



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 91726

(13) C2

(51) МПК (2009)
G01N 29/02МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІДИН

1

2

(21) а200806670

(22) 15.05.2008

(24) 25.08.2010

(46) 25.08.2010, Бюл.№ 16, 2010 р.

(72) АДАМЕНКО ІРИНА ІВАНІВНА, БУЛАВІН ЛЕОНІД АНАТОЛІЙОВИЧ, ГРИГОР'ЄВ АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, КЛЕЩОНОК ТЕТЯНА ВОЛОДИМИРІВНА, КУЗОВКОВ ЮРІЙ ГНАТОВИЧ, МАРКОВ ІГОР ВОЛОДИМИРОВИЧ

(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

(56) SU 1226279 A; 23.04.1986

SU 926590; 07.05.1982

SU 168556; 18.11.1965

UA 23108 U; 10.05.2007

RU 2174680 C2; 10.10.2001

US 2004/0177693 A1; 16.09.2004

US 2002/0121130 A1; 05.09.2002

JP 2006300742 A; 02.11.2006

(57) Ультразвуковий пристрій для визначення теплофізичних параметрів рідин, що містить камеру високого тиску з першим та другим електроакустичними перетворювачами з можливістю зміни відстані між ними, блок формування радіоімпульсів,

вихід якого з'єднаний з першим перетворювачем, приймач, вхід якого з'єднаний з другим перетворювачем та через атенюатор з виходом блока формування радіоімпульсів, реєстратор пульсацій сигналу на виході приймача, датчик тиску, який відрізняється тим, що в пристрій введені третій та четвертий електроакустичні перетворювачі з фіксованою відстанню між ними, третій перетворювач підключений до першого, а четвертий до другого, резонансна частота першого та другого перетворювачів відмінна від резонансної частоти третього та четвертого перетворювачів, блок формування радіоімпульсів має два генератори синусоїдальних сигналів, виконані з можливістю зовнішньої модуляції відеоімпульсами, виходи яких об'єднані, та двоканальний генератор відеоімпульсів, один з виходів якого підключений до входу першого генератора синусоїдальних сигналів, а інший до входу другого генератора синусоїдальних сигналів, камера високого тиску виконана у вигляді автоклава, в якому розташована герметична комірка змінного об'єму, з розміщеними в ній парами електроакустичних перетворювачів.

Винахід належить до акустичних засобів вимірювання та контролю фізичних параметрів рідин. Він може бути використаний в наукових цілях для комплексного визначення таких властивостей рідинних систем як густина, швидкість поширення звуку, адіабатичний та ізотермічний модулі пружності, а також для теплофізичного контролю та експрес-аналізу рідких речовин в хімічній, нафтохімічній та інших галузях промисловості.

Існує ультразвуковий пристрій для контролю фізичних параметрів рідини, який містить автоклав з розташованими всередині нього електроакустичним перетворювачем та рухомим відносно перетворювача поршнем-відбивачем, соленоїд для переміщення поршня, який встановлено зовні автоклава, генераторний блок, що складається з генератора коливальних та першого узгоджувача, вихід якого з'єднаний з перетворювачем, приймально-вимірювальний блок, що складається з детектора,

підсилювача, формувача імпульсів, лічильника імпульсів і другого узгоджувача, вхід якого з'єднаний з перетворювачем та виходом першого узгоджувача, а вихід другого узгоджувача з'єднаний з детектором [1].

Недоліком даного пристрою є низька точність вимірювання швидкості поширення звуку в досліджуваній рідині. Ці вимірювання здійснюються непрямим методом, а саме, шляхом підрахунку кількості звукових хвиль, що укладаються на фіксованій базі між крайніми позиціями поршня-відбивача. Вказана кількість визначається з точністю до півдовжини хвилі. Суттєве зменшення похибки вимірювань за рахунок збільшення загальної кількості довжин хвиль неможливе через значне поглинання звуку як при спробі подовжити акустичну базу, так і при переході на більш високу частоту звуку. Ще одним недоліком відомого пристрою є вузька область застосування по тиску.

(13) C2

(11) 91726

(19) UA

Оскільки соленоїд встановлено зовні автоклава, стінки останнього не можуть бути товстими, інакше електромагнітна сила буде недостатньою для переміщення поршня в крайню верхню позицію. Отже даний пристрій має обмежений діапазон робочих тисків.

Найбільш близьким по технічній суті до винаходу є ультразвуковий пристрій для контролю параметрів рідин, що містить камеру високого тиску з першим та другим електроакустичними перетворювачами з можливістю зміни відстані між ними, блок формування радіоімпульсів, вихід якого з'єднаний з першим перетворювачем, приймач, вхід якого з'єднаний з другим перетворювачем та через атенюатор з виходом блока формування радіоімпульсів, реєстратор пульсацій сигналу на виході приймача, датчик тиску [2].

Недоліком відомого пристрою є низька достовірність визначення термобаричних залежностей параметрів рідин, що обумовлено як недостатньою точністю вимірювань швидкості поширення ультразвуку в досліджуваній рідині, так і обмеженим діапазоном робочих тисків і температур. Відомий пристрій не забезпечує високу точність вимірювання швидкості поширення ультразвуку в зв'язку з низькою чутливістю його електронно-акустичного тракту внаслідок зовнішнього розташування електроакустичних перетворювачів. При цьому звук проходить декілька акустичних переходів (перетворювач - корпус - рідина - поршень - перетворювач) і значно затухає. У випадку сильно поглинаючих звук рідин вимірювання взагалі стають неможливими. Вузла область застосування відомого пристрою по тиску та температурі обумовлена тим, що він, по суті, являє собою поршневий п'єзометр з розміщеними зовні електроакустичними перетворювачами. При застосуванні такої конструктивної схеми достовірність і точність визначення параметрів рідин у вирішальній мірі залежить від надійності роботи кільцевого ущільнення, що забезпечує герметизацію зазору між поршнем і корпусом камери високого тиску. Навіть незначне витікання досліджуваної рідини в зоні ущільнення призводить до невідповідності показів датчика тиску і датчика переміщення поршня, внаслідок чого значення густини будуть заниженими, а стисливості та швидкості поширення ультразвуку - завищеними відносно дійсних значень. Оскільки для функціонування відомого пристрою необхідно кожен раз перед новими вимірюваннями здійснювати розгерметизацію та герметизацію зазору між поршнем та корпусом, надійність роботи ущільнення є невисокою.

В основу винаходу поставлено задачу підвищення достовірності визначення термобаричних залежностей швидкості поширення ультразвуку та густини за рахунок переходу до комплексного імпульсно-фазового вимірювання вказаних теплофізичних параметрів. Це досягається шляхом введення третього та четвертого перетворювачів, з фіксованою відстанню між ними, та підключення їх до першого та другого перетворювачів, що мають іншу резонансну частоту, розміщенням всіх перетворювачів в герметичній вимірювальній комірці змінного об'єму та виконанням блоку формування

радіоімпульсів з можливістю генерації сигналів з двома різними частотами заповнення, що відповідають резонансним частотам перетворювачів.

Поставлена задача вирішується тим, що в ультразвуковий пристрій для визначення теплофізичних параметрів рідин, що містить камеру високого тиску з першим та другим електроакустичними перетворювачами з можливістю зміни відстані між ними, блок формування радіоімпульсів, вихід якого з'єднаний з першим перетворювачем, приймач, вхід якого з'єднаний з другим перетворювачем та через атенюатор з виходом блока формування радіоімпульсів, реєстратор пульсацій сигналу на виході приймача, датчик тиску, згідно з винаходом, введені третій та четвертий електроакустичні перетворювачі з фіксованою відстанню між ними, третій перетворювач підключений до першого, а четвертий до другого, резонансна частота першого та другого перетворювачів відмінна від резонансної частоти третього та четвертого перетворювачів, блок формування радіоімпульсів має два генератори синусоїдальних сигналів, виходи яких об'єднані, які виконані з можливістю зовнішньої модуляції відеоімпульсами, та двоканальний генератор відеоімпульсів, один з виходів якого підключений до входу першого генератора синусоїдальних сигналів, а інший до входу другого генератора синусоїдальних сигналів, камера високого тиску виконана у вигляді автоклава, в якому розташована герметична вимірювальна комірка змінного об'єму, з розміщеними в ній парами електроакустичних перетворювачів.

Суть винаходу пояснюється кресленням, де на Фіг. зображено запропонований ультразвуковий пристрій.

Пристрій включає камеру високого тиску у вигляді автоклава 1, в якому розташована герметична вимірювальна комірка 2 змінного об'єму з силовим фоновим 3, з розміщеними в ній парою електроакустичних перетворювачів 4, 5 одної резонансної частоти з можливістю зміни відстані між ними та парою електроакустичних перетворювачів 6, 7 іншої резонансної частоти з фіксованою відстанню між ними. Всі ущільнення вимірювальної комірки 2 виконані нерухомими. Автоклав з'єднаний з насосом високого тиску (не показаний) та датчиком тиску 8. Блок формування радіоімпульсів має два генератори синусоїдальних сигналів 9 і 10, виходи яких об'єднані, виконаних з можливістю зовнішньої модуляції відеоімпульсами, та двоканальний генератор відеоімпульсів 11, один з виходів якого підключений до входу генератора 9, а інший до входу генератора 10. Генератори 9, 10 мають електричний зв'язок з перетворювачами 5 і 6. Перетворювачі 4 і 7 з'єднані з входом приймача 12, до виходу якого підключений реєстратор пульсацій 13. Між входом приймача та виходом блока формування радіоімпульсів підключений атенюатор 14.

Пристрій діє таким чином.

Відеоімпульси з двоканального генератора 11 модулюють напругу генераторів 9 і 10. Частоти генераторів 9 і 10 встановлюють різними, при цьому частота генератора 9 відповідає резонансній частоті однієї пари перетворювачів, наприклад, 4 і

5, а генератора 10 - іншої пари перетворювачів, тобто 6 і 7. Електричний сигнал, що являє собою дві послідовності радіоімпульсів з частотами заповнення F_1 і F_2 , з об'єднаного виходу генераторів 9, 10 поступає на перетворювачі 5 і 6. Перетворювач 5 випромінює у досліджувану рідину акустичні імпульси з частотою заповнення F_1 , а перетворювач 6 - з частотою заповнення F_2 . Після проходження відповідно змінної і фіксованої відстані між перетворювачами, ці імпульси перетворюються знову в електричні, з частотою заповнення F_1 на перетворювачі 4 і F_2 на перетворювачі 7. Радіоімпульси з перетворювачів 4 і 7 поступають на вхід приймача 12, на який через атенуатор 14 з об'єднаного виходу генераторів 9, 10 поступає також опорний сигнал. В результаті інтерференції отриманого з акустичного тракту та опорного сигналів напруга на виході приймача 12 змінюється по амплітуді відповідно до різниці фаз між цими сигналами. При збільшенні чи зменшенні тиску або температури швидкість поширення ультразвуку в досліджуваній рідині змінюється, а отже змінюється час затримки сигналу в акустичному тракті та, як наслідок, різниця фаз між цим сигналом та опорним сигналом. При неперервній зміні тиску або температури виникає пульсація напруги на виході приймача 12. Кількість пульсацій фіксують за допомогою реєстратора 13. Для того, щоб імпульсні сигнали з частотами заповнення F_1 і F_2 не надходили на вхід приймача 12 одночасно, один з них затримують відносно іншого шляхом відповідної настройки каналів генератора 11. Зміна тиску або температури призводить до зміни густини досліджуваної рідини, а отже, об'єму сильфона 3 та, відповідно, відстані між перетворювачами 4 і 5. Таким чином, час затримки на змінній акустичній базі між перетворювачами 4 і 5 залежить як від швидкості поширення ультразвуку, так і від густини досліджуваної рідини, а час затримки сигналу на фіксованій акустичній базі між перетворювачами 6 і 7 залежить лише від швидкості поширення ультразвуку.

Двоканальний генератор 11 настроюють так, щоб тривалість відеоімпульсів, з урахуванням характеристик досліджуваної рідини, була достатньою для перекриття імпульсів акустичного та опорного трактів, а отже, інтерференції відповідних сигналів. Якщо досліджуваними об'єктами є, наприклад, рідкі вуглеводні, а відстані між перетворювачами порядку 10мм, то необхідна тривалість відеоімпульсів становить (10÷20)мкс. Пульсації сигналів зручно фіксувати по інтерференційним вузлам за допомогою осцилографа, який в даному випадку виконує функцію реєстратора. Ці вузли виникають за умови, що радіоімпульси акустичного та опорного трактів надходять на вхід приймача у протифазі. Початкову настройку на вузол здійснюють шляхом невеликої варіації частоти генераторів 9, 10. Вимірювання швидкості поширення ультразвуку і густини проводять, як правило, по ізотермам, тобто термостатують автоклав, після чого підраховують кількість інтерференційних вузлів при зміні тиску.

Позначимо через t час проходження акустичним сигналом фіксованої бази L при початковому

значенні швидкості поширення ультразвуку C_0 . Тоді:

$$t = \frac{L}{C_0} \quad (1)$$

Нехай при збільшенні тиску від P_0 до P швидкість поширення ультразвуку зростає від C_0 до C , і при цьому спостерігають N вузлів. Це означає, що час проходження сигналом бази L зменшується на величину NT_2 :

$$t - NT_2 = \frac{L}{C} \quad (2)$$

де T_2 - період коливань сигналу, що проходить базу L . Враховуючи, що $T_2 = \frac{1}{F_2}$, з рівнянь (1) і (2)

отримуємо формулу для розрахунку швидкості поширення ультразвуку:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_0} - \frac{N}{LF_2}} \quad (3)$$

Позначимо через τ час проходження акустичним сигналом бази l_0 при початковому значенні швидкості поширення ультразвуку C_0 . Тоді:

$$\tau = \frac{l_0}{C_0} \quad (4)$$

Нехай при збільшенні тиску від P_0 до P швидкість поширення ультразвуку зростає від C_0 до C , а густина від ρ_0 до ρ , і при цьому спостерігають n вузлів. Зростання густини викликає зменшення об'єму досліджуваної рідини від V_0 до V , а отже зменшення відстані між перетворювачами 4 і 5 від l_0 до l . Таким чином:

$$t - nT_1 = \frac{l}{C} \quad (5)$$

де $T_1 = \frac{1}{F_1}$ - період коливань сигналу, що проходить базу l .

Позначимо зміну акустичної бази через $\Delta l = l_0 - l$, а зміну об'єму досліджуваної рідини через $\Delta V = V_0 - V = S\Delta l$, де S - ефективний переріз сильфона. Нехай $m = \rho_0 V_0 = \rho V$ - маса досліджуваної рідини в комірці. Тоді:

$$\rho = \frac{\rho_0 V_0}{V} = \frac{\rho_0 V_0}{V_0 - S\Delta l} \quad (6)$$

З рівнянь (4) і (5) отримуємо формулу для розрахунку густини:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - \frac{S}{V_0} \left[l_0 \left(1 - \frac{C}{C_0} \right) + \frac{nC}{F_1} \right]} \quad (7)$$

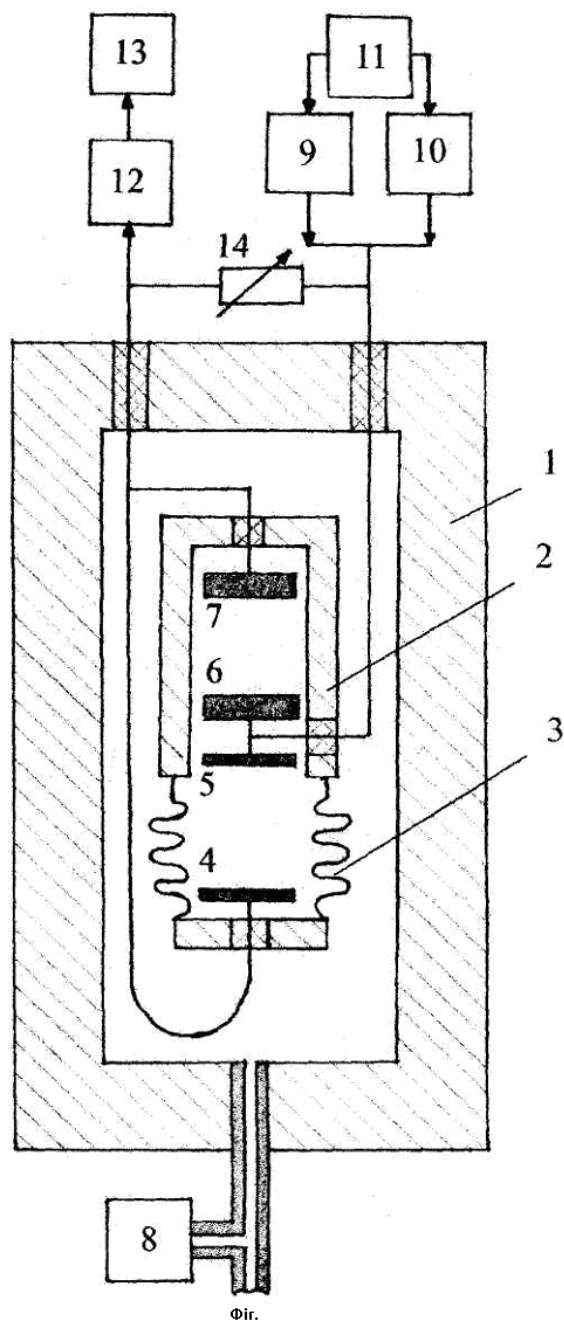
Завдяки тому, що акустичні імпульси від перетворювачів 5 і 6 проходять лише через досліджувану рідину, без будь-яких додаткових акустичних переходів, чутливість електронно-акустичного тракту запропонованого пристрою є максимальною. Це дозволяє з високою достовірністю визначати C і ρ навіть у випадку сильно поглинаючих та розсіюючих звук речовин, наприклад, в'язких рідин, емульсій, суспензій. Крім того, в запропонованому пристрої всі ущільнення вимірювальної комірки виконані нерухомими, що забезпечує надійність їх

роботи в широкому діапазоні тисків і температур. Отже, область визначення C і ρ розширюється, а достовірність визначення цих теплофізичних параметрів, відповідно, збільшується.

Джерела інформації:

1. Опис до а.с. СРСР №926590, кл. G 01 N 29/02, 1982.

2. Опис до а.с. СРСР №1226279, кл. G 01N 29/00, 1986.



Фіг.