



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **141356** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01F 1/66** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

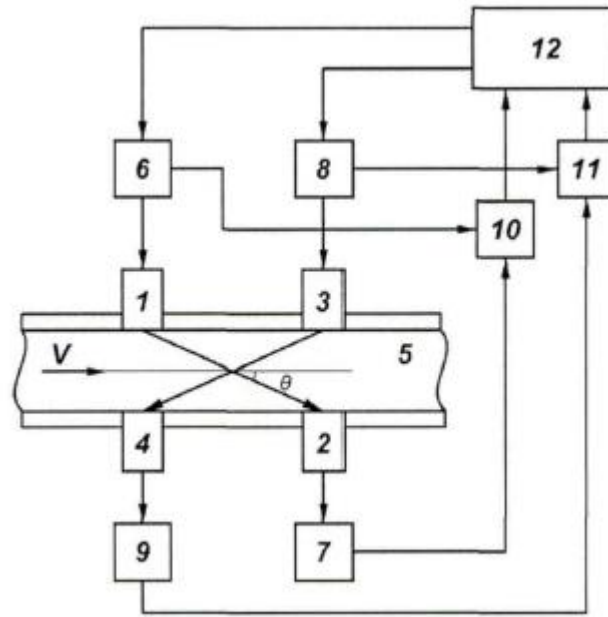
(21) Номер заявки: <b>u 2019 08044</b>	(72) Винахідник(и): <b>Білінський Йосип Йосипович (UA), Бурдейний Валентин Борисович (UA), Яхимович Ярослав Вікторович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>12.07.2019</b>	(73) Власник(и): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.04.2020</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.04.2020, Бюл.№ 7</b>	

## (54) УЛЬТРАЗВУКОВИЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ РІДКИХ І/АБО ГАЗОПОДІБНИХ СЕРЕДОВИЩ

### (57) Реферат:

Ультразвуковий спосіб вимірювання витрат рідких і/або газоподібних середовищ включає випромінювання ультразвукових коливань за потоком або проти потоку вимірюваного середовища, прийом коливань, що пройшли через середовище, з перетворенням в електричні сигнали і випромінювання ультразвукових коливань проти потоку або за потоком вимірюваного середовища, прийом коливань, що пройшли через середовище, з подальшим перетворенням в електричні сигнали, аналіз вищевказаних електричних сигналів для визначення різниці часу проходження ультразвукових коливань за потоком і проти нього для обчислення витрати середовища. Подачу сигналу проводять із зміною частоти, реєструють зміну фази сигналів, що приймаються електроакустичними перетворювачами, визначають два значення зсуву фази та частоти, що відповідають даним фазам, за допомогою програмного забезпечення мікропроцесорного блока.

UA 141356 U



Корисна модель належить до вимірювальної техніки, а саме до ультразвукових способів вимірювання витрат рідких і газоподібних середовищ, і може бути використана в нафтовій та газовій промисловості.

5 Відомий "Ультразвуковий спосіб вимірювання витрат рідких та/або газоподібних середовищ" [Патент України № 98518, МПК G01F 1/00, опубл. 27.04.2015], який включає випромінювання  
10 ультразвукових коливань за потоком або проти потоку досліджуваного середовища, прийом коливань, що пройшли через середовище, з перетворенням в електричні сигнали, при цьому електроакустичні перетворювачі розташовано так, що зовнішня випромінююча поверхня  
15 кожного суміщена з внутрішньою поверхнею трубопроводу, перший електроакустичний перетворювач зміщений відносно другого за напрямом потоку на відстань не більше  $2,5 D$ , де  $D$  - внутрішній діаметр трубопроводу, крім того, подачу сигналу проводять із зміною частоти, реєструють зміну амплітуди сигналів, що приймаються електроакустичними перетворювачами, визначають максимальну амплітуду та частоту, що відповідає даному максимальному значенню, за якими розраховують швидкість потоку та витрати середовища, яке протікає по

Недоліком даного способу є невисока чутливість, пов'язана з тим, що зміна швидкості потоку призводить до зміни амплітуди сигналу, яка нижча порогу чутливості.

Найбільш близьким способом до запропонованого є ультразвуковий спосіб вимірювання  
20 витрат рідких та/або газоподібних середовищ [Патент Російської федерації № 2264602, МПК G01F 1/66, опубл. 20.11.2005]. Даний спосіб включає випромінювання ультразвукових коливань за потоком або проти потоку вимірюваного середовища, прийом коливань, що пройшли через середовище, з перетворенням в електричні сигнали і випромінювання ультразвукових коливань проти потоку або за потоком вимірюваного середовища, прийом коливань, що пройшли через  
25 середовище, з подальшим перетворенням в електричні сигнали, аналіз вищевказаних електричних сигналів для визначення різниці часу проходження ультразвукових коливань за потоком і проти нього для обчислення витрати середовища, при цьому використовують як мінімум два оборотних електроакустичних перетворювачі, кожен з яких має діаграму спрямованості з кутом розхилу не менше  $60^\circ$  у різних площинах перерізу і розташований на вимірювальній ділянці трубопроводу таким чином, що вісь діаграми спрямованості переважно  
30 перпендикулярна поздовжній осі трубопроводу і зовнішня випромінююча поверхня кожного оборотного електроакустичного перетворювача переважно суміщена з внутрішньою поверхнею трубопроводу, перший оборотний електроакустичний перетворювач зміщений відносно другого за напрямом потоку на відстань не більше  $2,5 D$ , де  $D$  - діаметр трубопроводу, причому здійснюють вищезазначений аналіз електричних сигналів, перетворених від ультразвукових  
35 коливань, що пройшли безпосередньо від перетворювача до перетворювача, та/або електричних сигналів - від ультразвукових коливань, що пройшли через одноразове та/або багатократне відбиття від внутрішньої поверхні трубопроводу.

Недоліком даного способу є отримання інформації в дискретні моменти часу, що відповідають  $10^{-6} \dots 10^{-7}$  с. При цьому точність вимірювання повинна бути не менше  $10^{-9}$  с, що  
40 викликає труднощі вимірювання, і, як наслідок, зберігається висока похибка.

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу, в якому за рахунок введення нових операцій та їх послідовності досягається можливість підвищити загальну точність визначення витрат рідких і/або газоподібних середовищ.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб включає випромінювання ультразвукових  
45 коливань за потоком або проти потоку вимірюваного середовища, прийом коливань, що пройшли через середовище, з перетворенням в електричні сигнали і випромінювання ультразвукових коливань проти потоку або за потоком вимірюваного середовища, прийом коливань, що пройшли через середовище, з подальшим перетворенням в електричні сигнали, аналіз вищевказаних електричних сигналів для визначення різниці часу проходження  
50 ультразвукових коливань за потоком і проти нього для обчислення витрати середовища, згідно з корисною моделлю, подачу сигналу проводять із зміною частоти, реєструють зміну фази сигналів, що приймаються електроакустичними перетворювачами, визначають зсув фази сигналу та частоту, що відповідає даній фазі, за якими розраховують швидкість потоку та витрати середовища, яке протікає по трубопроводу.

55 На кресленні наведено блок-схему пристрою, що реалізує запропонований спосіб. Пристрій містить мікропроцесорний блок 12, який двома виходами з'єднаний з входами генераторів 6 та 8, виходи яких з'єднані з передавальними електроакустичними перетворювачами 1 і 3 та з першими входами фазових детекторів 10 та 11. Приймальні електроакустичні перетворювачі 2 та 4 з'єднані з входами формувачів імпульсів 7 та 9, виходи яких з'єднані з другими входами  
60 фазових детекторів 10 та 11, виходи яких з'єднані з входами мікропроцесорного блока 12. Дві

пари електроакустичних перетворювачів 1, 2 і 3, 4, наприклад, мембранного типу, кожен з яких розташований на вимірювальній ділянці трубопроводу 5 так, що зовнішня випромінююча поверхня кожного суміщена з внутрішньою поверхнею трубопроводу, причому електроакустичні перетворювачі 1, 3 і 2, 4 розташовані на різних твірних трубопроводу і перший електроакустичний перетворювач зміщений відносно другого за напрямом потоку на відстань не більше  $2,5 D$ , де  $D$  - внутрішній діаметр трубопроводу. Вибір ознаки "не більше  $2,5 D$ " необхідний для надійного перекриття зони роботи на вимірювальній ділянці трубопроводу 5.

Запропонований спосіб вимірювання витрат рідких і/або газоподібних середовищ реалізується наступним чином. Мікропроцесорний блок 12 встановлює початкову частоту для генераторів 6 та 8. Сигнали з генераторів 6 та 8 надходять на відповідні входи передавальних електроакустичних перетворювачів 1 та 3, які перетворюють електричний сигнал в акустичні хвилі. Після проходження через вимірювальну ділянку трубопроводу 5 акустичні хвилі потрапляють на приймальні електроакустичні перетворювачі 2 та 4, які перетворюють їх в електричний сигнал, після чого відповідні формувачі імпульсів 7 та 9 перетворюють сигнал в імпульсну форму. Сформовані імпульси та сигнали з генераторів 6 та 8 потрапляють на входи відповідних фазових детекторів 10 та 11, які виділяють різницю фаз. За допомогою мікропроцесорного блоку 12 вираховують зсув фаз і за допомогою внутрішніх алгоритмів вибирають наступні частоти для повторення процедури вимірювання фази. Маючи два значення зсуву фаз при різних частотах за та проти потоку, мікропроцесорний блок 12 вираховує значення швидкості потоку за формулою:

$$V_f = \frac{360 \cdot S \left( \frac{f_{bf1} - f_{bf2}}{\varphi_{bf1} - \varphi_{bf2}} - \frac{f_{af1} - f_{af2}}{\varphi_{af1} - \varphi_{af2}} \right)}{2 \cos(\theta)},$$

де  $S$  - відстань між датчиками,  $f_{bf1}$  - перша частота сигналу за потоком,  $f_{bf2}$  - друга частота сигналу за потоком,  $f_{af1}$  - перша частота сигналу проти потоку,  $f_{af2}$  - друга частота сигналу проти потоку,  $\varphi_{bf1}$  - зсув фази між сигналами першої частоти за потоком,  $\varphi_{bf2}$  - зсув фази між сигналами другої частоти за потоком,  $\varphi_{af1}$  - зсув фази між сигналами першої частоти проти потоку,  $\varphi_{af2}$  - зсув фази між сигналами другої частоти проти потоку,  $\theta$  в - кут нахилу датчиків до поперечного перерізу труби. Об'ємні витрати розраховують за формулою:

$$Q = kD^2 V_f,$$

де  $k$  - коефіцієнт поправки;  $D$  - внутрішній діаметр трубопроводу.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Ультразвуковий спосіб вимірювання витрат рідких і/або газоподібних середовищ, що включає випромінювання ультразвукових коливань за потоком або проти потоку вимірюваного середовища, прийом коливань, що пройшли через середовище, з перетворенням в електричні сигнали і випромінювання ультразвукових коливань проти потоку або за потоком вимірюваного середовища, прийом коливань, що пройшли через середовище, з подальшим перетворенням в електричні сигнали, аналіз вищевказаних електричних сигналів для визначення різниці часу проходження ультразвукових коливань за потоком і проти нього для обчислення витрати середовища, який **відрізняється** тим, що подачу сигналу проводять із зміною частоти, реєструють зміну фази сигналів, що приймаються електроакустичними перетворювачами, визначають два значення зсуву фази та частоти, що відповідають даним фазам, за допомогою програмного забезпечення мікропроцесорного блоку розраховують швидкість потоку та витрати середовища, що протікає по трубопроводу за формулою:

$$V_f = \frac{360 \cdot S \left( \frac{f_{bf1} - f_{bf2}}{\varphi_{bf1} - \varphi_{bf2}} - \frac{f_{af1} - f_{af2}}{\varphi_{af1} - \varphi_{af2}} \right)}{2 \cos(\theta)},$$

де  $S$  - відстань між датчиками,  $f_{bf1}$  - перша частота сигналу за потоком,  $f_{bf2}$  - друга частота сигналу за потоком,  $f_{af1}$  - перша частота сигналу проти потоку,  $f_{af2}$  - друга частота сигналу проти потоку,  $\varphi_{bf1}$  - зсув фази між сигналами першої частоти за потоком,  $\varphi_{bf2}$  - зсув фази між сигналами другої частоти за потоком,  $\varphi_{af1}$  - зсув фази між сигналами першої частоти проти потоку,  $\varphi_{af2}$  - зсув фази між сигналами другої частоти проти потоку,  $\theta$  - кут нахилу датчиків до поперечного перерізу труби, об'ємні витрати розраховують за формулою:

