



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 50074

(13) A

(51) 6 G01N27/90

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ЗОНД ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТРУБОК ВЕЛИКОЇ ДОВЖИНИ З ВИГИНАМИ

1

2

(21) 2001063902

(22) 08 06 2001

(24) 15 10 2002

(46) 15 10 2002, Бюл. № 10, 2002 р.

(72) Мозжухін Анатолій Олександрович, Ковбасенко Олександр Степанович, Пишний Володимир Максимович, Лобанов Олег Федорович, Найда Володимир Львович

(73) Мозжухін Анатолій Олександрович, Ковбасенко Олександр Степанович, Пишний Володимир Максимович, Лобанов Олег Федорович, Найда Володимир Львович

(57) 1 Зонд для контролю трубок великої довжини з вигинами, наприклад, для вихорострумового контролю теплообмінних трубок парогенераторів АЕС, що має контролюючу головку та електричний з'єднувач, які примикають із протилежних боків до

порожнього гнучкого подовжувача у вигляді металевої циліндричної спіралі з дотичними витками з дроту круглого чи прямокутного перерізу, усередині якої для зв'язку головки з електричним з'єднувачем розміщені кабелі, який відрізняється тим, що спіраль подовжувача з боку, пов'язаного з головкою, виконана із зазорами між витками на ділянці довжиною що дорівнює 2-15 діаметрам спіралі

2 Зонд по п. 1, який відрізняється тим, що на ділянці спіралі, виконаній із зазором поміж витками, самі витки додатково виконані зі зміною площі поперечного перерізу дроту спіралі таким чином, що площа перерізу монотонно збільшується від головки у бік з'єднувача і доходить до номінальної наприкінці зазначеної ділянки

Винахід стосується галузі неруйнівного контролю, в тому числі вихорострумового контролю теплообмінних трубок парогенераторів АЕС

Рівень техніки

Відомі конструкції зондів, що мають контролюючу головку та електричний з'єднувач, які примикають із протилежних сторін до порожнього гнучкого подовжувача у виді циліндричної спіралі, усередині якої розміщені електричні кабелі зв'язку головки з електричним з'єднувачем для підключення до контролюючого приладу (див. Патент України UA № 19139 C1, мвк G 01 N 27/90, Бюл. № 6, 25 12 97), де подовжувач виконаний із суцільної гнучкої трубки, а попереду неї додатково змонтований направляючий гнучкий елемент у вигляді циліндричної пружини

Відома також конструкція зонда аналогічного призначення (див., наприклад, Європатент № 0023163, Бюлетень 91/4, Опубл. 28 01 81) При цьому циліндрична спіраль, як вказано в патенті названа спіральною ресорюю з дотичними витками з дроту круглого чи прямокутного перерізу. Попереду контролюючої головки також додатково змонтований направляючий гнучкий елемент із використанням циліндричної пружини

Така конструкція обумовлена тим, що всі зон-

ди потребують виконання двох важко сумісних якостей, а саме непохитність при стиску уздовж осі та гнучкість для проходження вигинів. Саме це й спонукає до використання спіральної подовжувачів із дотичними витками, бо щонайменший зазор поміж витками різко знижує осьову усталеність спіралі та призводить до того, що в контрольованій трубі з вигинами подовжувач на прямій ділянці труби вигинається по синусоїді з достатньо малим шагом, щоб зонд неможливо було проштовхнути. На фіг. 1 Додатка 1 показано як і завдяки чому збільшується опір подачі зонда залежно від шага синусоїди. На фіг. 1а зображена спіраль із зазорами, яка має досить велику рівнодіючу  $P$  тиску на стінки труби при проштовхуванні зонда, і відповідну  $1$  величину опору від тертя в кожному місці контакту, що дорівнює  $P \cdot f$ , де  $f$  - коефіцієнт тертя матеріалу оболонки зонду по сталі труби. На фіг. 1б зображена спіраль із дотичними витками, яка розміщується завдяки своїй усталеності майже паралельно трубі. Точок контакту такого зонду з трубою значно менше ніж у попередньому прикладі. Рівнодіюча  $P_1$  значно менша ніж  $P$  і відповідно  $P_1 \cdot f \ll P \cdot f$ . Сумарний опір  $F$  або  $F_1$  просуванню зондів дорівнює добуткам

(13) A  
(11) 50074  
(19) UA

$$F = P \cdot f \cdot n \gg F_1 = P_1 \cdot f \cdot n_1,$$

де  $n$  і  $n_1$  - кількість точок контакту зонда з трубою. Ясно, що опір дотичної спіралі значно менший завдяки тому, що  $P_1 < P$ , а  $n_1 < n$ .

Це парадоксальна й трагічна обставина для виробників зондів, бо зазор поміж витками подовжувача був би бажаним з іншої причини, а саме тому, що він повністю знімає проблему переміщення кабелів уздовж оболонки подовжувача при багаторазовому намотуванні зонда на барабан. Спіраль із зазором не збільшує свою довжину (по осьовій лінії) у намотаному на барабан стані за рахунок того, що витки симетрично складаються й розкриваються при вигині на барабані, і довжина кабелю при цьому також дорівнює довжині спіралі подовжувача у розмотаному й намотаному стані. Але саме тому, що проштовхнути таку спіраль неможливо виробники змушені використовувати дотичні спіралі та йти на значне ускладнення конструкції та збільшення трудомісткості виготовлення аби уникнути розриву кабелів. Дотична спіраль завдяки позитивній якості - усталеності має зворотну негативну - підвищений опір вигину. Це також ускладнює проштовхування скрізь вигини труб бо на початку входу у вигин плече  $L_1$  (див. Фіг. 2 Додатка 1), на якому діє складова сила повороту, мінімальне і потребує значного зусилля уздовж осі, щоб зігнути короткий кінчик спіралі. На стадії виходу переднього кінця дотичної спіралі зонда з вигину, для того, щоб зігнути його, вже утворюється більше плече  $L_2$  (див. Фіг. 3 Додатка 1), яке полегшує проштовхування решти подовжувача, але прохід через вигин потребує, у всякому разі, підвищених зусиль. Тому після кожного вигину значно зростає сила, що вимагається для подальшого руху зонда у трубі. Практично зонди такої конструкції не проходять більш двох поворотів і це вдвічі збільшує трудомісткість контролю, бо його доводиться вести ще раз із протилежного кінця трубки. Найчастіше в конструкціях парогенераторів трубки мають 3 - 5 вигинів. Як правило на другому чи третьому повороті механізм, що подає зонд, втрачає можливість посувати зонд далі саме тоді коли жорстка дотична спіраль тільки входить у поворот - це пік опору, бо як уже було сказано вище, на виході з вигину переднього кінця дотичної спіралі опір зменшується.

Суть винаходу

В основу винаходу поставлена задача полегшити прохід вигинів зондом і підвищити продуктивність контролю.

Суть винаходу полягає в тому, що у зонді для контролю трубок великої довжини з вигинами, що має контролюючу головку та електричний з'єднувач, які примикають із протилежних сторін до порожнього гнучкого подовжувача у виді металевої циліндричної спіралі з дотичними витками з дроту круглого чи прямокутного перерізу, усередині якої для зв'язку головки з електричним з'єднувачем розміщені кабелі, згідно винаходу спіраль подовжувача з боку, пов'язаного з головкою, виконана із зазорами між витками на ділянці довжиною що дорівнює 2 - 15 діаметрам спіралі. Другою відмітною ознакою є те, що відповідно винаходу на ділянці спіралі, виконаній із зазором поміж витками, самі витки додатково виконані зі зміною площі по-

перечного перерізу дроту спіралі таким чином, що площа перерізу монотонно збільшується від головки у бік з'єднувача і доходить до номінальної наприкінці зазначеної ділянки.

Відомості, які стверджують можливість здійснення винаходу. Загальна принципова схема конструкції зонда подана на фігурі 1. Зонд має контролюючу головку 1 та електричний з'єднувач 2, які примикають із протилежних сторін до порожнього гнучкого подовжувача 3 у виді циліндричної спіралі 4, усередині якої розміщені електричні кабелі 5 зв'язку головки 1 з електричним з'єднувачем 2.

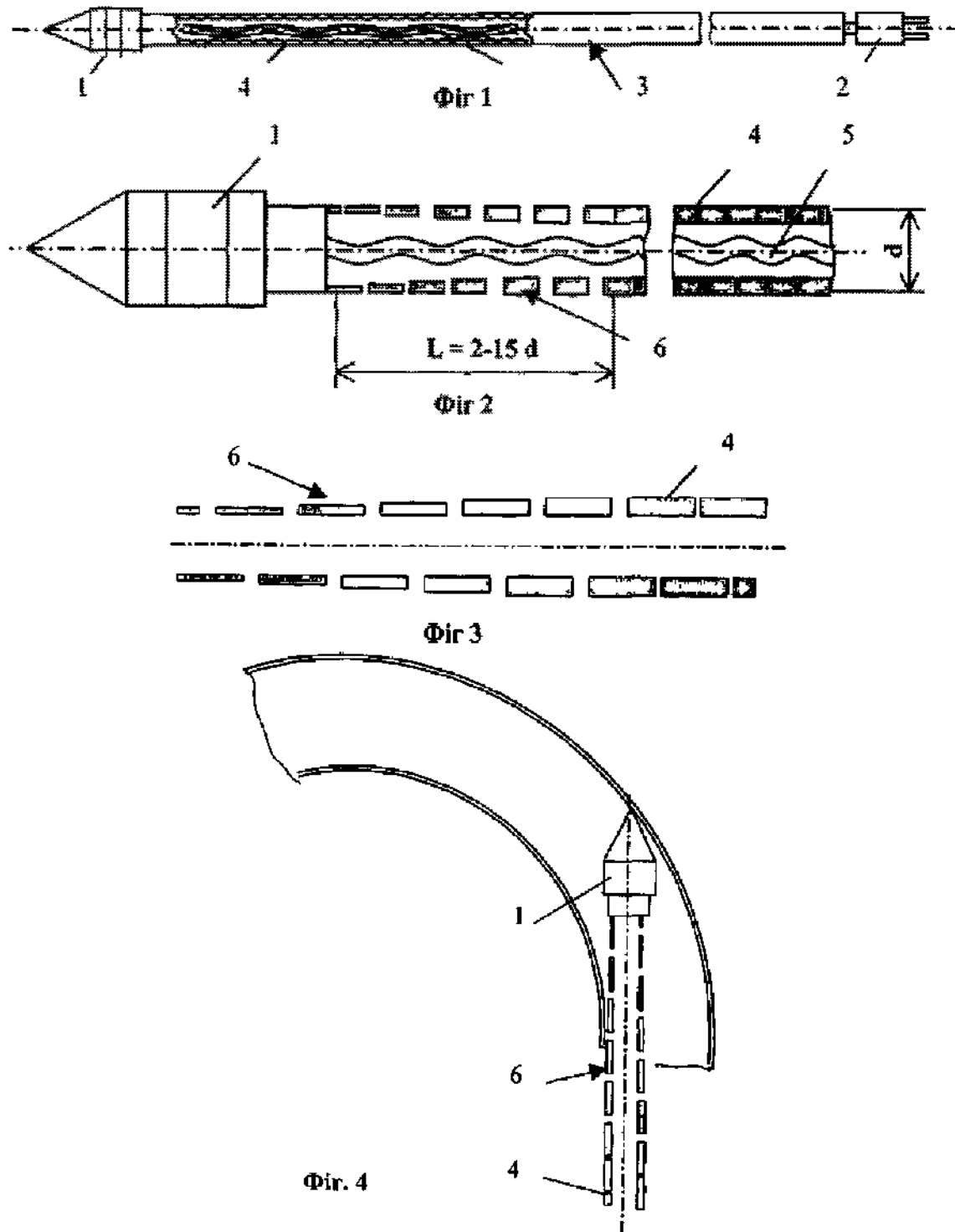
На фігурі 2 показана ділянка 6 спіралі 4, яка з боку головки виконана із зазорами між витками на протязі довжиною  $L_1$  що дорівнює 2 - 15  $d$ , де  $d$  - діаметр спіралі 4. Далі спіраль 4 має дотичні витки на решті довжини. Ділянка 6 може також бути виконана зі зміною площі поперечного перерізу дроту спіралі таким чином, що площа перерізу монотонно збільшується від головки у бік з'єднувача і доходить до номінальної наприкінці зазначеної ділянки 6. На фігурах 2 і 3 показані варіанти профілю спіралі ділянки 6, на яких постійним на всю спіраль залишається зовнішній (фіг. 1) або внутрішній (фіг. 2) діаметр спіралі 4, тобто зменшення площі перерізу витків, може виконуватись з будь якого боку, а також з обох сторін. Варіант, показаний на фігурі 3, є більш технологічним. Зменшення площі перерізу витків може виконуватись також уздовж осі спіралі, але це менш технологічно. Таким чином на передньому кінці дотичної спіралі 4 зроблена ділянка 6 із послабленням опору вигину, який нарастає від мінімального на кінці до номінального в місці, де ділянка переходить у повнопрофільну дотичну спіраль. Межі довжини ділянки 6 обрані з наступних урахувань. Менше двох діаметрів  $d$  робити довжину ділянки 6 вже мало ефективно, бо довжина мінімального плеча дії сил на вигин контрольованих у відомій техніці таким пристроєм трубок, як правило, більша. Більше 15 діаметрів  $d$  робити ділянку 6 також недоцільно, бо, по-перше, така довжина достатня для проходження довжини вигину тих трубок, для яких у відомій техніці зонди призначені, а, по-друге, таке співвідношення відповідає конструктивним засадам з яких обирається діаметр спіралі відносно діаметра труби та радіусів їх вигинів. Тобто вона дорівнює по суті максимальній довжині плеча дії сил на вигин контрольованих у відомій техніці таким пристроєм трубок. Більша довжина недоцільна в ніякому разі, бо вона мусить бути обмежена з міркувань необхідності усталеності подовжувача, наведених вище.

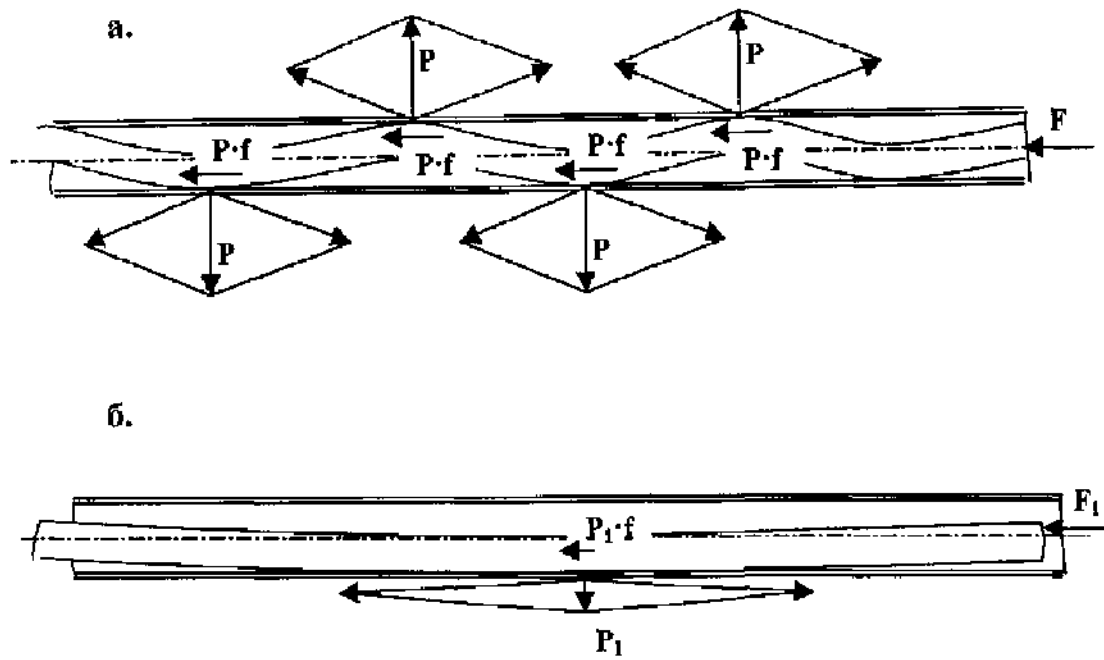
Зонд працює так. При проведенні контролю зонд подається в трубку. В момент, коли передня ослаблена ділянка 6 дотичної спіралі 4 входить у вигин трубки, на найменшому плечі дії сил, що вигинають спіраль, гнеться передня частина ділянки, яка має найменшу усталеність завдяки зазорам поміж витками, а також завдяки мінімальній площі перерізу витків. Зусилля вздовж осі, потрібне для вигину та просування ослабленої спіралі, значно менше ніж для дотичної з повним профілем перерізу витків. По мірі просування уздовж вигину плече дії сил, що вигинають спіраль, поступово зростає, а разом із тим зростає і пружність спіралі,

що дає змогу, не збільшуючи зусилля проштовхувати зонд далі за вигин до наступного вигину трубки, де картина повторюється.

Таким чином при використанні зонда з дотичними витками спіралі, що має на передньому кінці ділянку з послабленням опору вигину завдяки за-

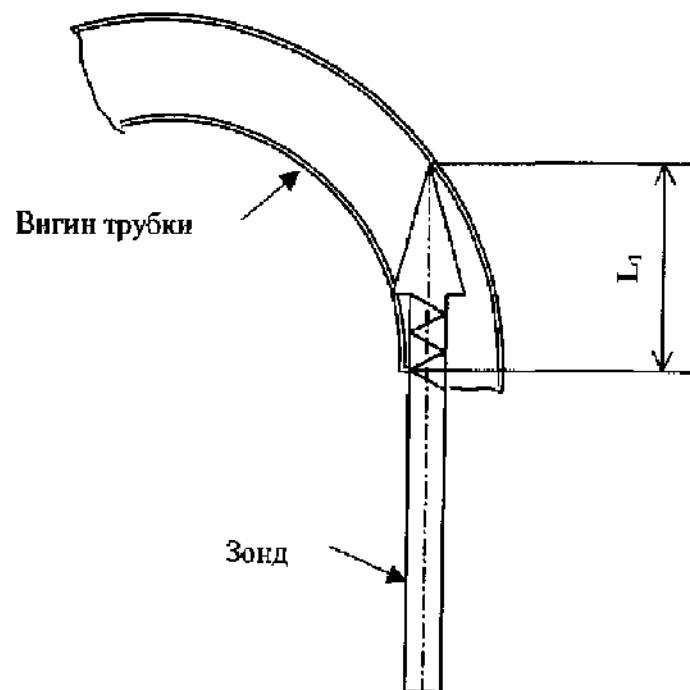
зорам та зміні площі перерізу витків спрощується конструкція і зростає прохідність зондів. Підвищення продуктивності роботи експериментально доведено на виготовлених дослідних зразках зондів запропонованої конструкції в умовах парогенераторів ПГВ-1000 Запорізької АЕС.



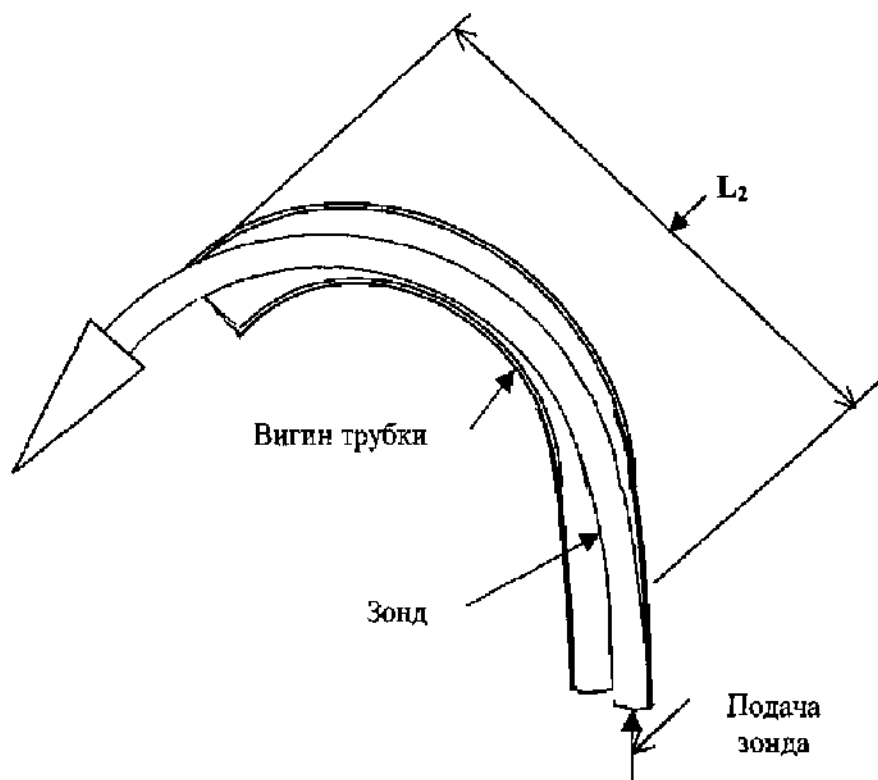


**Фіг. 1** Схема складових опор просуванню зонда у прямій трубі

**а. – приклад зі спіраллю з зазорами поміж витками**

**б. – приклад зі спіраллю з дотичними витками**

**Фіг. 2** Схема входження зонда у вигин трубки



**Фіг. 3** Схема проходу зондом вигина

---

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)  
вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна  
(044) 456 – 20 – 90

---

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»  
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна  
(044) 216 – 32 – 71