



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 131344

(13) C2

(51) МПК

G01N 11/08 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

- (21) Номер заявки: **а 2024 03771**
(22) Дата подання заявки: **23.07.2024**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **22.10.2026**
(41) Публікація відомостей про заявку: **22.01.2025, Бюл.№ 4**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **21.10.2026, Бюл.№ 42**

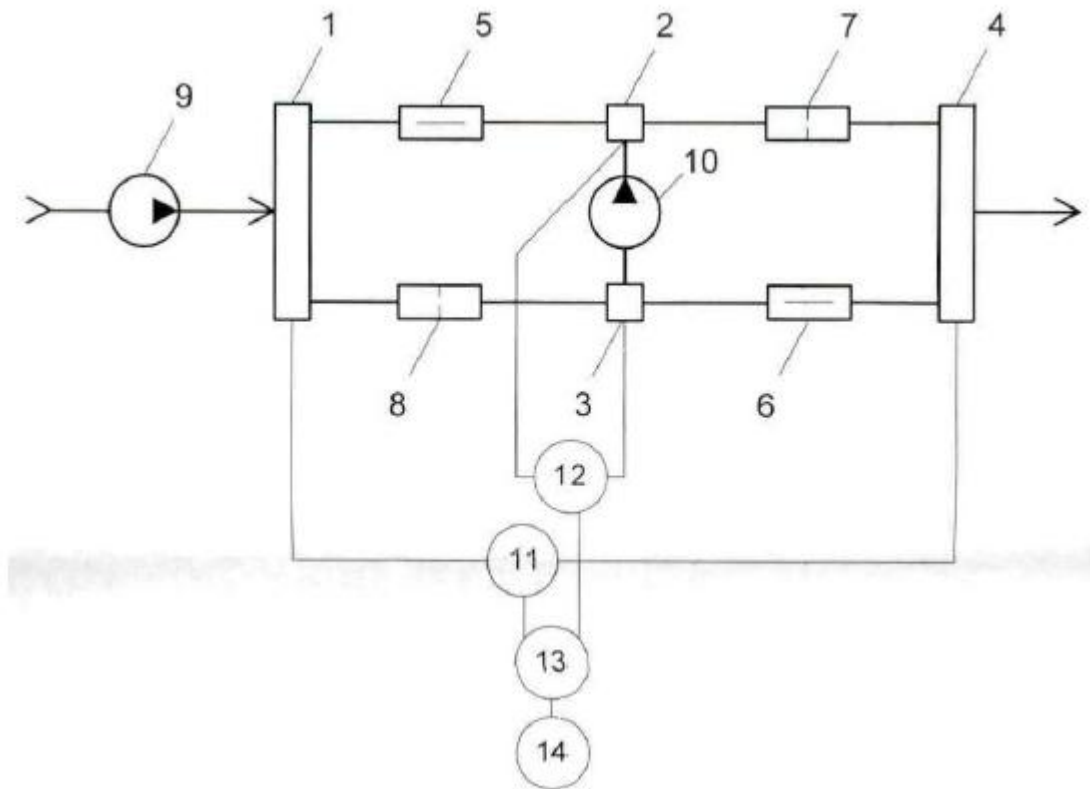
- (72) Винахідник(и):
**Пістун Євген Павлович (UA),
Крих Ганна Бориславівна (UA),
Матіко Галина Федорівна (UA)**
(73) Володілець (володільці):
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА",
вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, 79013 (UA)**
(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
SU 625149 A1, 25.09.1978
Моделювання газогідродинамічних вимірювальних перетворювачів на мостових дросельних схемах із постійною витратою / ПІСТУН Є. П., КРИХ Г. Б., ЛЕСЬКІВ Г. Ф. // Методи та прилади контролю якості. 2003. № 10. С. 87-89
UA 75959 U, 25.12.2012
Газогідродинамічні вимірювальні перетворювачі на складених дросельних елементах / ПІСТУН Є. П., ЛЕСЬКІВ Г. Ф. // Вісник НУЛП «Теплоенергетика. Інженерія докiлля. Автоматизація». 2002. № 460. С. 81-88
SU 1383145 A1, 23.03.1988
SU 1386880 A1, 07.04.1988
CN 105352849 A, 24.02.2016
RU 2015104389 A, 27.08.2016
RU 2760922 C1, 01.12.2021
US 10598581 B2, 24.03.2020

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НЬЮТОНІВСЬКИХ РІДИН**(57) Реферат:**

Винахід стосується хімічної, нафтопереробної, нафтохімічної та інших галузей промисловості для дослідження та неперервного вимірювання динамічної і кінематичної в'язкості, густини ньютонівських рідин та їх сумішей. Спосіб вимірювання фізико-механічних параметрів ньютонівських рідин, за яким досліджувану рідину пропускають з постійною об'ємною витратою через дросельні елементи, які з'єднують за допомогою вхідної, вихідної та міждросельних камер у схему гідродинамічного моста, причому протилежні плечі моста вибирають з однаковими дросельними елементами, а в суміжних плечах розміщують ламінарні та турбулентні дроселі, та вимірюють перепад тиску між міждросельними камерами гідродинамічного моста. Додатково вимірюють перепад тиску між вхідною та вихідною камерами моста та створюють додатковий потік досліджуваної рідини між міждросельними камерами моста з постійною об'ємною витратою, меншою за витрату, яку подають у вхідну камеру моста. Технічний результат: підвищення точності вимірювання, розширення діапазону

UA 131344 C2

вимірювання та забезпечення одночасного неперервного вимірювання динамічної в'язкості, густини та кінематичної в'язкості ньютонівських рідин.



Винахід стосується хімічної, нафтопереробної, нафтохімічної та інших галузей промисловості для дослідження та неперервного вимірювання динамічної і кінематичної в'язкості, густини ньютонівських рідин та їх сумішей.

Відомі способи вимірювання фізико-механічних параметрів ньютонівських рідин, в яких досліджувану рідину пропускають з відомою витратою через дросельний елемент та вимірюють перепад тиску на ньому. Для вимірювання динамічної в'язкості рідину пропускають через капілярну трубку при ламінарному режимі руху [Пістун Є.П., Леськів Г.Ф. Газогідродинамічні вимірювальні перетворювачі на складених дросельних елементах. Вісник НУЛП "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація", № 460, 2002, с. 81-88]. Для вимірювання густини досліджувану рідину в турбулентному режимі руху пропускають через звужувальний пристрій, наприклад діафрагму [Патент на корисну модель 75959 (UA), МПК G01N 11/08, опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24. Спосіб визначення октанового числа автомобільних бензинів].

Недоліком вимірювання фізико-механічних параметрів такими способами є те, що вони призначені для вимірювання одного з фізико-механічних параметрів (динамічної в'язкості або густини) і не забезпечують при цьому їх одночасного вимірювання.

Найбільш близьким до запропонованого винаходу є відомий спосіб вимірювання динамічної в'язкості та густини ньютонівських рідин, в якому досліджувану рідину із постійною об'ємною витратою пропускають через різнотипні дросельні елементи, які з'єднують у схему гідродинамічного моста за допомогою вхідної, вихідної та міждросельних камер. Протилежні плечі моста вибирають з однаковими дросельними елементами, а в суміжних плечах розміщують ламінарні та турбулентні дроселі. Перепад тиску у міждросельних камерах гідродинамічного моста адитивно залежить від динамічної в'язкості та густини ньютонівської рідини [Пістун Є.П., Крих Г.Б., Леськів Г.Ф. Моделювання газогідродинамічних вимірювальних перетворювачів на мостових дросельних схемах із постійною витратою. Методи та прилади контролю якості, № 10, 2003, с. 87-89].

Відомий спосіб не дає змогу одночасно вимірювати динамічну в'язкість і густину досліджуваної рідини. Ще одним недоліком є те, що діапазон вимірювання динамічної в'язкості та густини досліджуваної рідини є невеликий, і це пов'язано з тим, що в цьому способі витрати рідини через всі дросельні елементи є однаковими, що ускладнює дотримання ламінарного режиму руху рідини в ламінарних дроселях і турбулентного режиму руху в турбулентних дроселях в широкому діапазоні вимірювання фізико-механічних параметрів. Слід також відзначити, що адитивний вплив динамічної в'язкості та густини досліджуваної рідини на перепад тиску гідродинамічного моста призводить до суттєвого збільшення похибки вимірювання. Окрім того, цей спосіб не забезпечує вимірювання кінематичної в'язкості досліджуваної рідини.

В основу винаходу поставлена задача створення способу вимірювання фізико-механічних параметрів ньютонівських рідин, який за рахунок нових дій дозволив би вимірювати одночасно динамічну та кінематичну в'язкість і густину ньютонівської рідини, розширити діапазон їх вимірювання та підвищити точність вимірювання.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі вимірювання фізико-механічних параметрів ньютонівських рідин досліджувану рідину пропускають з постійною об'ємною витратою через дросельні елементи, які за допомогою вхідної, вихідної та міждросельних камер з'єднують у схему гідродинамічного моста, причому протилежні плечі моста вибирають з однаковими дросельними елементами, а в суміжних плечах розміщують ламінарні та турбулентні дроселі, та вимірюють перепад тиску між міждросельними камерами гідродинамічного моста, який відрізняється тим, що додатково вимірюють перепад тиску між вхідною та вихідною камерами гідродинамічного моста та створюють додатковий потік досліджуваної рідини з міждросельної камери між турбулентним та ламінарним дроселями до міждросельної камери між ламінарним та турбулентним дроселями гідродинамічного моста з постійною об'ємною витратою, меншою за об'ємну витрату рідини, яку подають у вхідну камеру, і динамічну в'язкість μ , густину ρ та кінематичну в'язкість ν визначають за виразами:

$$\mu = \frac{1}{k} \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{(Q - q)} ;$$

$$\rho = \frac{2}{m} \frac{\Delta P_1 + \Delta P_2}{(Q + q)^2} ;$$

$$\nu = \frac{m}{2k} \frac{(Q + q)^2}{(Q - q)} \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1 + \Delta P_2} ,$$

де: ΔP_1 - перепад тиску між вхідною та вихідною камерами гідродинамічного моста,

ΔP_2 - перепад тиску між міждросельними камерами,

Q - об'ємна витрата досліджуваної рідини через гідродинамічний міст,

q - об'ємна витрата досліджуваної рідини між міждросельними камерами,

$k = \frac{8L}{\pi R_L^4}$ - коефіцієнт, в якому L і R_L - довжина і радіус ламінарного дроселя,

5 $m = \frac{1}{2(\alpha \pi R_T^2)^2}$ - коефіцієнт, в якому R_T - радіус прохідного отвору турбулентного дроселя, α - коефіцієнт витрати.

Додаткове вимірювання перепаду тиску між вхідною та вихідною камерами гідродинамічного моста дало змогу визначати одночасно густину, динамічну та кінематичну в'язкість ньютонівської рідини. Завдяки створенню додаткового потоку з постійною об'ємною витратою між міждросельними камерами та пропусканню рідини через попарно однакові ламінарні і турбулентні дроселі в гідродинамічному мості, витрата рідини в ламінарних дроселях зменшується, а в турбулентних збільшується. За рахунок цього, ламінарний режим руху в ламінарних дроселях забезпечують при менших значеннях кінематичної в'язкості, а турбулентний режим руху в турбулентних дроселях забезпечують при більших значеннях кінематичної в'язкості, що дає змогу розширити діапазон вимірювання фізико-механічних параметрів ньютонівської рідини та підвищити точність вимірювання.

На кресленні показано пристрій, що реалізує запропонований спосіб вимірювання фізико-механічних параметрів ньютонівської рідини.

Пристрій містить вхідну камеру 1, міждросельні камери 2 і 3, вихідну камеру 4, два ламінарних дроселі 5 і 6, два турбулентних дроселі 7 і 8, два задавачі 9 та 10 постійної об'ємної витрати, підключені відповідно до вхідної камери 1 та міждросельних камер 2 і 3, перетворювачі диференціального тиску 11 і 12, обчислювальний пристрій 13 та пристрій відображення параметрів 14. Ламінарний дросель 5 та турбулентний дросель 8 з'єднані з вхідною камерою 1 та міждросельними камерами 2 і 3, відповідно, а ламінарний дросель 6 і турбулентний дросель 7 з'єднані, відповідно, з міждросельними камерами 3 і 2 та вихідною камерою 4. Витрата q , яку створюють між міждросельними камерами 3 і 2 задавачем 10, є меншою за витрату Q , що надходить до вхідної камери 1 від задавача 9 об'ємної витрати. До вхідної та вихідної камер 1 і 4 та міждросельних камер 2 і 3 під'єднані перетворювачі диференціального тиску 11 і 12, виходи яких з'єднані з обчислювальним пристроєм 13, до якого під'єднаний пристрій відображення параметрів 14.

Запропонований спосіб вимірювання фізико-механічних параметрів ньютонівських рідин, таких як динамічна в'язкість, густина та кінематична в'язкість, здійснюють так. Досліджувану ньютонівську рідину неперервно прокачують з об'ємною витратою Q через всі дросельні елементи 5, 6, 7 і 8 і розподіляють її між ними з можливістю створення в ламінарних дроселях 5 і 6 однакових об'ємних витрат, менших за витрату рідини в турбулентних дроселях 7 і 8. За допомогою задавача 10 постійної об'ємної витрати створюють додатковий потік q , менший за Q , внаслідок чого витрату досліджуваної рідини в ламінарних дроселях 5 і 6 зменшують на $q/2$, а в турбулентних дроселях 7 і 8 - збільшують на таку саму величину. Перепад тиску ΔP_1 , який виникає між камерами 1 і 4, вимірюють перетворювачем диференціального тиску 11, а перепад тиску ΔP_2 у міждросельних камерах 2 і 3 вимірюють перетворювачем диференціального тиску 12, вихідні сигнали яких подають на обчислювальний пристрій 13 та визначають динамічну в'язкість μ досліджуваної рідини, що пропорційна різниці сигналів $\Delta P_1 - \Delta P_2$, та густину, що пропорційна їх сумі $\Delta P_1 + \Delta P_2$, і які відображають на пристрої 14. Одночасно за сигналами перепадів тиску ΔP_1 і ΔP_2 визначають кінематичну в'язкість ньютонівської рідини обчислювальним пристроєм 13 та реєструють пристроєм 14.

Обґрунтування реалізації запропонованого способу наступне. Відомо, що під час руху ньютонівської рідини з об'ємною витратою Q_L в ламінарному дроселі у вигляді циліндричного капіляра з внутрішнім радіусом R і довжиною L різницю тисків ΔP на його вході і виході визначають з рівняння:

50
$$\Delta P = k \mu Q_L, (1)$$

а різницю тисків на турбулентному дроселі у вигляді діафрагми в тонкій стінці з прохідним отвором радіусом R_T під час руху рідини з об'ємною витратою Q_T визначають з рівняння:

$$\Delta P = m \rho Q_T^2, (2)$$

де: μ - динамічна в'язкість, ρ - густина, $k = \frac{8L}{\pi R_L^4}$, $m = \frac{1}{2(\alpha \pi R_T^2)^2}$ - конструктивні комплекси

дроселів, α - коефіцієнт витрати.

На підставі рівнянь (1) і (2) визначимо різниці тисків на кожному з чотирьох дросельних елементів 5, 8, 7 і 6 пристрою з врахуванням об'ємної витрати в кожному дроселі, відповідно:

5 $P_1 - P_2 = k\mu Q_L$, (3)

$P_1 - P_3 = m\rho(Q - Q_L)^2$, (4)

$P_2 - P_4 = m\rho(Q_L + q)^2$, (5)

$P_3 - P_4 = k\mu(Q - Q_L + q)$, (6)

де: P_1, P_4 - тиски у вхідній камері 1 та вихідній камері 4, відповідно,

10 P_2, P_3 - тиски у міждросельних камерах 2 і 3, відповідно,

Q - об'ємна витрата досліджуваної рідини, яку створює задавач 9,

Q_L - об'ємна витрата досліджуваної рідини в ламінарному дроселі 5,

q - об'ємна витрата досліджуваної рідини між міждросельними камерами 3 і 2, яку створює задавач 10.

15 Із суми рівнянь (3) і (5), а також суми рівнянь (4) і (6) визначають різницю тисків $P_1 - P_4$ між вхідною і вихідною камерами 1 і 4:

$P_1 - P_4 = k\mu Q_L + m\rho(Q_L + q)^2$, (7)

$P_1 - P_4 = m\rho(Q - Q_L)^2 + k\mu(Q - Q_L - q)$. (8)

3 рівнянь (7) і (8) знаходять витрату Q_L через ламінарний дросель 5:

20 $Q_L = \frac{Q - q}{2}$. (9)

З врахуванням визначеної за рівнянням (9) витрати Q_L та рівнянь (3)-(6) знаходять, що різниці тисків $P_1 - P_2$ і $P_3 - P_4$ на ламінарних дроселях 5 і 6 однакові, так само однакові і різниці тисків $P_1 - P_3$ та $P_2 - P_4$ на турбулентних дроселях 7 і 8:

$P_1 - P_2 = k\mu \frac{Q_L - q}{2}$, (10)

25 $P_1 - P_3 = m\rho\left(Q - \frac{Q - q}{2}\right)^2 = m\rho\left(\frac{Q + q}{2}\right)^2$, (11)

$P_2 - P_4 = m\rho\left(\frac{Q - q}{2} + q\right)^2 = m\rho\left(\frac{Q + q}{2}\right)^2$, (12)

$P_3 - P_4 = k\mu\left(Q - q - \frac{Q - q}{2}\right) = k\mu \frac{Q - q}{2}$. (13)

30 З рівнянь (10) і (13) видно, що зі створенням додаткового потоку витрату в ламінарних дроселях 5 і 6 зменшують на $q/2$, а в турбулентних дроселях 7 і 8, як видно з рівнянь (11) і (12), навпаки збільшують на $q/2$.

Із суми рівнянь (10) і (13) визначають динамічну в'язкість досліджуваної рідини:

$\mu = \frac{1}{k} \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{(Q - q)}$, (14)

а із суми рівнянь (11) і (12) визначають густину контрольованої рідини:

$\rho = \frac{2}{m} \frac{\Delta P_1 + \Delta P_2}{(Q + q)^2}$, (15)

35 де: $\Delta P_1 = P_1 - P_4$ - перепад тиску між вхідною та вихідною камерами 1 і 4, $\Delta P_2 = P_2 - P_3$ - перепад тиску між міждросельними камерами 2 і 3.

Оскільки об'ємні витрати Q і q задавачів 9 і 10 є постійними, то при заданих конструктивних характеристиках дроселів динамічна в'язкість μ досліджуваної ньютонівської рідини прямо пропорційна різниці перепадів тиску ΔP , в камерах 1 і 4 та ΔP_2 в міждросельних камерах 2 і 3, а густина прямо пропорційна сумі перепадів тиску ΔP_1 і ΔP_2 .

40

Кінематичну в'язкість визначають за допомогою обчислювального пристрою з виразу:

$v = \frac{m}{2k} \frac{(Q + q)^2}{(Q - q)} \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1 + \Delta P_2}$. (16)

Спосіб вимірювання фізико-механічних параметрів ньютонівських рідин забезпечує одночасне неперервне вимірювання динамічної в'язкості, густини і кінематичної в'язкості

ньютонівських рідин та дає змогу розширити діапазон їх вимірювання і підвищити точність вимірювання, завдяки створенню ламінарного режиму руху в ламінарних дроселях при нижчих значеннях кінематичної в'язкості, та створення турбулентного режиму руху в турбулентних дроселях при вищих значеннях кінематичної в'язкості.

5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб вимірювання фізико-механічних параметрів ньютонівських рідин, за яким досліджувану рідину пропускають з постійною об'ємною витратою через дросельні елементи, які за допомогою входної, вихідної та міждросельних камер з'єднують у схему гідродинамічного моста, причому протилежні плечі моста вибирають з однаковими дросельними елементами, а в суміжних плечах розміщують ламінарні та турбулентні дроселі, та вимірюють перепад тиску між міждросельними камерами гідродинамічного моста, який **відрізняється** тим, що додатково вимірюють перепад тиску між входною та вихідною камерами гідродинамічного моста та створюють додатковий потік досліджуваної рідини з міждросельної камери між турбулентним та ламінарним дроселями до міждросельної камери між ламінарним та турбулентним дроселями гідродинамічного моста з постійною об'ємною витратою, меншою за об'ємну витрату рідини, яку подають у входну камеру, і динамічну в'язкість μ , густину ρ та кінематичну в'язкість ν визначають за виразами:

$$\mu = \frac{1}{k} \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{(Q - q)};$$

$$\rho = \frac{2}{m} \frac{\Delta P_1 + \Delta P_2}{(Q + q)^2};$$

$$\nu = \frac{m}{2k} \frac{(Q + q)^2}{(Q - q)} \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1 + \Delta P_2},$$

де ΔP_1 - перепад тиску між входною та вихідною камерами,

ΔP_2 - перепад тиску між міждросельними камерами,

25 Q - об'ємна витрата досліджуваної рідини через гідродинамічний міст,

q - об'ємна витрата досліджуваної рідини між міждросельними камерами,

$k = \frac{8L}{\pi R_L^4}$ - коефіцієнт, в якому L і R_L - довжина і радіус ламінарних дроселів,

$m = \frac{1}{2(\alpha \pi R_T^2)^2}$ - коефіцієнт, в якому R_T - радіус прохідного отвору турбулентних дроселів, α - коефіцієнт витрати.

