх акустичного контролю використовувались методи променевої акустики та математичного моделювання. Під час проведення експериментальних досліджень та обробки їх результатів застосовувались методи теорії ймовірності та прикладної статистики. Розробка технічних засобів здійснювалась з використанням методів схемотехніки.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- вперше розроблено спосіб визначення овальності СОТ акустичним лунометодом, який дозволяє проводити безконтактний контроль;
- вперше розроблено спосіб визначення ексцентриситету СОТ, який на основі визначення товщини стінки труб за трьома твірними дозволяє здійснювати безобертовий контроль;

- експериментально встановлені залежності між інформативними параметрами акустичного контролю та основними характеристиками дефектів, що виявляються в процесі автоматизованого контролю СОР.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблені технічні засоби та технології реалізовані в комплексній установці автоматизованого контролю основних параметрів СОР, впроваджені у виробництво знайшли відображення в галузевих стандартах і дозволяють оптимізувати процес формування обсадної колони за результатами вхідного контролю труб. Згадана установка з позитивними результатами пройшла промислові випробування в науково-виробничій фірмі “Зонд” і впроваджена на базі виробничого обслуговування Хрещищенського УБР ДК „Укргазвидобування”.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Зокрема, особисто автором:

- отримані аналітичні залежності між параметрами контролю та траєкторією руху, кількістю перетворювачів, чутливістю, що дало змогу забезпечити виявлення різних типів дефектів для всього діапазону типорозмірів труб [2, 7];

- експериментально встановлені залежності між інформативними параметрами акустичного контролю та основними характеристиками дефектів, що виявляються в процесі автоматизованого контролю СОР [4];

- розроблено спосіб та методику визначення овальності СОР акустичним безконтактним луно-методом [5-7];

- отримано аналітичні вирази, на базі яких розроблено безобертвий метод визначення ексцентриситету СОР на основі визначення товщини стінки труб по тьом твірним [3, 7];

- запропоновано нові конструктивні рішення, які були використані при розробці технічних засобів [1, 2, 4, 7].

Із робіт, що опубліковані у співавторстві, використовуються результати, отримані особисто здобувачем.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на наукових семінарах кафедри “Методи та прилади контролю якості та сертифікації продукції” Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) у 2000, 2001, 2002 рр., на науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу ІФНТУНГ у 2002 р., на третій Українській науково-технічній конференції “Неруйнівний контроль та технічна діагностика-2000” (м. Дніпропетровськ), на міжнародній конференції “Фізичні методи та засоби контролю матеріалів та виробів “Леотест-2002” (м.Славське Львівської області), на XVI Російській науково-технічній конференції «Неразрушающий контроль и диагностика» (м. Санкт-Петербург, 2002 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 8 друкованих праць, з них 5 - у фахових виданнях (“Методи та прилади контролю якості”, “Техническая диагностика и неразрушающий контроль”), отримано 1 патент на винахід.

Структура та об’єм роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел із 123 найменувань та 2 додатків. Обсяг роботи складає 154 сторінок, в т.ч. 37 рисунків та 14 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* дана загальна характеристика дисертаційної роботи. Обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, на підставі чого сформульовані мета та основні задачі дослідження. Висвітлено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, подано відомості про особистий внесок здобувача та апробацію результатів роботи.

У *першому розділі* проведений аналіз умов роботи та пошкоджень обсадних колон, розглянуті особливості конструкції, специфічні дефекти СОТ та можливі методи їх контролю. Показано, що обсадні колони працюють у різноманітних і умовах. При бурінні свердловин на багатьох родовищах розкриваються поклади з аномально високими і низькими пластовими тисками, а також нестійкі гірські породи. Крім цього, на досягнутих в даний час глибинах забійні температури настільки високі, що при проведенні різних робіт в свердловині відбувається значне коливання температури, тому в обсадних колонах виникають додаткові напруження. Аналіз промислових матеріалів по свердловинах показує, що основні види пошкодження обсадних колон – зминання, обриви труб, зрив різьбового з’єднання, втрата герметичності. Зазначено, що до найбільш поширених причин відмов обсадних труб належить порушення технології їх виготовлення, неякісний контроль обсадної труби перед передачею в експлуатацію та нехтування рекомендаціями заводу щодо транспортування й зберігання. Внаслідок цього навіть нові обсадні труби мають відхилення товщини стінки та овальності та від регламентованих стандартом значень, що призводить до зминання обсадної колони в процесі експлуатації свердловин. Дослідженнями встановлено, що вплив овальності на опір труби зовнішньому тиску набагато більший, ніж вплив нерівномірності товщини стінки. Згідно з ГОСТ 632-80, овальність труб не може перевищувати 0,8 граничних відхилень по зовнішньому діаметру. Тому визначення овальності обсадних труб для наступного розрахунку колон на міцність перед їх спуском є актуальною задачею.

Таким чином, основним дефектом обсадних труб є невідповідність геометричних характеристик обсадних труб, особливо гладкої частини, нормованим значенням, і тому перш за все слід контролювати:

- а) різностінність (ексцентриситет);
- б) овальність;
- в) непрямолінійність (прогин).

Отже, працездатність обсадної колони залежить від дії двох чинників – умов експлуатації та якості самої колони. На основі проведених досліджень та промислових даних визначений комплекс параметрів, які відповідають за безаварійну (безвідмовну) експлуатацію колони.

Одним з найефективніших шляхів попередження відмов обсадних колон є своєчасне виявлення неруйнівними методами труб неналежної якості та їх відбракування перед спуском обсадної колони у свердловину. Дослідженням в цьому напрямку присвячені роботи багатьох вчених – М.П.Альошина, Я.Б.Бажалука, Л.А.Баштаннікова, С.Ф.Білика, Д.В.Гнедова, А.К.Гурвіча, І.Г.Єрмолова, Л.М.Заміховського, Я.М.Зінчака, О.М.Карпаша, В.В.Клюева, Б.В.Копея, І.Крауткремера, П.Я.Криничного, С.М. Маєвського, В.І.Михайленка, В.О.Троїцького та інших. Однак їх увага зосереджувалась в основному на виявленні дефектів чи визначенні товщини стінки неруйнівними методами контролю.

В даний час невирішеними є такі проблеми:

- відсутні високопродуктивні методи та технічні засоби контролю овальності СОТ;
- відсутні методи та засоби визначення ексцентриситету та екстремальних значень товщини стінки СОТ при вхідному контролі;
- існуючі на даний момент методики ультразвукового контролю не можуть забезпечити в достатній мірі можливість контролю розмірів дефектів, що виявляються.

Тому на даному етапі розвитку нафтогазової промисловості необхідні нові підходи до розробки технологій та технічних засобів, що повинні забезпечити вхідний контроль основних параметрів СОТ та комплектації обсадної колони трубами з урахуванням результатів такого контролю.

Другий розділ присвячений розробці високопродуктивних методів та технічних засобів контролю основних параметрів СОТ і визначенню (вибору) оптимальних параметрів контролю.

В розділі проаналізовано особливості автоматизованого ультразвукового контролю трубних виробів. Встановлено, що найбільш прийнятним для вирішення поставлених задач неруйнівного контролю обсадних труб є акустичний імпульсний луно-метод.

Для виявлення дефектів різних типів та розмірів у всьому діапазоні типорозмірів обсадних труб проведені аналітичні розрахунки таких основних параметрів автоматизованого контролю, як крок сканування, частота акустичних

коливань та чутливість. Особлива увага приділялась визначенню технічних характеристик первинних перетворювачів, зокрема, куту вводу. На базі проведених теоретичних досліджень отримана система рівнянь для визначення оптимального кута призми п'єзоелектричного перетворювача для виявлення дефектів поперечної орієнтації:

$$\begin{cases} \frac{d_{\max}}{D} = 0,5 \left(1 - \frac{c_i \cdot \sin \beta_e}{c_e} \right), \\ \beta_{\text{opt}} = \arcsin \left[\frac{rc_e}{c_i \sqrt{R^2 + r^2}} \right], \end{cases} \quad (1)$$

або

$$27^\circ \leq \beta_{\text{opt}} \leq \beta_{\max}, \quad (2)$$

де β_{opt} – оптимальний кут призми похилого перетворювача;

$$\beta_{\max} = \arcsin \left[\frac{c_e}{c_i} \left(1 - \frac{2d_{\max}}{D} \right) \right] - \text{максимальний кут призми похилого}$$

перетворювача;

d_{\max} – максимальна глибина прозвучування при контролі труб діаметром D з заданим кутом α вводу ультразвукових коливань;

c_b , c_e - швидкості хвиль зсуву в об'єкті контролю і поздовжніх хвиль у призмі перетворювача відповідно (залежать від властивостей матеріалів призми перетворювача і об'єкта контролю).

Дослідження труб показали, що зовнішній контур поперечного сечення не описується точно простою кривою. На основі досліджень результатів вимірів труб нафтового сортаменту було встановлено, що при описуванні зовнішнього контуру труби колом похибка апроксимації в 6 разів вища за похибку вимірювань. Необхідна точність досягається при описуванні контуру еліпсом.

Розповсюджений спосіб визначення зовнішнього контуру труби – знаходження його за результатами вимірювань діаметра штангенциркулем. Такий інструментальний контроль не дає можливості оперативно і з достатньою точністю оцінити форму поперечного перерізу СОТ та застосовувати його при 100%-му автоматизованому контролі труб в умовах виробництва. В зв'язку з цим виникла задача найбільш точного визначення форми цього контуру при умові, що похибка апроксимації не повинна перевищувати похибки вимірювань.

Рівняння кінцевого сечення, яке проходить через п'ять точок (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) , (x_4, y_4) , (x_5, y_5) , має вигляд:

$$\begin{bmatrix} x^2 & xy & y^2 & x & y & 1 \\ (x_1)^2 & x_1 y_1 & (y_1)^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ (x_2)^2 & x_2 y_2 & (y_2)^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ (x_3)^2 & x_3 y_3 & (y_3)^2 & x_3 & y_3 & 1 \\ (x_4)^2 & x_4 y_4 & (y_4)^2 & x_4 & y_4 & 1 \\ (x_5)^2 & x_5 y_5 & (y_5)^2 & x_5 & y_5 & 1 \end{bmatrix} = 0. \quad (3)$$

Визначення координат п'яти точок зовнішнього діаметру труб пропонується проводити акустичним безконтактним методом на частоті ультразвукових коливань 900 кГц (рис. 1).

Коефіцієнти $a_{i,k}$ ($i, k=1, 2, 3$) можна виразити через рівняння (3) в наступному вигляді:

$$\left. \begin{aligned} a_{11} &= kA_{11}, & 2a_{12} &= kA_{12}, & a_{22} &= kA_{13}, \\ 2a_{13} &= kA_{14}, & 2a_{23} &= kA_{15}, & a_{33} &= kA_{16}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де k – довільна стала;

A_{ii} – алгебраїчне доповнення відповідного елемента матриці рівняння (3) ($i=1, 2, \dots, 6$).

$$e = 2 \frac{a-b}{a+b}. \quad (5)$$

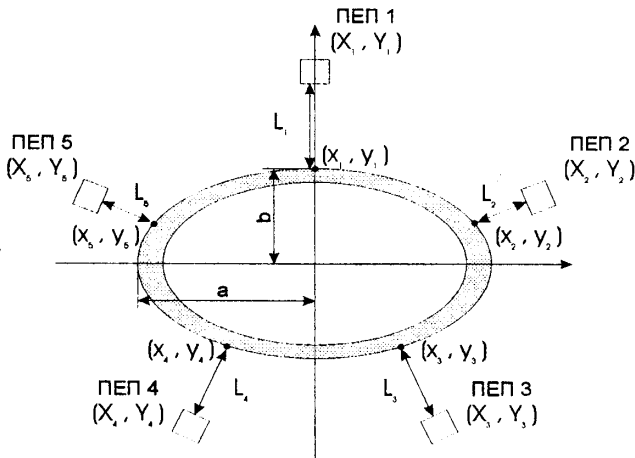


Рис. 1 – Схема визначення овальності СОТ

Знаючи коефіцієнти $a_{i,k}$ ($i, k=1, 2, 3$) рівняння (3), знаходимо параметри апроксимуючого еліпса a і b . Тоді овальність контрольованої труби буде дорівнювати:

На основі запропонованої математичної моделі розроблена методика визначення екстремальних значень товщини стінки d_{min} і d_{max} . Особливістю математичної моделі є визначення величини зміщення h центру внутрішньої поверхні відносно центру зовнішньої поверхні на основі даних безобертової товщинометрії в трьох точках.

На рис. 2 зображено переріз труби із зміщеним центром внутрішньої поверхні з радіусом r відносно центру зовнішньої поверхні з радіусом R на величину h . У вибраній декартовій системі координат внутрішня поверхня описується рівнянням:

$$r^2 = (x-a)^2 + (y-b)^2, \quad (6)$$

де a і b – координати центра внутрішньої поверхні.

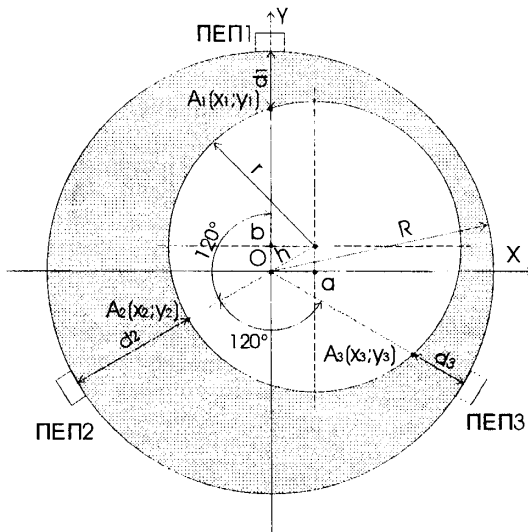


Рис. 2 – Схема визначення ексцентриситету СОТ

При відомих радіусах зовнішньої R і внутрішньої r поверхонь і трьох значеннях товщини труби d_1 , d_2 і d_3 координати точок A_1 , A_2 і A_3 дорівнюють

$$\begin{aligned} x_1 &= 0; & y_1 &= R-d_1; \\ x_2 &= -(R-d_2)\cos 30^\circ; & y_2 &= -(R-d_2)\sin 30^\circ; \\ x_3 &= (R-d_3)\cos 30^\circ; & y_3 &= -(R-d_3)\sin 30^\circ. \end{aligned} \quad (7)$$

Виходячи з виразів (6) і (7), складемо наступні співвідношення:

$$\begin{cases} (x_1-a)^2 + (y_1-b)^2 = (x_2-a)^2 + (y_2-b)^2, \\ (x_1-a)^2 + (y_1-b)^2 = (x_3-a)^2 + (y_3-b)^2, \end{cases} \quad (8)$$

Розв'язавши систему рівнянь (8), знаходимо координати центру внутрішньої поверхні a і b в декартовій системі координат. Екстремальні значення товщини дорівнюють:

$$\begin{aligned} d_{min} &= R-r-h; \\ d_{max} &= R-r+h, \end{aligned} \quad (9)$$

де $h = \sqrt{a^2 + b^2}$.

Стан розвитку сучасної обчислювальної техніки дає можливість з необхідною швидкістю і точністю, яка відповідає точності проведених вимірювань, обчислювати овальність та ексцентриситет обсадних труб при автоматизованому контролі, що є необхідним для розрахунку обсадних колон.

Третій розділ містить методики й результати експериментальних досліджень, що проводились для перевірки окремих теоретичних положень та висновків, одержаних в попередньому розділі, та уточнення параметрів методів контролю. В залежності від поставлених задач, дослідження проводились на натурних зразках, які виготовлювались з фрагментів обсадних труб. При дослідженні використовувалась, як правило, серійна контрольно-вимірювальна апаратура, атестована в органах Держстандарту, зокрема, серійні ультразвукові прилади та серійні і спеціально виготовлені п'єзоперетворювачі. Параметри п'єзоперетворювачів перед проведенням експериментів перевірялись за стандартною методикою.

Для перевірки основних теоретичних положень, викладених в другому розділі, а також визначення оптимальних параметрів контролю геометричних характеристик сталених обсадних труб були розроблені експериментальні установки контролю ексцентриситету та овальності труб. В ході експериментів

перевірялись основні положення теоретичних досліджень про оптимальні параметри контролю.

Аналіз науково-технічної і патентно-ліцензійної інформації щодо методів і засобів неруйнівного контролю бурового обладнання та інструменту показує, що небезпечність виявленого дефекту (з огляду на ймовірність аварії) визначається, перш за все, еквівалентною площею його поверхні. Однак, існуючі на даний момент методики не забезпечують можливість контролю розмірів дефектів ультразвуковим методом, тобто, ми маємо можливість тільки спостерігати наявність дефекту.

Для розробки алгоритму, що передбачає визначення розмірів і еквівалентної площі дефекту на основі оцінки амплітуди відбитого від нього ультразвукового сигналу, необхідно встановити математичну залежність між глибиною цього дефекту та амплітудою. З цієї метою була проведена серія експериментів із визначення залежності амплітуди ультразвукових коливань (УЗК), відбитих від дефекту, від глибини і довжини дефекту. Експерименти проводилися на зразку сталеної обсадної труби з умовним діаметром $d=168$ мм із нарізаними на ньому штучними дефектами різної глибини і довжини. В ході експерименту використовувались стандартні п'єзоелектричні перетворювачі (ПЕП), що застосовуються в даний час для дефектоскопії труб нафтового сортаменту, – П121-2,5-65 та П121-2,5-70; в якості вторинного приладу застосовувався серійний дефектоскоп УД2-12.

Діапазон зміни глибини дефектів вибирався згідно з ГОСТ 632-80 – від 1 до 6 мм. Дефекти типу риски наносились фрезою діаметром 60 мм. Відповідно, діапазон зміни довжини дефектів складає від 9 до 23 мм, еквівалентної площі – від 6 до 95 мм², що повністю задовольняє вимоги ГОСТ 632-80. Прозвучуючи зразок за допомогою ПЕП у напрямку кожного штучного дефекту, здійснювалось вимірювання амплітуди УЗК через фіксовані інтервали (2,5 мм). Отримані в такий спосіб залежності середніх значень амплітуд УЗК від глибини штучного дефекту представлені в рис. 3.

За результатами проведених експериментів можна зробити такі висновки:

1. Знаючи амплітуду вихідного аналогового сигналу дефектоскопа, можна визначити глибину залягання дефекту.
2. Використовуючи дані про глибину і довжину дефекту можна визначити еквівалентну площу дефекту.

На основі графічних представлень характеру залежностей амплітуди ультразвукового сигналу від глибини і довжини дефекту обрана поліноміальна апроксимація, оскільки цей метод порівняно з іншими забезпечує найменше відхилення функції від експериментальних даних. Залежність глибини дефекту H від амплітуди контрольованого сигналу можна представити у вигляді:

$$H = y_0 + y_1 A_0 + y_2 A_0^2, \quad (10)$$

де A_0 - максимальне значення амплітуди відбитого луно-сигналу;
 y_0, y_1, y_2 - коефіцієнти полінома (0.137; 0.245; $-2.449 \cdot 10^{-3}$).

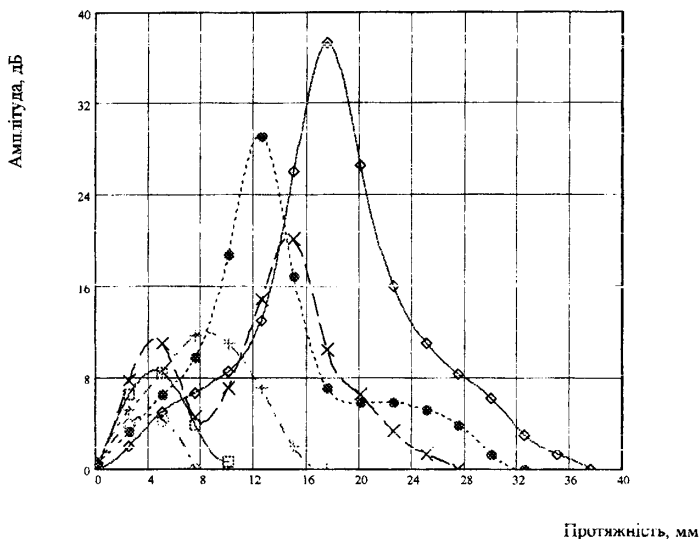


Рисунок 3. – Розподіл амплітуди УЗК в залежності від глибини штучного дефекту при максимальній глибині дефекту:
 ○ - 1 мм; □ - 2 мм; + - 3мм; × - 4 мм; ● - 5 мм; ◇ - 6 мм;

Коефіцієнт кореляції при цьому складає $R=0,989$. Відносна приведена похибка визначення величини H за формулою (10) дорівнює 2,57 %. Графік залежності реальної і розрахункової глибини дефекту від амплітуди відбитого луно-сигналу представлений на рис. 4.

Для визначення еквівалентної площі дефекту, яка описується контрольованим сигналом, необхідно фіксувати виміряні поточні значення амплітуди сигналу при виявленні дефекту, інтерполювати їх одним з чисельних методів, наприклад, методом кубічних сплайнів, а потім проінтегрувати отриману залежність. На рис. 5 представлені розрахунки еквівалентної площі дефекту на основі експериментальних даних (рис.3). Експериментальні дані були інтерпольовані методом кубічних сплайнів, а потім проінтегровані. Зв'язок між розрахунковими та реальними значеннями площі дефектів описується поліноміальною функцією першого порядку. Коефіцієнт кореляції дорівнює 0,993.

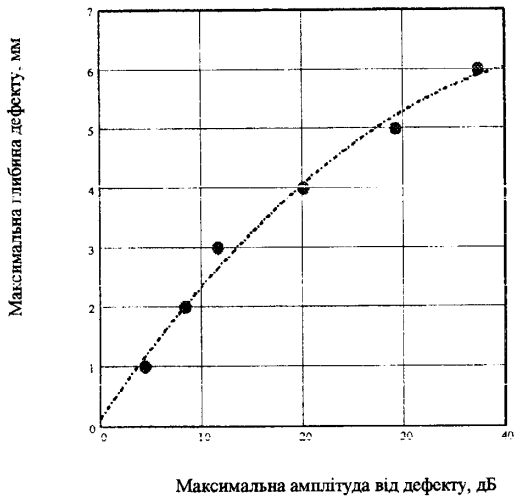


Рис. 4 – Залежність реальної і розрахункової глибини дефекту від амплітуди відбитого луно-сигналу:

● - експериментальні дані; - розрахункові дані

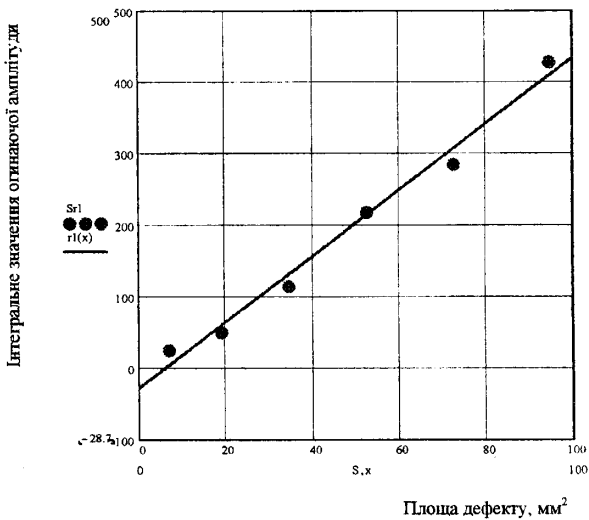


Рис. 5 – Залежність розрахункових від реальних значень еквівалентної площі дефектів:

● - експериментальні дані; ———— - розрахункові дані

Проведений метрологічний аналіз розроблених технічних засобів контролю ексцентриситету та овальності показав, що основна відносна похибка контролю не перевищує, відповідно, $\pm 1\%$ та $\pm 4\%$. Проведений аналіз показників якості контролю розроблених технічних засобів дефектоскопії обсадних труб, який дозволив встановити, що ймовірність виявлення дефектів в СОТ становить 0,965, а достовірність результатів контролю – не менше 0,925, що є цілком прийнятним для даного виду контролю.

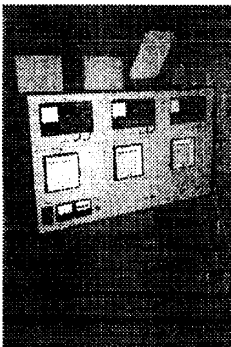
Четвертий розділ присвячений питанням розробки та виготовлення технічних засобів контролю СОТ і їх впровадження в умовах бурових та баз виробничого обслуговування.

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень в НВФ „Зонд” була виготовлена стаціонарна установка автоматизованого контролю обсадних труб „Зонд-СОТ”.

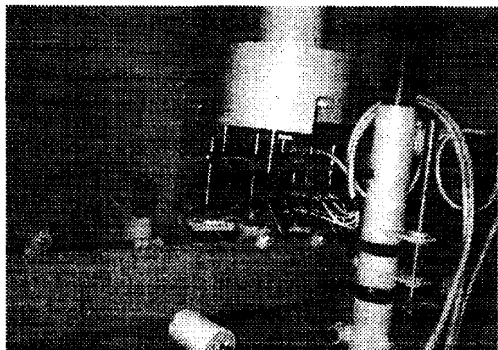
Установка “Зонд-СОТ” (рис. 6) дозволяє в автоматизованому режимі виявляти дефекти поздовжньої і поперечної орієнтації заводського походження у тілі сталевих обсадних труб, визначати місце розташування цих дефектів і визначати екстремальні значення товщини стінки та овальності, а також в ручному режимі визначати групи міцності та проводити дефектоскопію різьби і інструментальний контроль труб. В основу роботи установки покладено акустичний метод дефектоскопії і товщинометрії та вихрострумний метод контролю групи міцності [7].

В установці реалізована розроблена за участю автора система реєстрації та документування результатів неруйнівного контролю обсадних труб [1], яка може бути використана при контролі іншого нафтогазового інструменту та обладнання акустичним методом НК.

Розроблені технічні засоби неруйнівного контролю сталевих обсадних труб впроваджені у виробництво на базі виробничого обслуговування Хрещищенського ВБР.



а)



б)

Рис.6 – Загальний вигляд установки „Зонд-СОТ”

а- пульт управління; б- маніпулятор

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі контролю якості осадних труб, що полягає в розробці необхідних для проведення автоматизованого контролю способів, методів, технічних засобів та нормативних документів, впровадження яких сприяє попередженню відмов.

2. В результаті аналізу причин відмов і поломок сталених осадних труб в процесі їх експлуатації визначено, що серед основних параметрів СОТ (відсутність дефектів типу порушення суцільності металу, відповідність фізико-механічних характеристик та товщини труби нормованим значенням), які відповідають за експлуатаційну надійність осадної колони і можуть бути визначені методами неруйнівного контролю, є овальність та ексцентриситет.

3. На основі проведених теоретичних досліджень аналітично визначені та експериментально перевірені основні параметри автоматизованого акустичного контролю труб: кут вводу акустичних коливань для виявлення поздовжніх дефектів складає 65° , поперечних – 70° . Встановлено, що чутливість при виявленні дефектів повинна складати не менше 30 дБ, крок сканування – не менше 30 мм, що дозволяє надійно виявляти (96%) та реєструвати в реальному масштабі часу дефекти розмірами за ГОСТ 632-80 при швидкості контролю до 2 м/хв.

4. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень встановлені аналітичні залежності, розроблені способи та технічні засоби для визначення овальності та ексцентриситету СОТ, що є необхідним для розрахунку та формування оптимальної конструкції осадної колони.

5. Експериментально досліджено характер залежності між інформативними параметрами акустичного контролю та характеристиками дефектів, зокрема показано, що:

- залежність між глибиною штучного дефекту і максимальною амплітудою відбитого від нього ультразвукового сигналу описується поліномом другого порядку. Коефіцієнт кореляції складає 0,989, відносна приведена похибка визначення глибини дефекту не перевищує 12,4 %;

- встановлено можливість визначення еквівалентної площі дефекту, використовуючи дані про умовні глибину і довжину дефекту – існує лінійна залежність між інтегральним значенням огинаючої амплітуди луно-сигналу від дефекту та площею дефекту. При цьому коефіцієнт кореляції складає 0,993.

6. В процесі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено та впроваджено у виробництво комплекс технічних засобів і технологій, які дозволяють проводити автоматизований вхідний контроль якості

обсадних труб. Економічний ефект від впровадження автоматизованої установки контролю якості обсадних труб тільки на одному буровому підприємстві складає не менше 150 тис.грн. на рік.

7. Запропоновані в дисертаційній роботі методики та отримані результати можуть бути використані при вирішенні аналогічних задач в інших галузях промисловості.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Карпаш О.М., Васьків В.О., Молодецький І.А., Криничний П.Я., Козоріз А.В. Система реєстрації та документування результатів проведення контролю нафтогазового інструменту та обладнання акустичним методом // *Методи та прилади контролю якості*. – 1999. – №3. – С.18-20.

2. Карпаш О.М., Криничний П.Я., Козоріз А.В. Автоматизований комплекс неруйнівного контролю бурового інструменту АКНК-1 // *Методи та прилади контролю якості*. – 2000. – №6. – С.15-18.

3. Карпаш О.М., Криничний П.Я., Козоріз А.В. Контроль екстремальних значень товщини стінки труб нафтового сортаменту // *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. – 2000. – №4. – С.47-49.

4. Карпаш О.М., Криничний П.Я., Козоріз А.В. Обробка результатів автоматизованого контролю труб нафтового сортаменту // *Фізичні методи та засоби контролю середовищ матеріалів та виробів (серія), вип.7: Неруйнівний контроль конструкційних та функціональних матеріалів: Зб. наук. праць – Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка. – 2002. – С. 55-59.*

5. Козоріз А.В. Апроксимація форми поперечного контуру труб нафтового сортаменту // *Методи та прилади контролю якості*. – 2002. – №8. – С. 90-91.

6. Патент UA 53470 А, МКИ 7 G01B17/02. Спосіб визначення овальності труб / Карпаш О.М., Криничний П.Я., Козоріз А.В.; НВФ „Зонд”, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № 2002064773; Заявл. 11.06.2002; Опубл. 15.01.2003, Бюл. №1, 2003 р.

7. Карпаш О.М., Криничний П.Я., Даниляк Я.Б., Молодецький І.А., Молчанов М.О., Козоріз А.В., Куцій В.К., Васьків В.О. Стаціонарна установка "ЗОНД-СОТ" для автоматизованого комплексного неруйнівного контролю труб нафтового сортаменту // *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – 2000. Матеріали третьої Української науково-технічної конференції. – м. Дніпропетровськ – 2000. – С. 167-169.*

8. Даниляк Я.Б., Козоріз А.В., Молодецький І.А., Кійко Л.М., Карпаш О.М. Контроль якості згинчування різьбових з'єднань обсадних труб // *3-я науково-технічна конференція і виставка “Сучасні прилади, матеріали і технології для*

неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання”, м. Івано-Франківськ. – 2002. – С. 73-75.

АНОТАЦІЯ

Козоріз А.В. Розробка установки автоматизованого контролю якості обсадних труб – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.11.13 – Прилади і методи контролю та визначення складу речовин. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Івано-Франківськ – 2003.

Показано, що одними з основних параметрів СОТ, які відповідають за експлуатаційну надійність обсадної колони і можуть бути визначені методами неруйнівного контролю, є овальність та ексцентриситет. На основі проведених теоретичних досліджень розроблені способи та встановлені аналітичні залежності для визначення овальності та ексцентриситету СОТ. Експериментально досліджено характер залежності між основними параметри контролю та характеристиками дефектів. Розроблено та впроваджено у виробництво комплекс технічних засобів і технологій, які дозволяють проводити автоматизований вхідний контроль якості обсадних труб.

Ключові слова: неруйнівний контроль, дефектоскопія, овальність, ексцентриситет, обсадні труби, акустичний контроль, контроль труб

ANNOTATION

Kozoriz A.V. Development of installation of the automated quality testing of casing pipes. – Manuscript.

A thesis on competition of a scientific degree of the candidate of engineering sciences on a speciality 05.11.13 - Devices and methods of testing and determination of matter composition. The Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil & Gas. Ivano-Frankivsk - 2003.

It is shown, that some of basic parameters of casing pipes, which are responsible for operation reliability of casing string are ovality and eccentricity. These parameters can be defined by methods of non-destructive testing. On the basis of the carried out theoretical researches the designed ways also are established analytical dependences for definition of casing pipes ovality and eccentricity. Character of dependence between basic parameters of testing and defect characteristics was investigated experimentally. Is developed and entered into manufacture the complex of means and techniques which allow to carry out the automated entrance inspection of quality of casing pipes.

Key words: casing strings, non-destructive testing, casing pipe, ovality, eccentricity, defect.

АННОТАЦИЯ

Козориз А.В. Разработка установки автоматизированного контроля качества обсадных труб. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля и определения состава веществ. Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа – 2003.

Обзор современных технических средств и технологий контроля качества элементов и соединений трубных колонн показывает, что, не смотря на широкое использование в нефтегазовой области методов неразрушающего контроля, вопрос комплексного контроля стальных обсадных труб (СОТ) остается нерешенным. По данным Американских нефтегазовых компаний в США на трубных базах после проверки обсадных труб на соответствие действующим стандартам отбраковывается до 20% общего количества проверенных труб. Учитывая то, что аварии с обсадными трубами составляют 7-8% всех аварий в бурении, на их ликвидации расходуется свыше 10% времени, которое приходится на ликвидацию аварий всех видов, задача разработки и внедрения методов и средств контроля СОТ является, безусловно, актуальной. Входной контроль СОТ с помощью разработанных технических средств и технологий обеспечит недопущение к эксплуатации труб с дефектами, а также позволит формировать обсадную колонну в соответствии с фактическим техническим состоянием СОТ.

Цель работы состоит в разработке методов, технических средств и технологий автоматизированного контроля стальных обсадных труб в условиях баз производственного обслуживания нефтегазодобывающего предприятия.

Для достижения поставленной цели необходимо решить такие задачи:

- проанализировать основные причины отказов СОТ и определить основные параметры, которые отвечают за трудоспособность обсадной колонны;
- аналитически определить основные параметры комплексного автоматизированного контроля обсадных труб;
- разработать методики экспериментальных исследований по установлению основных параметров комплексного автоматизированного контроля СОТ;
- исследовать характер связей между информативными параметрами неразрушающих методов контроля и основными характеристиками дефектов, обнаруживаемых в процессе автоматизированного контроля СОТ;
- исследовать новые методы и разработать технические средства для контроля качества СОТ;
- разработать и внедрить в производство комплекс технических средств и технологий контроля основных параметров СОТ.

Объект исследования – стальные обсадные трубы, используемые для крепления ствола буровой скважины в процессе проводки и эксплуатации нефтегазовых буровых скважин.

Предметом исследования являются методы и средства неразрушающего контроля параметров, которые определяют качество стальных обсадных труб.

Научная новизна полученных результатов состоит в том, что:

- аналитически проведенные расчеты параметров контроля (траектории движения, количество преобразователей, чувствительность и др.) для обеспечения выявления разных типов дефектов для всего диапазона типоразмеров труб;
- экспериментально установленные зависимости между информативными параметрами акустического контроля и основными характеристиками дефектов, обнаруживаемых в процессе автоматизированного контроля СОР;
- разработан метод определения овальности СОР акустическим бесконтактным эхо-методом;
- разработан безоборотный метод определения эксцентриситета СОР на основе определения толщины стенки труб по трем образующим.

Практическое значение полученных результатов состоит в том, что разработанные технические средства и технологии реализованы в комплексной установке контроля основных параметров СОР, внедренные в производство. Разработанные методы и технические средства прошли промышленные испытания на базе производственного обслуживания Христищенского УБР ДК “Укргаздобыча” и в Научно-производственной фирме “Зонд”.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, дефектоскопия, овальность, эксцентриситет, обсадные трубы, акустический контроль, контроль труб.



as420