



УКРАЇНА

(19) UA (11) 37127 (13) A

(51) 7 G01F1/66

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ДАВАЧ АКУСТИЧНОГО ВИТРАТОМІРУ

(21) 2000031666

(22) 23.03.2000

(24) 16.04.2001

(33) UA

(46) 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

(72) Єфремов Віктор Євгенович

(73) ЄФРЕМОВ ВІКТОР ЄВГЕНОВИЧ, ЛЕЖОЄВ
РОСТИСЛАВ СТАНІСЛАВОВИЧ, ІГНАТЧЕНКО
МАКСИМ ГРИГОРОВИЧ

(57) Давач акустичного витратоміра рідини прямо-
точного типу з трубоподібним корпусом і трьома
двійками п'єзоелектричних елементів, що відпові-
дають трьом векторам розповсюдження акустич-
них сигналів, розташованих під кутом по осі дава-
ча, який **відрізняється** тим, що він обладнаний
трьома двійками виступів з п'єзоелектричними
елементами усередині, які розташовані рівномірно
по колу з кроком 120° при довжині давача 1,6...2,0
діаметрів внутрішнього отвору, робочі поверхні
виступів мають форму конусів із спільними осно-
вами і спільною віссю, яка співпадає з віссю кор-
пуса акустичного давача, твірні цих конусних повер-
хонь у кожній з площин, які визначаються відпові-

дним вектором розповсюдження акустичного сиг-
налу і віссю корпуса акустичного давача, перпен-
дикулярні до вектора розповсюдження акустичного
сигналу, кут нахилу твірних робочих поверхонь до
осі корпуса акустичного давача складає $45...60^\circ$,
зворотні поверхні виступів мають форму конусів з
основами, що співпадають з вхідним і вихідним
отворами акустичного давача, і спільну вісь, яка
співпадає з віссю корпуса акустичного давача, кут
нахилу твірних зворотних поверхонь до осі кор-
пуса акустичного давача повинен бути таким, щоб
коло, утворене пересіченням конусних робочих і
зворотних поверхонь, мало діаметр $0,70 \pm 0,05$ від
діаметра внутрішнього отвору, але цей кут не по-
винен бути більшим за доповнення до 90° кута
нахилу твірних робочих поверхонь, виступи з п'є-
зоелектричними елементами усередині відокрем-
лені один від одного фрагментами циліндричної
поверхні, твірні якої паралельні до осі корпуса аку-
стичного давача таким чином, щоб загальна пло-
ща трьох виступів у спільній площині, яка перпен-
дикулярна до осі корпуса акустичного давача, не
перевищувала б 20%.

Винахід відноситься до вимірювальної техніки,
а саме, до техніки вимірювання швидкості руху та
витрати рідини за допомогою імпульсних акустич-
них сигналів.

Відомі вимірювачі витрати рідини за допомо-
гою двох п'єзоелектричних елементів, які по черго-
во виконують функції випромінювача та приймача
акустичних сигналів [1]. Вони мають загальну осо-
бливість: акустичні сигнали проходять в потоці рі-
дини один і той же шлях від одного давача до дру-
гого навпроти напрямку руху рідини та в напрямку
руху рідини за різні проміжки часу, різниця котрих
прямо пропорційна швидкості руху рідини.

Недолік подібних пристроїв - низька точність
обчислення витрати рідини у разі погіршення осьо-
вої симетрії потоку внаслідок його турбулентності
чи присутності місцевих перешкод у трубопроводі
(колін, вентилів, термометрів і таке інше). Похибка
виникає через те, що потік рідини добре інтегру-
ється у вузькій зоні вздовж лінії розповсюдження
акустичних сигналів, а локальні зміни швидкості
рідини за межами цієї зони не можуть вплинути на
результат вимірювання.

Розширення зони контролю на увесь потік
шляхом застосування великих п'єзоелектричних
елементів або звуження потоку відповідно до на-
прямку розповсюдження акустичних сигналів не
може істотно поліпшити ситуацію [2]. Адже нерів-
номірність потоку по фронту розповсюдження аку-
стичних сигналів викликає спотворення форми
сигналу, що приймається, замість виникнення за-
тримки у часі, яка відповідала б середньому по-
току.

Найбільш близьким до запропонованого вина-
ходу є давач акустичного витратоміру рідини пря-
моточного типу [3] з трубоподібним корпусом і кі-
лькама двійками п'єзоелектричних елементів (на-
приклад, трьома), що відповідають векторам розпо-
всюдження акустичних сигналів, розташованих під
кутом до вісі давача.

Недоліки прототипу:

а) прямий і гладкий циліндричний трубопровід
прототипу має гістерезисну характеристику при
переході з ламінарного режиму течії до турбулент-
ного і назад, тому в області малих витрат (число

Рейнольдса $Re \leq 1,3 \times 10^4$) з'являється зона великої і неоднозначної похибки (до 3...5%);

б) кармани або отвори у корпусі давача для доступу до мембран п'єзоелектричних елементів створюють умови для накопичення повітряних бульбашок та іншого бруду, що призводить до порушень акустичного зв'язку між п'єзоелектричними елементами.

Задачею цього винаходу є підвищення точності і надійності вимірювання швидкості рідини в трубопроводі шляхом:

а) створення умов для переходу з ламінарного до турбулентного режиму руху рідини і назад, до ламінарного, при значно меншій швидкості руху рідини;

б) повної ліквідації карманів та інших порожнин, які могли б стати місцем накопичення повітря.

Задача винаходу вирішується шляхом створення в трубоподібному корпусі давача акустичного витратоміру трьох пар виступів з п'єзоелектричними елементами усередині, які відповідають трьом векторам розповсюдження акустичних сигналів і розташовані рівномірно по колу з кроком 120° . Довжина давача акустичного витратоміру складає 1,6...2,0 діаметрів внутрішнього отвору. Робочі поверхні виступів повинні мати форму конусів зі спільними основами і спільною віссю, яка співпадає з віссю корпусу давача акустичного витратоміру. Створюючи цих конусних поверхонь у кожній з площин, які визначаються відповідним вектором розповсюдження акустичного сигналу і віссю корпусу давача акустичного витратоміру, повинні бути перпендикулярними до вектора розповсюдження акустичного сигналу. Кут нахилу створюючих робочих поверхонь до вісі корпусу давача акустичного витратоміру повинен складати $45...60^\circ$. Зворотні поверхні виступів повинні мати форму конусів з основами, що співпадають з вхідним і вихідним отворами акустичного давача і спільну вісь, яка співпадає з віссю корпусу давача акустичного витратоміру. Кут нахилу створюючих зворотних поверхонь до вісі корпусу давача акустичного витратоміру повинен бути таким, щоб коло, утворене пересіченням конусних поверхонь робочих і зворотних поверхонь мало діаметр $0,70 \pm 0,05$ від діаметру внутрішнього отвору, але цей кут не повинен бути більшим за доповнення до 90° кута нахилу створюючих робочих поверхонь. Виступи з п'єзоелектричними елементами усередині відокремлені один від одного фрагментами циліндричної поверхні, створюючи якої паралельні до вісі корпусу давача акустичного витратоміру, таким чином, щоб загальна площа трьох виступів у спільній площині, яка перпендикулярна до вісі корпусу акустичного давача, не перевищувала б 20%. Гострі грані у робочому просторі давача акустичного витратоміру перпендикулярні до напрямку потоку повинні бути закруглені з радіусом не меншим за 0,5 мм.

Ефект підвищення точності та надійності може бути досягнений для потоку через давач акустичного витратоміру, для якого число Рейнольдса знаходиться в межах від $4,65 \times 10^3$ до $2,32 \times 10^6$. Як відомо, число Рейнольдса розраховується за формулою:

$$Re = V_{cp} \times D / \eta,$$

де V_{cp} - середня швидкість рідини;

D - внутрішній діаметр труби, яка є корпусом давача акустичного витратоміру, тобто діаметр внутрішнього отвору;

η - в'язкість рідини.

Наприклад, для давача акустичного витратоміру з діаметром внутрішнього отвору 50 мм швидкість води може бути 0,03...15,0 м/с, що відповідає діапазону вимірюваних витрат від $0,2 \text{ м}^3/\text{год}$ до $100 \text{ м}^3/\text{год}$. Для такого потоку через акустичний давач витратоміру запропонованої конфігурації забезпечується перехід з режиму ламінарної течії до турбулентної поблизу нижньої границі діапазону витрат, а також гарантовано відсутність кавітаційних ефектів. Ефект підвищення надійності здобувається завдяки повній відсутності у конструкції акустичного давача витратоміру карманів і порожнин, де могли б накопичуватись повітряні бульбашки та тверді відкладини, котрі звичайно стають перешкодою для розповсюдження робочих акустичних сигналів і призводять до виходу з ладу звичайних витратомірів.

Таким чином досягнуто новий технічний результат, який полягає у тому, що новий давач акустичного витратоміру поєднує у собі три позитивні якості:

а) три вектори розповсюдження акустичних сигналів дають об'єктивну інформацію для пошуку середньої швидкості рідини в несиметричному (через турбулентність або місцеві перешкоди в трубопроводі) потоці, що дає змогу зменшити довжину прямих відрізків на вході й виході давача або зовсім відмовитися від них;

б) точність вимірювання малих витрат підвищується завдяки провокуванню раннього переходу до турбулентного режиму течії;

в) підвищення надійності через відсутність карманів і порожнин.

На фіг. 1 наведено приклад виконання давача акустичного витратоміру, тобто вимірювача швидкості рідини в трубопроводі фіксованого діаметру.

Давач акустичного витратоміру має трубоподібний корпус 1, в котрому створені шість виступів, згрупованих у три двійки: 1а – 1б, 2а – 2б, 3а – 3б, - відповідно до трьох векторів розповсюдження акустичних сигналів. Усередині кожного з виступів за металевою мембраною 4 розміщено п'єзоелектричні елементи 5.

Виступи 1а, 2а, 3а і виступи 1б, 2б, 3б розташовані відповідно в двох площинах, перпендикулярних до вісі давача акустичного витратоміру, з рівномірним кроком 120° із зміщенням групи а відносно групи б на 180° , щоб забезпечити контроль внутрішнього середовища трьох векторів розповсюдження акустичних сигналів з рівномірним кроком 120° . Довжина корпусу давача акустичного витратоміру складає 1,6...2,0 діаметрів внутрішнього отвору. Робочі поверхні виступів мають форму однакових конусів зі спільними основами і спільною віссю, яка співпадає з віссю корпусу давача акустичного витратоміру. Створюючи цих конусних поверхонь у кожній з площин, які визначаються відповідним вектором розповсюдження акустичного сигналу і віссю корпусу давача акустичного витратоміру, виявляються перпендикулярними до вектора розповсюдження акустичного сигналу. Кут

нахилу створюючих робочих поверхонь до вісі корпусу давача акустичного витратоміру у даному випадку складає 45° , але може бути і більшим - до 60° . Таким чином досягають того, що робочі мембрани 4 і відповідні п'єзоелектричні елементи 5 виявляються розташованими строго паралельно одна одній у кожній з пар виступів, перпендикулярними до вектору розповсюдження акустичного сигналу і розташованими своїми центрами на вісі цього вектора. Це необхідно для найменшого ослаблення акустичного сигналу під час розповсюдження від одного п'єзоелектричного елемента до іншого, тобто збільшення відношення сигнал/шум.

Зворотні поверхні виступів мають форму конусів з основами, що співпадають з вхідним і вихідним отворами давача акустичного витратоміру і спільну вісь, яка співпадає з віссю корпусу давача акустичного витратоміру. Кут нахилу створюючих зворотних поверхонь до вісі корпусу давача акустичного витратоміру складає 20° , щоб коло, утворене передчеченням конусних поверхонь робочих і зворотних поверхонь мало діаметр $0,70 \pm 0,05$ від діаметру внутрішнього отвору. Цей кут може дещо змінюватись відповідно до зміни кута нахилу створюючих робочих поверхонь, але він не повинен бути більшим за доповнення до 90° кута нахилу створюючих робочих поверхонь. Гострі грані у робочому просторі давача акустичного витратоміру перпендикулярні до напрямку потоку повинні бути закруглені з радіусом не меншим за 0,5 мм. Ці умови є компромісним рішенням, щоб з одного боку викликати турбулізацію потоку при малих швидкостях руху рідини, а з іншого - щоб запобігти кавітаційного ефекту при великих витратах.

Виступи з п'єзоелектричними елементами усередині відокремлені один від одного фрагментами циліндричної поверхні, створюючи якої паралельні до вісі корпусу давача акустичного витратоміру,

таким чином, щоб загальна площа трьох виступів у спільній площині, яка перпендикулярна до вісі корпусу акустичного давача, не перевищувала б 20%. Ця умова викликана необхідністю обмежити гідровлічний опір давача акустичного витратоміру величиною до 10 кПа (0,1 атм.) навіть при максимальній вимірюваній витраті.

На фіг. 2 наведено приклад конструкції закріплення акустичного давача витратоміру на трубопроводі 6 за допомогою наварних фланців 7, стяжних болтів 8 і герметизуючих прокладок 9.

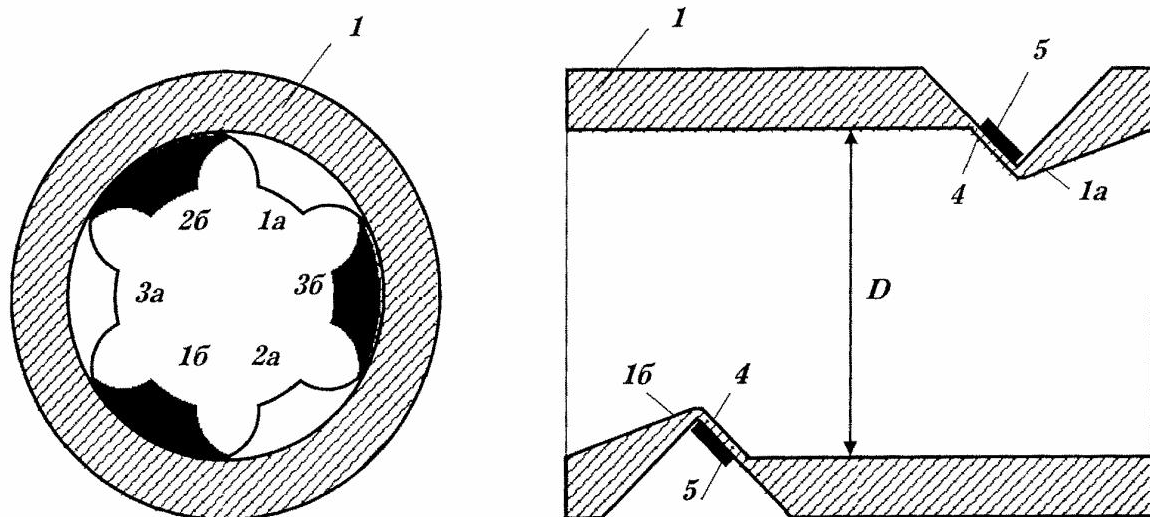
Таким чином, можна стверджувати, що новий давач акустичного витратоміру дійсно дозволяє точно вимірювати середню швидкість руху рідини навіть в несиметричному (через турбулентність або місцеві перешкоди в трубопроводі) потоці за допомогою трьох незалежних векторів розповсюдження акустичних сигналів, підвищує точність вимірювання малих витрат завдяки провокуванню раннього переходу до турбулентного режиму течії і підвищує надійність роботи з рідиною, яка забруднена бульбашками газу чи твердими частинками, тому що не має карманів і порожнин, де вони могли б накопичуватись.

Джерела інформації.

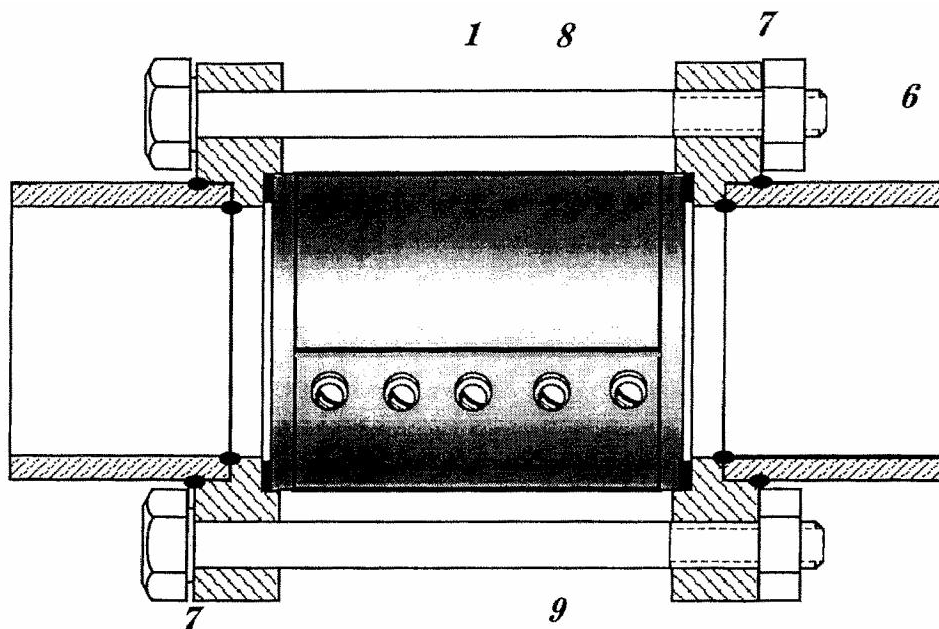
1. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. В 2-х т. - М.: Мир. 1983. - Т. 1. - С. 234 - 235. Измерения в промышленности. / Под редакцией П. Профоса. - М.: Металлургия, 1980. - С. 355 - 357.

2. Измерения в промышленности. Под редакцией П. Профоса. - М.: Металлургия, 1980. - С. 355 - 357.

3. Фаес Ив (Faes Ives), Каль Карно (Qual Camot). Способ и установка для измерения расхода жидкости при помощи ультразвука. Заявка на получение патента ЕПВ № 0162987 от 4 декабря 1984 г.



Фіг. 1



Фіг. 2

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22