



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **106840** (13) **C2**
(51) МПК (2014.01)
G01F 23/00
G01F 23/28 (2006.01)
G01F 23/296 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

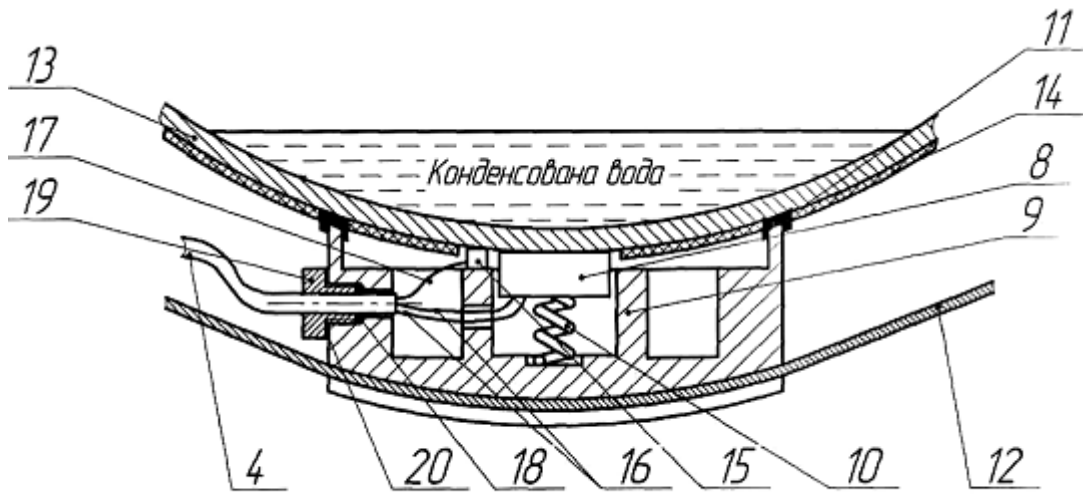
<p>(21) Номер заявки: а 2013 09982</p> <p>(22) Дата подання заявки: 12.08.2013</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.10.2014</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.02.2014, Бюл.№ 3</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.10.2014, Бюл.№ 19</p> <p>(72) Винахідник(и): Карпаш Олег Михайлович (UA), Рибіцький Ігор Володимирович (UA), Карпаш Максим Олегович (UA), Банахевич Роман Юрійович (UA)</p>	<p>(73) Власник(и): ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2383869 C2; 10.03.2010 , 11 стор. RU 2184352 C1; 27.06.2001, 4 стор. US 5319972 A; 14.06.1994, 15 стор. US 7114390 B2; 03.10.2006 , 14 стор. JPH 06281492 A; 07.10.1994, 1 стор. RU 2178150 C1; 10.01.2002 , 6 стор. RU 2178552 C1; 20.01.2002, 6 стор. DE 19820482 C1; 01.07.1999, 8 стор.</p>
---	---

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ РІДИНИ В ПОРОЖНИНІ ГАЗОПРОВОДУ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі технологічних вимірювань і може бути використаний для визначення фактичного рівня рідини у порожнинах технологічних газопроводів. Пристрій для вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу складається з ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача та вимірювального блока та оснащений акустичним блоком, встановленим на газопроводі з ущільненням гумовою манжетою, в корпусі якого з можливістю контакту з поверхнею газопроводу встановлені датчик температури та ультразвуковий п'єзоелектричний перетворювач, який притиснутий до поверхні газопроводу пружиною та має у місці контакту увігнуту акустичну призму, при цьому вимірювальний блок розміщений над поверхнею землі, з'єднаний з акустичним блоком через з'єднувач, що вмонтований в колонку електрохімічного захисту, та містить модуль, в основу роботи якого покладено алгоритм визначення рівня рідини за максимумами побудованої огинаючої кривої динаміки проходження ультразвукових хвиль та дійсним значенням температури рідини. Реалізація запропонованого пристрою дозволить проводити вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу з високою точністю та забезпечить можливість вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу меншого за 10,6 см без порушення суцільності стінки трубопроводу та його розкопування.

UA 106840 C2



Фіг. 2 Схематична будова акустичного блоку

Винахід належить до галузі технологічних вимірювань і може бути використаний для визначення фактичного рівня рідини у порожнинах технологічних газопроводів.

Відомий пристрій для неперервного контролю рівня рідини в закритих ємностях, що знаходяться під тиском [1], який складається з двох ультразвукових перетворювачів (випромінюючий та приймаючий), призначених для випромінювання та приймання асиметричної акустичної хвилі Лемба в стінці ємності, а також з високочастотного генератора.

Недоліком даного пристрою є складність монтажу на трубі газопроводу та значні геометричні розміри через наявність двох ультразвукових перетворювачів. Крім того, пристрій призначений для визначення границі поділу фаз тільки у вертикально розміщених трубопроводах, що суттєво обмежує його застосування на технологічних і магістральних газопроводах. Також недоліком пристрою є те, що при вимірюванні рівня стовпа рідини не враховується температура середовища, як один з важливих факторів, що суттєво впливає на швидкість поширення ультразвукових коливань в середовищі.

В умовах експлуатації технологічних та магістральних трубопроводів визначення рівня рідини в їхніх порожнинах є дуже важливим, оскільки наявність рідини негативно впливає на роботу всіх вузлів газотранспортної системи, ускладнює процес проведення внутрішньо трубної діагностики магістральних газопроводів і суттєво погіршує якість газу.

Наявність рідини в порожнині газопроводу є одним із факторів, що суттєво знижує ефективність функціонування газотранспортної системи. На горизонтальних і низхідних ділянках траси рідина рухається у вигляді плівки по стінкам труби. Наявність рідкої плівки значно збільшує гідравлічний опір газового потоку. Найбільша кількість рідини накопичується на висхідних ділянках газопроводу, утворюючи гідравлічний затор, частково чи повністю перекриваючи січення труби, підвищення гідравлічного опору і гідростатичного перепаду тиску. Крім цього наявність води в газопроводі значно ускладнює процедуру внутрішньо трубного діагностування трубопроводу, оскільки в такому випадку можливе пошкодження чи руйнування очисного та діагностичного поршнів, які зазнаватимуть гідравлічних ударів. На ділянках повітряних та річкових переходів очисний поршень, рухаючись в газопроводі, накопичуватиме перед собою значний об'єм води, що може призвести до значного росту внутрішніх напружень у стінці газопроводу та, як наслідок, його руйнування.

Відомий також спосіб і пристрій для вимірювання рівнів багатокомпонентних середовищ [2], принцип роботи якого полягає в тому, що генератор формує ультразвукові хвилі, які за допомогою чутливого елемента випромінюються у вимірювальне середовище. Чутливий елемент також використовується для прийому відбитих від середовищ ультразвукових хвиль. Для підвищення точності вимірювань та забезпечення можливості визначення рівнів багатокомпонентних середовищ ультразвукові хвилі генеруються на різних частотах в діапазоні від 10 МГц до 130 МГц, що реалізується за допомогою генератора змінної частоти. Чутливий елемент виконаний у вигляді відрізка великої довжини. Положення границь багатокомпонентних середовищ визначається шляхом проведення аналого-цифрового перетворення та амплітудного детектування отриманого сигналу. Значення частотного діапазону і крок зміни частоти вибирають виходячи з технічних можливостей реалізації вимірювальної апаратури і максимальних значень вимірювальних величин.

Недоліком даного пристрою є неможливість проведення вимірювань рівнів середовищ при їх товщині меншій 0,8 м, необхідність проведення додаткових обчислень для визначення кроку зміни частоти коливань. Окрім того, значні розміри чутливого елемента унеможливають проведення вимірювань на газопроводах малого діаметру. До недоліків також можна віднести відсутність компенсації впливу температури вимірювального середовища на результати вимірювань та негативне втручання в роботу трубопроводу через необхідність встановлення чутливого елемента в порожнину газопроводу.

Відомий також пристрій для визначення рівня рідини в порожнині трубопроводів [3], який вибраний за прототип. Він складається з ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача, який здатний генерувати і приймати ультразвукові коливання, генераторно-приймального тракту та вимірювального блока. На п'єзоелектричний перетворювач подається імпульс напруги високої частоти, який генерує спрямовані ультразвукові коливання. П'єзоелектричний перетворювач, який розташований в нижній частині трубопроводу, випромінює ультразвукові коливання через стінку трубопроводу у воду. Відбиті від поверхні рідини та від внутрішньої поверхні стінки трубопроводу ультразвукові коливання приймаються ультразвуковим перетворювачем, який перетворює їх в електричні імпульси напруги, які, після підсилення в генераторно-приймальному тракті, подаються на вимірювальний блок. Вимірювальний блок за виміряним значенням часу появи згаданих імпульсів та відповідними значеннями швидкості

поширення ультразвукових коливань в матеріалі стінки трубопроводу та рідини обчислює значення рівня рідини в порожнині трубопроводу.

До недоліків даного пристрою можна віднести наступне:

- 5 - не враховується температура рідини, рівень якої вимірюється, як один з важливих факторів, який впливає на швидкість поширення ультразвукових хвиль у середовищі;
- конструкція акустичного перетворювача не забезпечує надійного довготривалого акустичного контакту між перетворювачем та поверхнею труби за умови його встановлення на діючих підземних газопроводах в умовах впливу агресивних середовищ;
- 10 - через використання низькочастотного акустичного перетворювача та виникнення явища реверберації акустичних коливань в стінці труби проводити вимірювання значення рідини менше 4 дюймів (10,16 см) неможливо.

В основу винаходу поставлено задачу створити такий пристрій, у якому нове конструктивне виконання первинних перетворювачів та спосіб аналізу інформації дозволили б з високою точністю вимірювати рівень рідини в порожнинах газопроводів без порушення суцільності стінки трубопроводу та його розкопування.

Поставлена задача вирішується наступним чином. У відомий пристрій додатково введено датчик температури для підвищення точності вимірювання швидкості поширення 20 ультразвукових хвиль, який контактує з зовнішньою поверхнею газопроводу у місці кріплення ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача. Акустичний блок пристрою складається з корпусу, попередньо заповненого речовиною (наприклад солідол) для забезпечення акустичного контакту ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача з трубою газопроводу. У корпусі акустичного блока пристрою розміщено ущільнюючу манжету, яка попереджує проникнення агресивних речовин, що містяться в ґрунті, до внутрішніх елементів акустичного 25 акустичний контакт ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача з газопроводом що знаходиться в ґрунті. П'єзоелектричний перетворювач виконується підпружинений для забезпечення надійного контакту між ним та зовнішньою поверхнею стінки трубопроводу. Додатково, для забезпечення надійного акустичного контакту та зменшення втрат акустичних коливань на границі поділу п'єзоелемент-сталь, ультразвуковий п'єзоелектричний 30 перетворювач оснащено увігнутою акустичною призмою, виготовленою з мідної пластини, яка розміщується між п'єзоелементом та зовнішньою поверхнею газопроводу, при цьому радіус кривизни увігнутої поверхні призми рівний зовнішньому радіусу труби газопроводу. З метою зменшення впливу явища реверберації акустичних коливань в стінці труби, додаткового підвищення точності вимірювання та забезпечення можливості вимірювання рівня рідини в 35 порожнині газопроводу, меншого за 10,6 см, запропоновано вимірювання часу проходження акустичних коливань в рідині здійснювати за максимумами побудованої огинаючої кривої динаміки відбивання ультразвукових хвиль, а також використано п'єзоелектричний ультразвуковий перетворювач з резонансною частотою 2,5 МГц.

Для вимірювання рівня рідини у порожнині газопроводу без його розкопування, з'єднувальні 40 провідники від акустичного блока встановленого на газопроводі, виводяться на зовні через колонку електрохімічного захисту, яка додатково оснащується штекером для під'єднання до вимірювального блока.

Вимірювальний блок пристрою містить модуль, що здійснює визначення рівня рідини шляхом побудови огинаючої кривої динаміки відбивання ультразвукових хвиль від поверхні 45 поділу середовищ, а визначення часу проходження акустичних хвиль Т у вимірювальному середовищі здійснюється за максимумами огинаючої з врахуванням температури рідини.

На фіг. 1 зображено схему пристрою для визначення рівня рідини у порожнині газопроводу.

Пристрій для вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу складається з акустичного 50 блока 1, який кріпиться до нижньої частини газопроводу 2, та вимірювального блока 3. Кабель акустичного блока 4, за допомогою якого реалізується з'єднання акустичного блока 1 з наземною частиною, виводиться у колонку електрохімічного захисту 5, та сполучається з вимірювальним блоком 3 за допомогою кабелю вимірювального блока 6 через з'єднувач 7, який вмонтовується у стінку колонки електрохімічного захисту 5.

Схематичну будову акустичного блока зображено на фіг. 2. Ультразвуковий 55 п'єзоелектричний перетворювач 8 розташований концентрично у циліндричній виточці корпусу 9 і підпружинений пружиною 10. Корпус акустичного блока оснащений ущільнюючою гумовою манжетною 11. За допомогою хомута 12 реалізується надійне кріплення корпусу 9 на стінці 13 труби газопроводу 2 (фіг. 1) захищеного ізоляцією 14. Датчик температури 15, наприклад термopара, розташовується у корпусі 9 біля ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача 60 8 та контактує з зовнішньою поверхнею стінки 13 труби газопроводу. Два з'єднувальні

провідники 16 ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача 8 та провідники 17 датчика температури 15 сходяться у кабель акустичного блока 4. Герметизація отвору у корпусі 9 для виходу кабелю акустичного блока 4 здійснюється за допомогою гумової шайби 18 та штуцера 19. Гумова прокладка 20, яка розташована між штуцером 18 та корпусом 9, забезпечує надійну герметизацію акустичного блока.

Схематична будова ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача наведена на фіг. 3.

Ультразвуковий п'єзоелектричний перетворювач 8 (фіг. 3) складається з металевого корпусу перетворювача 21, п'єзокерамічної пластинки 22, виготовленої з титанату барію ТБК-3 діаметром 20 мм, резонансна частота якої складає 2,5 МГц, демфера 23 та вгнутої акустичної призми 24, виготовленої з мідної пластини діаметром 20 мм, при цьому радіус кривизни R увігнутої поверхні, що контактує з зовнішньою поверхнею газопроводу, рівний зовнішньому радіусу труби цього ж газопроводу.

Пристрій працює наступним чином. Акустичний блок 1 (фіг. 1) за допомогою хомута 12 притискається до зовнішньої поверхні труби газопроводу 2 у його нижній частині у місці найбільш імовірного збирання води. Ізоляція 14 стінки газопроводу 13 нижньої частини труби газопроводу 2 у місці контакту ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача 8 та датчика температури 15 перед встановленням акустичного блока очищається. Сила притискання акустичного блока до труби газопроводу вибирається такою, щоб за рахунок деформації манжети 11 забезпечити надійну герметизацію порожнини корпусу 9 акустичного блока 1, попередньо заповненої речовиною для забезпечення акустичного контакту. Пружина 10 забезпечує надійний контакт ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача 8 із зовнішньою поверхнею стінки 13 труби газопроводу 2. Отвір, через який проходить кабель 4, який об'єднує два провідники 16 ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача 8 та провідники 17 датчика температури 15 акустичного блока 1, герметизується загвинчуванням штуцера 19 у отворі корпусу 9 з різьбою, який деформує гумову шайбу 18 та гумову прокладку 20, притискаючи їх таким чином до кабелю акустичного блока 4 та корпусу 9. Кабель акустичного блока 4 другим кінцем вмонтовується у колонку електрохімічного захисту. Вимірювальний блок 3 за допомогою кабелю вимірювального блока 6 сполучається з кабелем акустичного блока 4 за допомогою з'єднувача 7.

Працює пристрій для вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу наступним чином. П'єзоелектричний перетворювач 8 (фіг. 2) акустичного блока 1 (фіг. 1), на який подано короткочасний імпульс високої напруги від вимірювального блока 3, генерує ультразвукові акустичні хвилі, які поширюються в стінці газопроводу 2, в якому знаходяться рідина та газ. На границі поділу рідина - газ, акустичні ультразвукові хвилі, які пройшли через стінку газопроводу та рідину, зазнаватимуть часткового відбивання та заломлення. Відбиті від границі поділу рідина - газ акустичні ультразвукові хвилі, пройшовши зворотній шлях, на границі поділу рідина - стінка газопроводу також зазнаватимуть часткового відбивання та заломлення. Заломлені ультразвукові хвилі, які пройшли через стінку газопроводу, потрапляють на п'єзоперетворювач. Відбиті від границі поділу рідина - стінка газопроводу ультразвукові хвилі, пройшовши через рідину, яка знаходиться в газопроводі, знову зазнають відбивання від границі поділу рідина - газ і поширюються в зворотному напрямку до стінки газопроводу, де на границі поділу рідина - стінка газопроводу, відбувається їх повторне відбивання та заломлення. Заломлені ультразвукові хвилі, пройшовши через стінку газопроводу, потрапляють на п'єзоперетворювач. П'єзоперетворювач здійснює перетворення ультразвукових хвиль, які потрапили на нього, в електричні імпульси. Останні через провідники 4 передаються у вимірювальний блок 3, де відбувається їх підсилення та візуалізація на графічному дисплеї динаміки проходження та відбивання ультразвукових хвиль від поверхонь поділу середовищ рідина - газ, а також побудова огинаючої кривої динаміки відбивання та проходження ультразвукових хвиль [4, 5].

На фіг. 4 зображено етапи побудови огинаючої кривої динаміки відбивання ультразвукових хвиль від поверхні поділу середовищ.

Побудова огинаючої кривої динаміки відбивання ультразвукових хвиль від поверхонь поділу середовищ у вимірювальному блоці відбувається у три етапи.

Перший етап (фіг. 4, а) полягає у побудові власне кривої динаміки відбивання ультразвукових хвиль від поверхонь поділу середовищ. На цій кривій будуть присутні імпульси багаторазових відбивань в стіні; трубопроводу 13, які мають як додатне, так і від'ємне значення, через що значно ускладнюється фіксування часу T.

На другому етапі (фіг. 4, б) нижня (від'ємна) частина півхвиль багаторазових відбивань в стінці трубопроводу (на фіг. 2, б зображені тонкою лінією) будується симетрично відносно осі ОХ.

Огинаюча кривої динаміки відбивання ультразвукових хвиль від поверхонь поділу середовищ будується на третьому етапі (фіг. 4, в) по максимумах півхвиль динаміки відбивання ультразвукових хвиль від поверхонь поділу середовищ.

5 В той же час вимірювальний блок проводить вимірювання значення температури рідини в газопроводі за допомогою датчика температури, розміщеного в акустичному блоці.

10 Рівень рідини, яка знаходиться в газопроводі, буде рівний половині добутку коефіцієнта залежності швидкості поширення ультразвукових хвиль в рідині від її температури, температури рідини, швидкості поширення ультразвукових хвиль в рідині за нормальних умов та часу T , який рівний часу проходження ультразвукових хвиль від п'єзоелектричного перетворювача до границі поділу рідина - газ та в зворотному напрямку і вимірюється вимірювальним блоком після побудови огинаючої кривої динаміки відбивання ультразвукових хвиль від поверхонь поділу середовищ (фіг. 4, в).

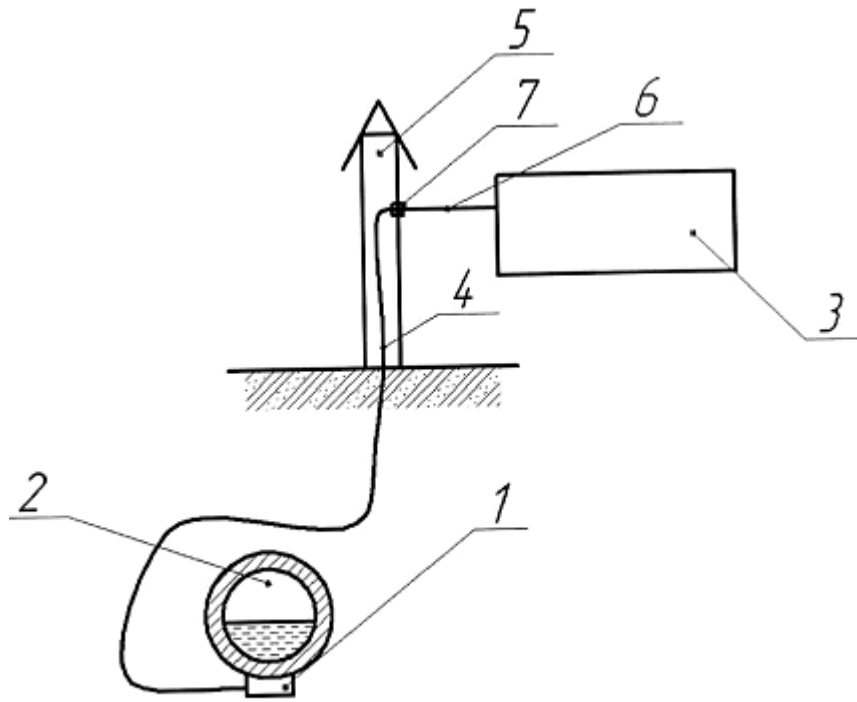
15 Коефіцієнт залежності швидкості поширення ультразвукових хвиль в рідині від її температури та значення швидкості поширення ультразвукових хвиль в рідині за нормальних умов вибираються з довідникових даних [6].

Джерела інформації:

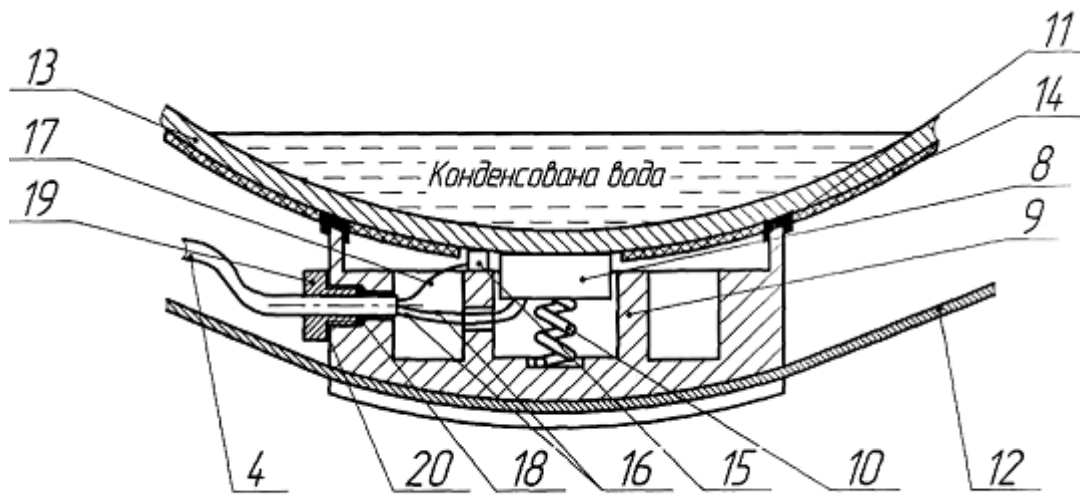
1. Патент Російської федерації № RU 2383869 МПК G 01 F 23/28.
2. Патент Російської федерації № RU 2184352 МПК G 01 F 23/28.
3. Патент Сполучених Штатів Америки № 5319972 G 01F 23/00.
- 20 4. Карпаш О.М. Разработка системы оценки уровня жидкости в полостях действующих газопроводов. И.В. Рибицкий, А.В. Яворский, М.О. Карпаш, Р.Ю. Банахевич //Газовая промышленность. Трубопроводный транспорт. Приложение "Диагностика объектов газотранспортной системы. -Издательство "Газоил прес", "Газовая промышленность" -2011. -С. 13-15. ISSN 0016-5581.
- 25 5. Банахевич Р.Ю. Система мониторинга уровня жидкости в полости газопроводов / Р.Ю. Банахевич, О.М. Карпаш, И.В. Рибицкий, А.В. Яворский //Материалы VII международной научно-технической конференции "Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта" (22-25 ноября 2011 г.). -Новополоцк: ПТУ. -2011. -С. 133-134.
- 30 6. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / [Клюев В.В., Соснин Ф.Р., Филинов В.Н. и др.]; под ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 1995. - 448 с.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

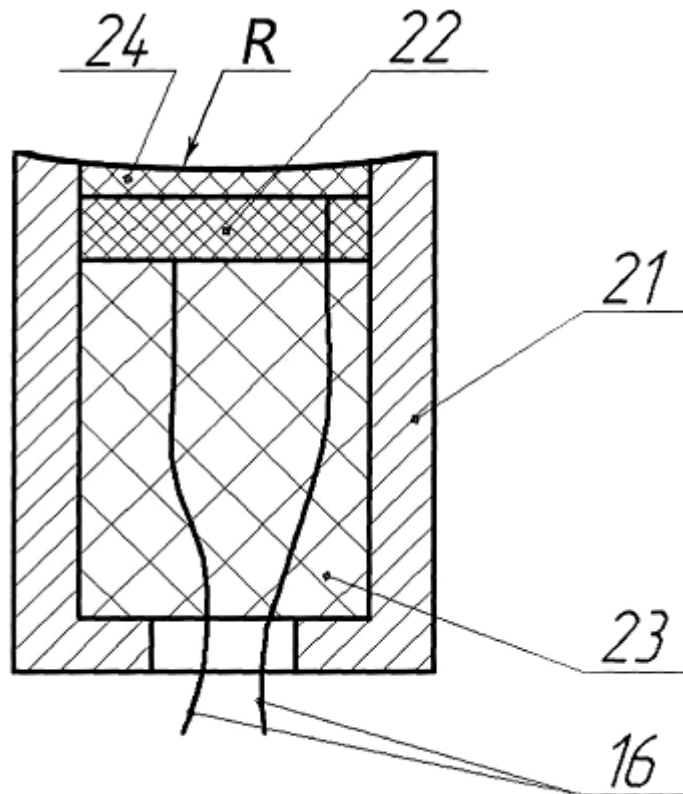
35 Пристрій для вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу, що складається з ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача та вимірювального блока, який **відрізняється** тим, що оснащений акустичним блоком, встановленим на газопроводі з ущільненням гумовою манжетою, в корпусі якого з можливістю контакту з поверхнею газопроводу встановлені датчик температури та ультразвуковий п'єзоелектричний перетворювач, який притиснутий до поверхні газопроводу пружиною та має у місці контакту
40 увігнуту акустичну призму, при цьому вимірювальний блок розміщений над поверхнею землі, з'єднаний з акустичним блоком через з'єднувач, що вмонтований в колонку електрохімічного захисту, та містить модуль, в основу роботи якого покладено алгоритм визначення рівня рідини за максимумами побудованої огинаючої кривої динаміки проходження ультразвукових хвиль та дійсним значенням температури рідини.



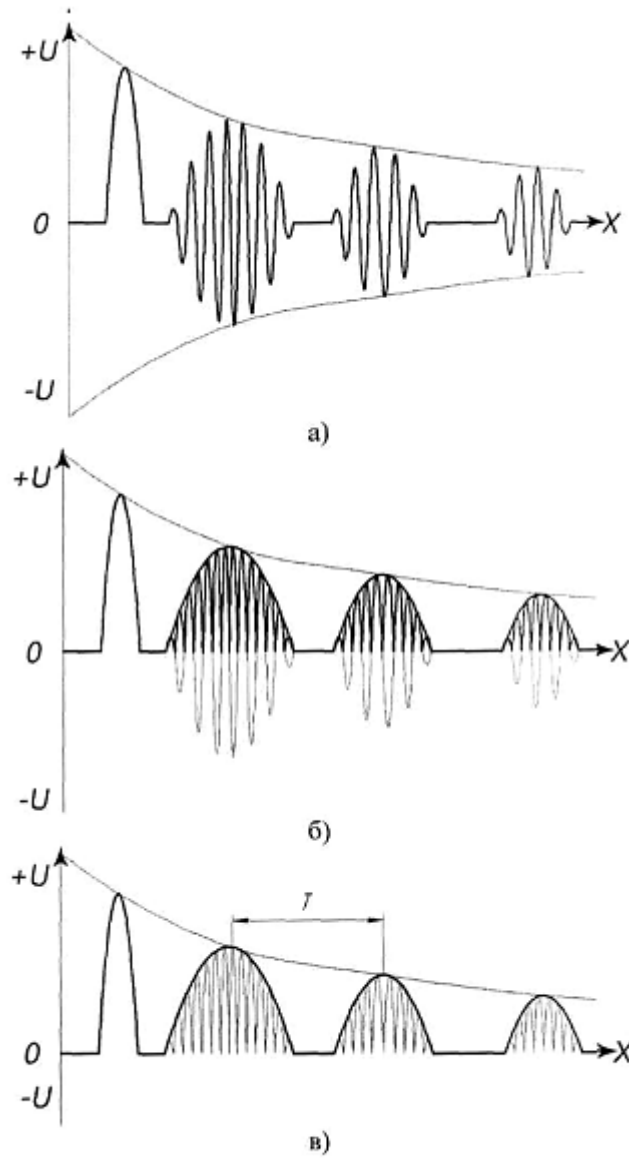
Фіг. 1 Схема пристрою для визначення рівня рідини у порожнині газопроводу



Фіг. 2 Схематична будова акустичного блоку



Фіг. 3 Схематична будова ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача



Фіг. 4 Етапи побудови огинаючої кривої динаміки відбивання ультразвукових хвиль

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601