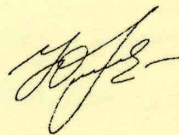


582.1
1083

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ**

Юрчевський Євген Володимирович



УДК 681.2.08: 532.5

**ЕЛЕКТРОФЛЮЇДНИЙ МЕТОД І ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ
В'ЯЗКОСТІ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ РІДИН**

05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Івано-Франківськ – 2012



Дисертація є рукописною працею.

Робота виконана на кафедрі приладобудування, електротехніки та інформаційних технологій Національного університету водного господарства та природокористування Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, м. Рівне

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Древецький Володимир Володимирович,
завідувач кафедри приладобудування, електротехніки
та інформаційних технологій Національного
університету водного господарства та
природокористування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Пістун Євген Павлович,
завідувач кафедри автоматизації теплових та
хімічних процесів Національного університету
"Львівська політехніка"

доктор технічних наук, професор
Квасніков Володимир Павлович,
завідувач кафедри інформаційних технологій
Національного авіаційного університету

Захист відбудеться **"26" жовтня** 2012 р. о 10.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотечі Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий **"20" вересня** 2012р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03
к.т.н. професор

Дранчук М.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. З метою збільшення експлуатаційної надійності та продовження робочого ресурсу машин й обладнання, необхідно розробляти нові методи і автоматичні засоби для визначення та контролю параметрів якості паливно-мастильних матеріалів в нафтопереробній промисловості, авіації, транспорті, металургії та теплоенергетиці. До основних параметрів якості, що визначають властивості та характеризують склад й структуру нафтопродуктів, відносять в'язкість, яка займає важливе місце в системі нормованих показників палива для реактивних, газотурбінних і дизельних двигунів.

Визначення в'язкості є одним з найбільш трудомістких вимірювальних процесів. Достатньо складно визначати цей параметр при контролі нафтопродуктів під час їхнього виробництва, транспортування й використання, особливо в умовах експлуатації рухомих апаратів при наявності вібрації та змінних за величиною і напрямком прискорень. Застосування в даних умовах ротажних або вібраційних віскозиметрів є неможливим через наявність прецизійних механічних частин – обертових або вібраційних чутливих елементів і складності перетворювальних схем. Відомі методи і пристрої контролю в'язкості нафтопродуктів не задовольняють вимогам практики, тому постає необхідність у розробленні вимірювальних методів та засобів, які здатні забезпечувати необхідну чутливість і точність у виробничих умовах та на рухомих транспортних системах. Це підтверджується результатами досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених М.П.Воларовича, Л.А.Залманзона, І.С.Кісіля, М.В.Кулакова, Є.П.Пістуня, З.М.Теплюха, В.В.Древецького та інших.

Підвищення точності вимірювань та надійності пристроїв контролю в'язкості діелектричних рідин можуть бути досягнуті при застосуванні гідродинамічного методу з використанням електрофлюїдних перетворювачів, які позбавлені рухомих механічних і електромеханічних елементів, що забезпечить високий рівень автоматизації технологічних процесів виробництва та використання нафтопродуктів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася впродовж 1999...2012 років за кафедральними науково-дослідними темами "Розробка і дослідження засобів автоматизації технологічних процесів", "Розробка теоретичних основ гідродинамічного методу та пристроїв для контролю фізико-механічних параметрів рідин і газів"(державна реєстрація теми №0108U001018, 2008р.), "Розробка та дослідження методів і систем контролю фізико-механічних параметрів рідин та газів"(державна реєстрація теми №0112U002523, 2012р.), в яких автор приймав участь як відповідальний виконавець.

Мета та задачі досліджень полягають у вирішенні актуальної науково-технічної задачі контролю в'язкості нафтопродуктів шляхом використання електрофлюїдного методу та технічних засобів контролю динамічної в'язкості діелектричних рідин на основі мостових електрофлюїдних перетворювачів.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішувались задачі:

– аналіз існуючих методів і технічних засобів вимірювання в'язкості діелектричних рідин;

НТБ
ІФНТУНГ



an2300

- аналіз процесу утворення електрофлюїдного ефекту і моделювання електрогідродинамічних процесів в електрофлюїдному перетворювачі;
- аналіз і синтез зрівноважених мостових електрофлюїдних перетворювачів;
- розроблення систем зрівноваження мостових електрофлюїдних перетворювачів, моделювання та методика їх дослідження;
- розроблення та дослідження пристрою контролю динамічної в'язкості діелектричних рідин;
- розроблення методики проведення лабораторних досліджень контролю динамічної в'язкості діелектричних рідин створеним пристроєм;
- проведення промислових випробовувань розробленого пристрою та впровадження його у виробництво.

Об'єктом дослідження є процес контролю динамічної в'язкості діелектричних рідин та перетворення параметрів інформаційних сигналів вимірювальних приладів.

Предметом дослідження є гідродинамічні вимірювальні прилади динамічної в'язкості діелектричних рідин, що побудовані на основі зрівноважених гідравлічних електрофлюїдних дросельних перетворювачів.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі застосовано:

- положення і методи теоретичної гідродинаміки і електрогідродинаміки та імітаційного моделювання для встановлення механізму процесу взаємодії діелектричної рідини з дросельними та електрофлюїдними елементами при різних її фізико-механічних параметрах і значеннях міжелектродної високовольтної напруги;
- методи теорії вимірювань, метрології і теорії автоматичного керування для синтезу мостових електрофлюїдних перетворювачів та автоматичного пристрою контролю в'язкості нафтопродуктів;
- методи фізичного та математичного моделювання для визначення функцій перетворення і метрологічних характеристик створеного пристрою контролю в'язкості нафтопродуктів.

Наукова новизна одержаних результатів. Вирішено актуальну науково-технічну задачу розроблення нового методу контролю в'язкості нафтопродуктів на основі зрівноважених мостових електрофлюїдних перетворювачів. При цьому отримано такі наукові результати:

1. Вперше розроблено і теоретично обґрунтовано електрофлюїдний метод зрівноваження дросельних мостових перетворювачів динамічної в'язкості діелектричних рідин, що дозволяє суттєво підвищити чутливість методу визначення в'язкості нафтопродуктів.

2. Вперше розроблено і досліджено пристрій з використанням електрофлюїдних перетворювачів, що реалізує запропонований метод контролю в'язкості діелектричних рідин та дозволяє підвищити швидкодію пристрою та діапазон контролю в'язкості рідин.

3. Вперше для розширення функціональних можливостей електрофлюїдного пристрою контролю в'язкості розроблено методику оброблення вимірювальної

інформації для зведення результатів контролю до заданого значення температури діелектричних рідин.

4. Удосконалено методику розрахунку геометричних і електричних параметрів електрофлюїдного перетворювача.

5. Набули подальшого розвитку методи слідкуючого та розгортального зрівноваження мостових гідродинамічних схем.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

1. Розроблено пристрій контролю динамічної в'язкості діелектричних рідин з використанням електрофлюїдних перетворювачів, який дозволяє контролювати якість палив на стаціонарних і рухомих об'єктах.

2. Розроблено мікропроцесорні системи слідкуючого та розгортального зрівноваження мостових електрофлюїдних перетворювачів, що забезпечує підвищення швидкодії автоматичного пристрою контролю в'язкості.

3. Розроблено алгоритм роботи та програмне забезпечення для мікропроцесора, що дозволяє керувати процесом зрівноваження мостового електрофлюїдного перетворювача та вносити температурну поправку в результати контролю в'язкості.

4. Теоретичні і експериментальні дослідження, проведені автором, дозволили створити та впровадити у виробництво пристрій контролю в'язкості діелектричних рідин в якості електрофлюїдного детектора зони розділу нафтопродуктів при їх транспортуванні в Рівненській філії ВАТ "Концерн Галнафтогаз" (акт від 20 грудня 2007 р.).

5. Результати дисертаційних досліджень використовуються в навчальному процесі, дипломному проектуванні, підготовці магістерських робіт та науково-дослідних роботах студентів Національного університету водного господарства та природокористування (акт від 24 травня 2011 р.).

Особистий внесок здобувача. Основна частина теоретичних та експериментальних досліджень, висновки і рекомендації виконані автором самостійно. У наукових працях, написаних у співавторстві, автору належать: аналіз процесу створення перепаду тиску на ділянці гідравлічного каналу при електрофлюїдній дії в діелектричній рідині [4, 9]; розробка методики розрахунку конструктивних параметрів електрофлюїдного перетворювача [3, 7]; розробка і теоретичне обґрунтування електрофлюїдного методу зрівноваження симетричних дросельних мостових перетворювачів для контролю в'язкості діелектричних рідин [10, 12, 13]; розробка пристроїв з використанням електрофлюїдних перетворювачів, що реалізують запропонований метод контролю в'язкості діелектричних рідин [1, 14, 15, 16, 17]; моделювання роботи електрофлюїдних пристроїв контролю в'язкості [6, 11, 18]; розробка мікропроцесорного пристрою для контролю в'язкості діелектричних рідин згідно запропонованого методу [8, 19]. Ідеї винаходів належать співавторам в однаковій мірі.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались й обговорювались на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу УДАВГ (1997-1998 р.р.), НУВГП (2004-2010 р.р.); на 4-ій науково-технічній конференції „Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового

обладнання” (Івано-Франківськ, 2005 р.); на Міжнародній науково-технічній конференції “Сучасні наукові досягнення - 2006”, на 5-й науково-технічній конференції “Приладобудування: стан і перспективи”(Київ, НТУ КПІ, 2006р.); на І-й Міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми хімотології”(Київ, НАУ, 2006р.); на VII і VIII Міжнародних науково-технічних конференціях “АВІА-2006”, “АВІА - 2007” (Київ, НАУ, 2006-2007р.р.); на II Міжнародній науково-практичній конференції “Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси” (ІРТК-2009) (Київ, НАУ, 2009р.); на II науково-практичній конференції студентів та молодих учених “Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання” (Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2009р.); на II Міжнародній конференції молодих вчених ЕРЕС-2010(Львів, НТУ “Львівська політехніка”, 2010р.); на 6-й науково-технічній конференції „Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання” (Івано-Франківськ, 2011 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 21 наукова робота, з них 8 – у фахових виданнях, в тому числі 2 авторських свідчення на винаходи.

Структура дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків. Робота викладена на 153 сторінках і містить 15 таблиць, 43 рисунки, список використаних літературних джерел з 143 найменувань та додатки на 13 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання досліджень, наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, вказано особистий внесок здобувача, наведена інформація про публікації за результатами роботи та про їх апробацію.

У **першому розділі** наведено характеристики чистих діелектричних рідин, паливно-мастильних матеріалів та інших нафтопродуктів. Показано, що найбільше рідини відрізняються одна від одної за в'язкістю, яка дає найкраще представлення про розглянуту рідину та зміну її стану і може вважатися основною механічною характеристикою. Значна увага приділена аналізу відомих методів і засобів вимірювань та контролю в'язкості.

Досліджено функціональні можливості, переваги і недоліки відомих методів і пристроїв вимірювання та контролю в'язкості. Встановлено, що всі види віскозиметрів крім капілярного, мають у перетворювальних схемах рухомі механічні або вібраційні елементи, що в умовах експлуатації на рухомих об'єктах обмежує або повністю позбавляє їх нормальне функціонування.

На основі результатів аналітичних досліджень показана необхідність створення принципово нових автоматичних пристроїв контролю в'язкості, які б у своїх перетворювальних схемах не мали механічних і електромеханічних конструктивних елементів і були придатні для використання на транспортних або літальних апаратах та сформульовано загальний підхід до створення електрофлюїдних пристроїв контролю в'язкості.

У **другому розділі** представлені основні теоретичні положення створення

електрофлюїдного ефекту в гідравлічному каналі з діелектричною рідиною та проведено аналіз моделі електрофлюїдного перетворювача (ЕФП) динамічного типу.

Запропоновано основні варіанти конструкцій первинних електрофлюїдних перетворювачів для створення перепаду тиску в гідравлічному каналі: голка – втулка (ЕФП-ГВ) (рис. 1,а) і голка – капіляр (ЕФП-ГК) (рис. 1,б). ЕФП складається з діелектричного корпусу, в гідравлічному каналі якого (діаметру $D = 5\text{ мм}$) розміщені два електроди, один з яких виконаний у вигляді голки 2, наприклад, довжиною $l = 8 \dots 10\text{ мм}$, діаметром $d_0 = 1\text{ мм}$ і радіусу заокруглення гострої частини $r_0 = 0,03 \dots 0,5\text{ мм}$ для ЕФП-ГВ, інший електрод виконаний у вигляді металевої втулки 3 довжиною $L_B = 5\text{ мм}$ і з внутрішнім отвором $d = 1,5 \dots 2\text{ мм}$, для ЕФП-ГК – у вигляді металевої трубки (капіляра) 3 довжиною $L = 40 \dots 150\text{ мм}$ і з внутрішнім отвором $d = 1,5 \dots 2\text{ мм}$. Відстань по осі між голковим та трубчастим електродами становить $h = 0,5 \dots 1\text{ мм}$. До голкового електрода підводиться від'ємний потенціал, а до трубчатого - додатний.

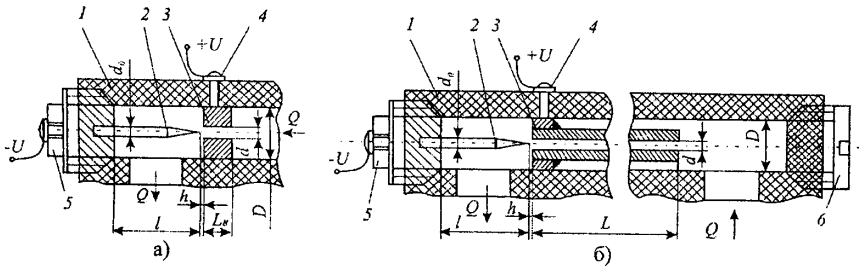


Рис. 1. Конструкції електрофлюїдних перетворювачів:

а) типу “голка – втулка”; б) типу “голка – капіляр”; 1 – діелектричний корпус; 2 – голковий електрод; 3 – втулка (трубчатий електрод); 4 – клемма для підключення додатного потенціалу; 5 – клемма для підключення від’ємного потенціалу; 6 – технологічна заглушка

В основу побудови ЕФП покладено явище виникнення пондеромоторних сил в однофазному, зарядженому діелектрику при прикладанні до нього електростатичного поля. Процеси, що виникають в ЕФП, аналітично описуються системою електрогідравлічних рівнянь в диференціальній формі:

1. Рівняння Нав'є-Стокса ізотермічного руху в'язкої однорідної нестискуваної рідини в неоднорідному електричному полі

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \rho (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = \vec{F} + \nu \nabla^2 \vec{V} \quad (1)$$

2. Рівняння нерозривності потоку для стаціонарного руху нестискуваної рідини

$$\nabla \cdot \vec{V} = 0 \quad (2)$$

$$3. \text{Рівняння Гауса} \quad \overline{\nabla E} = \frac{\rho_e}{\varepsilon_0 \varepsilon} \quad (3)$$

$$4. \text{Рівняння Максвелла} \quad \overline{\nabla} \times \overline{E} = 0 \quad (4)$$

де $\overline{V}, \overline{E}$ – вектори швидкості потоку, напруженості електростатичного поля; \overline{F} – пондеромоторні сили; ρ, ν, ε – густина, коефіцієнт кінематичної в'язкості і відносна діелектрична проникність рідини; ε_0 – електрична стала; ρ_d – об'ємна густина зв'язаних електричних зарядів; t – час; ∇ – диференціальний оператор Гамільтона; ∇D – градієнт тиску.

Поле між електродами ЕФП є різко неоднорідним і за допомогою електростатичного поля в рідині надається заряд об'єму діелектрика, тоді вираз для об'ємної густини пондеромоторних сил з рівняння (1) запишеться у вигляді:

$$\overline{F} = -\overline{\nabla} P - \rho_e \overline{E}, \quad (5)$$

де $\overline{\nabla} P$ — гідродинамічні сили, що виникають під дією зовнішнього тиску або прискорень; $\rho_e \overline{E}$ — об'ємні пондеромоторні сили, що обумовлені взаємодією неоднорідного електростатичного поля з вільними зарядами в діелектрику.

Якщо за вхідний електричний сигнал вибрати величину напруженості E електричного поля або напруги U між електродами ЕФП, то вихідним сигналом буде величина тиску в рідині P , що пропорційна рівнодійчій об'ємних пондеромоторних сил. Розв'язок системи рівнянь (1)-(4) в повному об'ємі є досить складним завданням, що важко вирішується. У нашому випадку приведена система може давати часткові розв'язки, що використано для теоретичного дослідження електрофлюїдних перетворювачів методом скінченних елементів з використанням комп'ютерної програми Femlab. Для розв'язування математичної моделі, систему рівнянь (1)-(4) представлено в проєкціях на циліндричну систему координат. Враховуючи осьову симетрію задачі, розглянуто лише половину розрізу електрофлюїдного перетворювача

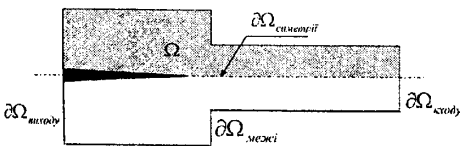


Рис. 2. Осесиметрична модель електрофлюїдного перетворювача

(рис.2). Результати одного з варіантів моделювання для діелектричної рідини з динамічною в'язкістю $10 \cdot 10^{-3}$ Па·с, витратою рідини $1,67 \cdot 10^{-6}$ м³/с та раціональними щодо конструктивного виконання параметрами ЕФП ($L = 40$ мм, $d = 2$ мм, $h = 1$ мм, $r_0 = 0,1$ мм) наведені на рис. 3.

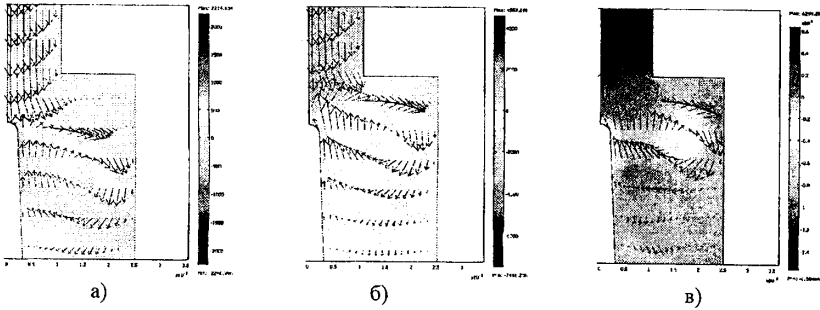


Рис. 3. Розподіл тиску та швидкостей руху рідини в гідравлічному каналі електрофлюїдного перетворювача типу ЕФП-ГК:
 а) $U=6000$ В, $\Delta P_K=3314$ Па; б) $U=8000$ В, $\Delta P_K=3580$ Па; в) $U=10000$ В, $\Delta P_K=4230$ Па

З рис.3 видно, що залежно від прикладеної напруги на електродах ЕФП змінюється швидкість рідини від голки до входу у капіляр. При цьому змінюється профіль швидкостей руху рідини без зміни режиму течії в самому капілярі, що відповідно збільшує перепад тиску ΔP_K на капілярі.

Встановлено, що статична характеристика $\Delta P_K = f(U)$ ЕФП описується рівнянням

$$\Delta P_K = k_a \alpha \left(\frac{U b}{r_0 h \ln \frac{b+h}{b-h}} \right)^\beta \quad (6)$$

де $\alpha = 4,289 \cdot 10^{-17} \text{ Па} / (\text{В} / \text{м})$; $\beta = 2,443$ – для вибраних конструктивних параметрів та зміни напруги U в діапазоні 4–20 кВ; k_a – поправочний коефіцієнт, що враховує залежність вихідного сигналу від зміни діаметра d отвору трубчатого електрода; $b = \sqrt{h^2 + r_0 h}$.

Для прийнятих геометричних розмірів отримано розрахункову статичну характеристику ЕФП:

$$\Delta P_p = 1,523 \cdot 10^{-7} U^{2,443} \quad (7)$$

Проведено експериментальні дослідження електрофлюїдного перетворювача з вказаними конструктивними параметрами та побудована дослідна статична характеристика ЕФП, з якої отримана аналітична залежність виду

$$\Delta P_d = 7 \cdot 10^{-8} U^{2,498} \quad (8)$$

Аналізуючи розходження експериментальних і розрахункових даних, встановлено, що причиною похибки, яка може досягти 8%, є недостатня точність визначення геометричних розмірів (r_0 і h), тому рекомендується при проектуванні електрофлюїдних перетворювачів використовувати результати експериментальних досліджень.

У третьому розділі проведено аналіз і синтез варіантів побудови зрівноважених мостових електрофлюїдних перетворювачів, а також аналіз чутливості синтезованих перетворювачів. Залежно від виду конструкції, кількості електрофлюїдних перетворювачів, необхідних для зрівноваження МДП, і способу включення ЕФП до потоку рідини (зустрічно або узгоджено), синтезовано основні гідравлічні схеми мостових електрофлюїдних перетворювачів (табл.1):

- а) чотири ламінарні дроселі (ЛД) і один ЕФП-ГВ, включений в одне із плечей гідравлічного моста (схема №1 – вид 4ЛД – 1ЕФП-ГВ);
- б) два ЛД і два ЕФП-ГК, включені зустрічно до потоку рідини по одному в протилежні плечі гідравлічного моста (схема №2 2ЛД – вид 2ЕФП-ГК);
- в) чотири ЛД і два ЕФП-ГВ, включені зустрічно до потоку рідини по одному в протилежні плечі гідравлічного моста (схема №3 – вид 4ЛД – 2ЕФП-ГВ);
- г) чотири ЛД і чотири ЕФП-ГВ, включені зустрічно до потоку рідини і послідовно по два в протилежні плечі гідравлічного моста (схема №4 – вид 4ЛД – 2×2ЕФП-ГВ);
- д) чотири ЛД і чотири ЕФП-ГВ, два з яких включені зустрічно до потоку рідини по одному в протилежні плечі гідравлічного моста, а два інших – узгоджено до потоку рідини і по одному в інші протилежні плечі (схема №5 – вид 4ЛД – 4×1ЕФП-ГВ).

Для синтезованих гідравлічних схем мостових електрофлюїдних перетворювачів аналітично описані рівняння статичних характеристик (табл.1). Рівняння статичних характеристик перетворення мостових електрофлюїдних перетворювачів є нелінійними, тому чутливість кожного з п'яти варіантів схеми МЕФП у всьому діапазоні вимірювання не буде сталою. Значення чутливості МЕФП було визначено графо-аналітичним методом. Визначали чутливості перетворювача в різних діапазонах напруги керування для кожного варіанту схеми МЕФП за формулою $S_C^d = \frac{\Delta \mu_C^d}{\Delta U_d}$, де $\Delta \mu_C^d$ – зміна динамічної в'язкості у відповідному діапазоні напруги керування, ΔU_d – діапазон напруги керування, індекси: с – номер варіанту схеми МЕФП, д – номер діапазону напруги керування.

Дослідженнями встановлено, що залежно від діапазону вимірювання динамічної в'язкості діелектричних рідин буде змінюватись і діапазон високовольтної напруги, яку подають на електроди ЕФП, для зрівноваження гідравлічного моста. Тому при проектуванні пристроїв контрольно в'язкості на основі МЕФП рекомендується вибирати схемні варіанти №2 і №3 при менших діапазонах вимірювання динамічної в'язкості, а при більших – №4, тобто з більшою кількістю ЕФП.

Таблиця 1

Гідравлічні схеми та статичні характеристики перетворення МЕФП

№ схеми	Вид МЕФП	Гідравлічна схема МЕФП	Рівняння статичної характеристики перетворення МЕФП
1	4ЛД - 1ЕФП-ГВ		$\mu_1 = \frac{L_{ЛД2} \pi d^4 \cdot K_{ЕФП}}{128(L_{ЛД1}^2 - L_{ЛД2}^2 - L_{ЛД2} \cdot L_{ТЕ}^B)} U^n$
2	2ЛД - 2ЕФП-ГК		$\mu_2 = \frac{\pi d^4 \cdot K_{ЕФП}}{128(L_{ЛД} - L_{ТЕ}^K)} U^n$
3	4ЛД - 2ЕФП-ГВ		$\mu_3 = \frac{\pi d^4 \cdot K_{ЕФП}}{128(L_{ЛД1} - L_{ЛД2} - L_{ТЕ}^B)} U^n$
4	4ЛД - 2×2ЕФП-ГВ		$\mu_4 = 2 \frac{\pi d^4 \cdot K_{ЕФП}}{128(L_{ЛД1} - L_{ЛД2} - 2L_{ТЕ}^B)} U^n$
5	4ЛД - 4×1ЕФП-ГВ		$\mu_5 = 2 \frac{\pi d^4 \cdot K_{ЕФП}}{128(L_{ЛД1} - L_{ЛД2} - 2L_{ТЕ}^B)} U^n$

μ – динамічна в'язкість діелектричної рідини; d – внутрішній діаметр ламінарного дроселя(капіляра) і трубчатого електрода; $L_{ЛД}$, $L_{ЛД1}$, $L_{ЛД2}$ – довжини ламінарних дроселів, $K_{ЕФП}$ – конструктивний комплекс ЕФП, $L_{ТЕ}^K$, $L_{ТЕ}^B$ – довжини трубчатих електродів, відповідно, капіляра і втулки, U – напруга керування, що подається на електроди ЕФП, $n = 2,443$.

Досліджено динамічні властивості мостового електрофлюїдного перетворювача з конструкцією виду 2ЛД – 2ЕФП-ГК, який рекомендовано застосовувати при проектуванні пристрою контролю в'язкості діелектричних рідин, діапазон вимірювання динамічної в'язкості якого лежить в межах $2 \dots 10 \cdot 10^{-3}$ Па·с. МЕФП є симетричним, тому характеризується найбільшою чутливістю до зміни динамічної в'язкості і раціональністю конструктивного виконання. Так як МЕФП є симетричним, то його динамічні властивості представимо структурною схемою (рис.4). Перепад тиску $\Delta P_{\text{Д}}$ у вимірювальній діагоналі може змінюватися за двома каналами – за каналом збурення, тобто за зміною динамічної в'язкості μ , та за каналом регулюючого впливу – за зміною напруги U .

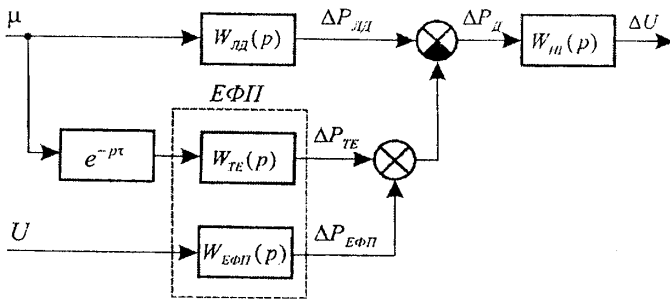


Рис. 4. Структурна схема мостового електрофлюїдного перетворювача:

U – напруга керування, ЕФП – електрофлюїдний перетворювач, $\Delta P_{\text{лд}}$ – перепад тиску на ламінарному дроселі, $\Delta P_{\text{ТЕ}}$ – перепад тиску на трубчатому електроді, $\Delta P_{\text{ЕФП}}$ – перепад тиску, створений електрофлюїдним перетворенням, $\Delta P_{\text{Д}}$ – перепад тиску у вимірювальній діагоналі, $e^{-p\tau}$, $W_{\text{лд}}(p)$, $W_{\text{ТЕ}}(p)$, $W_{\text{ЕФП}}(p)$ – передавальні функції, відповідно, ланки запізнення, ламінарного дроселя, трубчатого електрода та електрофлюїдного перетворювача, ΔU – вихідна напруга нуль-індикатора (дифманометра)

На основі структурної схеми мостового електрофлюїдного перетворювача створено в середовищі MATLAB його модель. Результати моделювання вказали на більшу швидкодію МЕФП порівняно з аналогами та на коливний характер зміни перепаду тиску в діагоналі моста в процесі зрівноваження, що необхідно враховувати при проектуванні і розробці автоматичного пристрою контролю в'язкості.

У **четвертому розділі** основну увагу приділено розробленню і дослідженню автоматичного приладу контролю в'язкості діелектричних рідин. Спосіб вимірювання, реалізований у таких приладах, полягає у неперервному пропусканні з постійною витратою через МЕФП досліджуваного нафтопродукту, зрівноваженні мостової схеми зміною гідравлічного опору або перепаду тиску в плечах моста шляхом зміни напруги на електродах ЕФП і вимірювання її значення в момент його рівноваги. За значенням напруги U , згідно статичної характеристики перетворення МЕФП (табл. 1), визначають динамічну в'язкість.

Розроблена структурна схема автоматичного пристрою контролю в'язкості діелектричних рідин зі слідкуючим зрівноваженням, варіант якої з мостовим електрофлюїдним перетворювачем типу 2ЛД – 2ЕФП-ГК зображено на рис. 5.

Аналітично встановлено статичну характеристику перетворення, яку можна записати у вигляді

$$U = (K_M \mu)^{2,443}, \quad (9)$$

де K_M - постійний коефіцієнт гідралічного моста з ЕФП.

Отже, за значенням напруги U в момент рівноваги визначають значення динамічної в'язкості рідини μ .

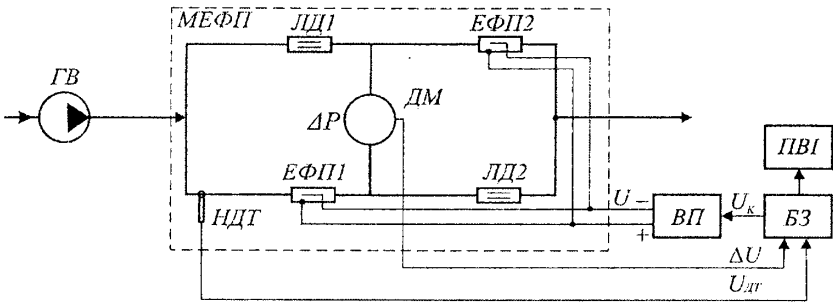


Рис. 5. Структурна схема пристрою контролю в'язкості діелектричних рідин:

ГВ – генератор витрати рідини; МЕФП – мостовий електрофлюїдний перетворювач; НДТ – напівпровідниковий давач температури; ЛД1, ЛД2 – ламінарні дроселі; ЕФП1, ЕФП2 – електрофлюїдні перетворювачі; ДМ – дифманометр; ВП – високовольтний перетворювач; БЗ – блок зрівноваження, ПВІ – пристрій відображення інформації

Блок зрівноваження БЗ слідкуючої системи (рис.6) побудований на цифрових і аналогових мікросхемах та програмованому мікроконтролері. Доцільність застосування в блоці зрівноваження мікроконтролера обумовлена тим, що, по-перше, на основі одного і того ж мікроконтролера реалізовані системи як слідкуючого, так і розгортального зрівноваження; по-друге, за допомогою програмного забезпечення можливо змінювати закон регулювання та параметри (форму, період, швидкість) вихідної керуючої напруги; по-третє, існує можливість введення коригуючих коефіцієнтів для лінеаризації статичної характеристики автоматичного віскозиметра та приведення результатів вимірювання до заданого значення температури діелектричних рідин; по-четверте, зменшуються масогабаритні параметри, споживання електроенергії та збільшується швидкодія пристрою, порівняно з приладами, в яких застосовуються електромеханічні системи зрівноваження.

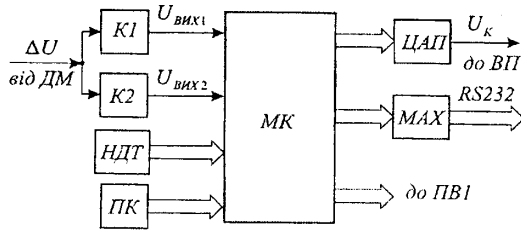


Рис. 6. Структурна схема блока зрівноваження пристрою контролю в'язкості: ПВ1 – пристрій відображення інформації; К1, К2 – компаратори, МК – мікроконтролер РІС, ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач, НДТ – напівпровідниковий давач температури; ПК – пульт кнопочний, МАХ – драйвер RS232 зв'язку з комп'ютером

На основі структурної схеми пристрою контролю в'язкості зі слідкуючою системою зрівноваження (рис. 7) створено його модель в середовищі MATLAB та досліджено динамічні властивості.

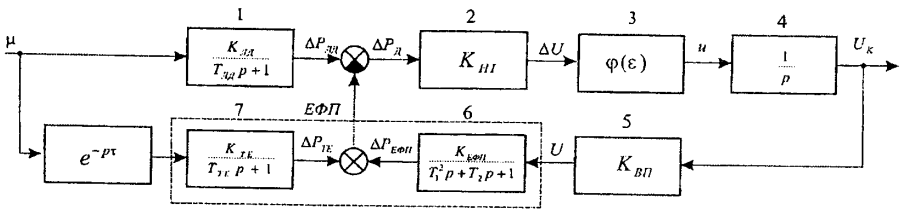


Рис. 7. Структурна схема електрофлюїдного пристрою контролю в'язкості зі слідкуючою системою зрівноваження:

1 – ламінарний дросель; 2 – нуль-індикатор (дифманометр); 3 – компаратор; 4 – генератор напруги (інтегратор); 5 – високовольтний підсилювач; 6 – електрофлюїдний перетворювач; 7 – трубчатий електрод; U – напруга керування на електродах ЕФП; $\Delta P_{лл}$ – перепад тиску на ламінарному дроселі; $\Delta P_{тл}$ – перепад тиску на трубчатому електроді; $\Delta P_{всп}$ – перепад тиску, створений електрофлюїдним перетворенням; ΔP – перепад тиску у вимірювальній діагоналі; ΔU – вихідна напруга дифманометра; u – вихідний сигнал компаратора; $U_к$ – напруга керування на виході інтегратора

Встановлено, що перехідний процес у пристрою контролю в'язкості зі слідкуючою системою зрівноваження є стійким і відповідає вимогам якості, а реакцією системи на вхідний одиничний сигнал є аперіодично затухаючий процес. Час перехідного процесу становить 2...3с, що порівняно з існуючими вимірювальними засобами підтверджує високу швидкодію даного автоматичного пристрою контролю в'язкості. Шляхом підбору коефіцієнтів підсилення підсилювальних ланок та налагодження зони нечутливості компараторів (нелінійного елемента) слідкуючої системи зрівноваження електрофлюїдного пристрою контролю в'язкості досягають її стійкості.

В цьому розділі також була розроблена структурна схема автоматичного пристрою контролю в'язкості з розгортальним зрівноваженням (рис.8). Пристрій контролю в'язкості працює таким чином. При включенні живлення ПГН програмно розгортає напругу U_K за заданим законом з певним періодом. В цей період високовольтна напруга U на електродах ЕФП приводить до зміни

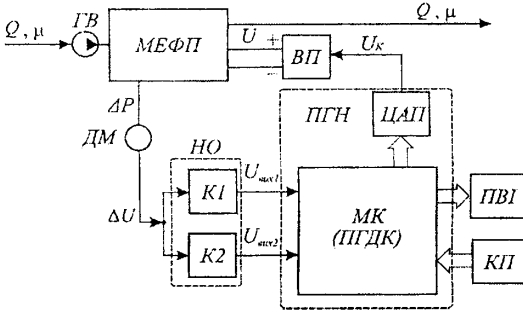


Рис. 8. Структурна схема пристрою контролю в'язкості з розгортальною системою зрівноваження:

МЕФП – мостовий електрофлюїдний перетворювач; ДМ – дифманометр; ВП – високовольтний перетворювач; К1, К2 – компаратори, НО – нульовий орган; ПГН – програмований генератор напруги; МК – мікроконтролер; ПГДК – програмований генератор двійкового коду; ПВІ – пристрій відображення інформації

напрузі U_K ПГН або високовольтній керуючій напрузі U в моменті зрівноваження.

З метою оптимізації динамічних властивостей та статичної характеристики перетворення проводилось моделювання пристрою контролю в'язкості з розгортальною системою зрівноваження при різних законах зміни компенсаційної напруги. На основі структурної схеми пристрою контролю в'язкості створено в середовищі MATLAB його модель. При моделюванні значення динамічної в'язкості змінювали в межах $5 \dots 7 \cdot 10^3$ Па·с протягом 10 с. Були досліджені моделі при лінійному, нелінійному та синусоїдному законах розгортання компенсаційної напруги. На основі досліджень побудовані статичні характеристики перетворення при різних законах розгортання компенсаційної напруги, рівняння яких представлені в табл.2. Визначено, що при різних законах розгортання компенсаційної напруги статичні характеристики перетворення мають лінійний характер і відрізняються один від одного не більше 1,5%. Встановлено, що при проектуванні пристрою контролю в'язкості в системі зрівноваження доцільніше використати синусоїдний закон розгортання компенсаційної напруги з періодом в межах 2...3с.

перепаду тиску у відповідних гідралічних плечах МЕФП, що при певному значенні U або U_K зрівноважує гідралічний міст. Дифманометр ДМ фіксує відсутність у вимірювальній діагоналі перепад тиску $\Delta P = 0$, відповідно, на нуль-орган НО подається напруга ΔU , значення якої відповідає моменту рівноваги моста. Нульовий орган перетворює напругу ΔU з допомогою компараторів К1 і К2 у відповідний код (напруги $U_{\text{вих1}}$ та $U_{\text{вих2}}$), який дає команду через ПГН на ПВІ про відображення значення параметру в'язкості, яка пропорційна вихідній

Статичні характеристики перетворення при різних законах розгортання компенсаційної напруги

№	Закон розгортання компенсаційної напруги	Рівняння статичної характеристики	Величина достовірності апроксимації
1	нелінійний	$y = 1315,8x + 11980$	0,9998
2	лінійний	$y = 1300,5x + 12087$	1,0
3	синусоїдний	$y = 1327,4x + 11904$	0,9996
		$y = 1320,4x + 11953$ (узагальнена)	0,9996

Напруга розгортання в такій системі зрівноваження МЕФП автоматично може змінювати своє значення в доволі широких межах – від 4кВ до 25кВ, що може привести до різкої зміни перепаду тиску на ЕФП і, відповідно, вплинути на стабільність його статичної характеристики, а також і на динамічні властивості вискозиметра в цілому. Тому розроблено розгортальну систему зрівноваження пристрою контролю в'язкості з подіапазонною зміною управляючої напруги, що дозволяє уникнути великих розмахів компенсуючої напруги, відповідно, і розмахів високовольтної управляючої напруги на електродах електрофлюїдних перетворювачів. Такий закон розгортання управляючої напруги забезпечує покращення динамічних і метрологічних характеристик вискозиметра.

У п'ятому розділі представлено експериментальну установку та дослідні зразки пристрою контролю в'язкості, наведено результати експериментальних досліджень та підтверджено адекватність теоретичних положень дисертації.

Конструкція мостового електрофлюїдного перетворювача типу 2ЛД – 2ЕФП-ГК представлена на рис.9. Блок зрівноваження (рис.10) технічно реалізований на основі програмованого мікроконтролера PIC16F877. На передній панелі розташовані: вмикач і індикатор живлення, пристрій відображення інформації – рідкокристалічний індикатор та кнопки режимів роботи. Режими роботи такі: “пуск”(вимірювання), “приведення до $t=20^{\circ}\text{C}$ ”, “контроль напруги U_K ” На дисплеї в основному режимі вимірювання відображаються поточні значення динамічної в'язкості та температури нафтопродукту.

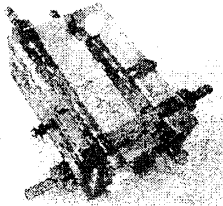


Рис. 9. Базова конструкція МЕФП



Рис. 10. Зовнішній вигляд блока зрівноваження

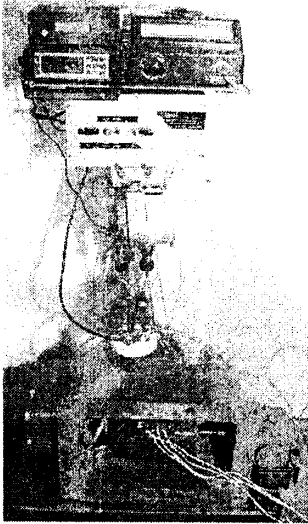


Рис. 11. Експериментальна установка

Для проведення експериментальних досліджень МЕФП та електрофлюїдного пристрою контролю в'язкості було зконструйовано експериментальну установку (рис.11). В якості генератора витрати використовувався шестерінчастий насос НШ-3, що приводився в рух асинхронним двигуном з частотним перетворювачем ALTIVAR. За допомогою частотного перетворювача створювалась стала витрата через мостовий перетворювач. Для вимірювання перепаду тиску в діагоналі МЕФП застосовувався вибухозахищений дифманометр типу САПФІР. Для контролю високовольтної напруги на електродах мостового перетворювача використовували електростатичний вольтметр з резистивним подільником напруги. На рис. 12 наведені статичні характеристики пристрою контролю в'язкості за результатами досліджень. Середня відносна похибка вимірювання становить 2,3%. Достовірність контролю в'язкості становила 0,95. Технічні характеристики електрофлюїдного пристрою контролю в'язкості наведені в табл. 3.

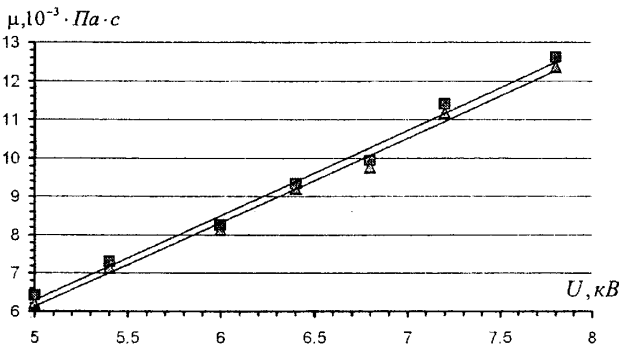


Рис. 12. Статичні характеристики електрофлюїдного пристрою контролю в'язкості:
 ■ - експериментальні дані; ▲ - розрахункові дані

Похибка аналітичного визначення динамічної в'язкості складає 1,9% від отриманого експериментальним шляхом. Наявність даних похибок викликана недостатньою точністю визначення геометричних параметрів ЕФП.

Таблиця 3

Технічні характеристики автоматичного пристрою контролю в'язкості діелектричних рідин

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання динамічної в'язкості, 10^{-3} Па·с	від 2 до 20
Діапазон робочих температур нафтопродукту, °С	від 5 до 40
Допустиме значення основної похибки вимірювання, %, не більше	$\pm 2,5$
Витрата нафтопродукту, м ³ /с, не більше	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Напруга живлення, В	220 \pm 20(12 \pm 2)
Потужність споживання, Вт, не більше	50
Маса, кг	30

Проведено промислові випробування і впровадження розробленого пристрою у виробництво в Рівненській філії ВАТ “Концерн Галнафтогаз”, що дозволяє проводити контроль в'язкості нафтопродуктів з точністю 2,5%, яка є достатньою для виявлення межі розділу нафтопродуктів при їх транспортуванні в магістральному трубопроводі. Результати експериментальних та промислових досліджень підтвердили адекватність теоретичних положень дисертації.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-технічну задачу контролю динамічної в'язкості нафтопродуктів на стаціонарних та рухомих об'єктах шляхом використання електрофлюїдних перетворювачів. Досягнуто наступні нові результати:

1. Вперше, шляхом моделювання, досліджено процес створення перепаду тиску на ділянці гідравлічного каналу при електрофлюїдній дії в діелектричній рідині, що дозволило розробити новий електрофлюїдний метод контролю динамічної в'язкості діелектричних рідин.

2. Вперше розроблено методику розрахунку конструктивних параметрів електрофлюїдного перетворювача для створення перепаду тиску на ділянці гідравлічного каналу, яка дозволяє для вибраного діапазона зміни напруги керування вибирати оптимальні його конструктивні параметри.

3. Вперше розроблено і теоретично обґрунтовано електрофлюїдний метод зрівноваження дросельних мостових перетворювачів контролю в'язкості діелектричних рідин, проведено аналіз і синтез принципово нових вимірювальних схем, що дозволило вибрати раціональну їх конструкцію.

4. Розроблено структурну схему, конструкцію, програмне забезпечення пристрою контролю в'язкості діелектричних рідин, проведено дослідження пристрою з використанням електрофлюїдних перетворювачів з різними законами управляючої напруги, що дозволило виробити рекомендації по створенню пристроїв контролю в'язкості з підвищеною точністю вимірювань і швидкодією.

5. Наукові і практичні результати впроваджено в Рівненську філію ВАТ “Концерн Галнафтогаз” для контролю динамічної в’язкості нафтопродуктів на потоці з відносною похибкою вимірювання 2,5%.

6. Розроблений пристрій контролю в’язкості діелектричних рідин може бути використаний у складі аналізатора властивостей паливо-мастильних матеріалів, а також для неперервного контролю в’язкості нафтопродуктів як в стаціонарних технологічних установках, так і на рухомих транспортних засобах в різних галузях народного господарства України.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Древецький В.В. Електрофлюїдний віскозиметр динамічної в’язкості нафтопродуктів /Древецький В.В., Юрчевський Є.В //Вісник НАУ. – №2. – 2006. – С.158-161.

2. Древецький В.В.Електрофлюїдний давач динамічної в’язкості /Древецький В.В., Юрчевський Є.В// Методи і прилади контролю якості. – 2005. – №15. – С.120-122.

3. Древецький В.В. Синтез електрофлюїдних перетворювачів динамічної в’язкості нафтопродуктів./Древецький В.В., Юрчевський Є.В// Вісник Інженерної академії України. – 2007. – № 3,4. – С.108-112.

4. Юрчевський Є.В. Рівняння статичних характеристик електрофлюїдних перетворювачів динамічної в’язкості діелектричних рідин /Юрчевський Є.В.// Вісник Національного університету водного господарства та природокористування.Збірник наукових праць, випуск 4(44) Рівне. – 2008. – С.303-310.

5. Юрчевський Є.В., Дослідження електрофлюїдного віскозиметра з подіапазонною зміною розгортуючої напруги /Юрчевський Є.В., Древецький В.В. //Вісник Інженерної академії України. – №3-4. – 2009. – С.70-73.

6. Юрчевський Є.В. Моделювання електрофлюїдного віскозиметра з системою слідуючого зрівноваження //Методи і прилади контролю якості. –2009. – №23. – С.55-59.

7. Древецький В.В. Аналіз чутливості мостових електрофлюїдних перетворювачів динамічної в’язкості нафтопродуктів /Древецький В.В., Юрчевський Є.В// Вісник Інженерної академії України. – 2011. – №2. – С.41-45.

8. Юрчевський Є.В. Мікропроцесорні системи зрівноваження мостових електрофлюїдних перетворювачів в’язкості нафтопродуктів /Юрчевський Є.В.// Методи і прилади контролю якості. – 2011. – №27. – С.52-55.

9. Юрчевський Є.В. Електрофлюїдні перетворювачі параметрів діелектричних рідин /Юрчевський Є.В.//Збірник статей за матер. 3 наук.-техн. конфер. проф.-вickl. складу, асп. та студ. УДАВГ, Рівне. –1997. – С.97-100.

10.Юрчевський Є.В. Электрофлюидное уравновешивание мостовых гидродинамических преобразователей параметров жидкостей // Матер. науч.-техн. конференции “Современные научные достижения”, Днепропетровск – 2006. – С.40-43.

11.Юрчевський Є.В., Моделювання електрофлюїдного віскозиметра при різних

законах зміни розгортуючої напруги /Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій: Зб. наук.-практ. конф./Юрчевський Є.В., Древецький В.В. //наук. ред. О.П.Приставка. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту. – 2007. – Т.11. – С.130-141.

12.Юрчевський Є.В. Системи зрівноваження мостових електрофлюїдних перетворювачів параметрів діелектричних рідин /Юрчевський Є.В.//Матер. наук.-техн. конференції “Приладобудування : стан і перспективи”. НТУ КПІ. – 2006. – С.45-48.

13.В.В.Древецький.Електрофлюїдний метод неперервного контролю в'язкості авіаційних палив /В.В.Древецький, Є.В.Юрчевський. // Матер. наук.-техн. конференції “Проблеми хімотології”. НАУ. – 2006. – С.65-67.

14.Юрчевський Є.В. Вимірювання в'язкості нафтопродуктів на потоці мостовими електрофлюїдними перетворювачами /Юрчевський Є.В.// Том 2. Матер.VII міжнародної наук.-техн. конференції “АВІА – 2006”. – Т.1.-К.: НАУ. – 2006. – С.41.69-41.72.

15.Юрчевський Є.В. Електрогідродинамічний віскозиметр з мікропроцесорною системою слідкуючого зрівноваження /Юрчевський Є.В.//Матер. VIII міжнародн. наук.-техн. конференції “АВІА - 2007” 25..27 квітня 2007р. К., НАУ. – 2007. – Том I. – С.11.61-11.64.

16.Юрчевський Є.В. Детектор зони розділу нафтопродуктів в трубопроводах /Юрчевський Є.В.//Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ІРТК-2009), Збірка тез. Друга міжнародна науково-практична конференція, 25-28 травня 2009 р. – С.117-119.

17.Юрчевський Є.В. Автоматизована система вимірювання в'язкості нафтопродуктів /Юрчевський Є.В., Древецький В.В.// Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання. Друга науково-практична конференція студентів та молодих учених, 25-26 листопада. Збірник тез доповідей. – 2009р. – С.140-141.

18.Юрчевський Є.В. Моделювання мостового електрофлюїдного перетворювача в'язкості нафтопродуктів /Юрчевський Є.В.// Енергетика та системи керування: Матеріали II Міжнародної конференції молодих вчених ЕРЕС-2010. – Львів: Видавництво "Львівської політехніки". – 2010. – С. 26-27.

19.Юрчевський Є.В. Мікропроцесорні системи зрівноваження мостових електрофлюїдних перетворювачів в'язкості нафтопродуктів /Юрчевський Є.В.// Збірник тез доповідей. Матеріали 6-ї науково-технічної конференції „Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання”, 29 листопада – 2 грудня, м. Івано-Франківськ. – 2011. – С.125-131.

20.А.С. №1666814 СССР, МКИ GOIN 11/08. Электрогидравлический преобразователь /В.В.Древецкий, А.П.Яцук, Е.В.Юрчевский, Г.Г.Башук (СССР) опубл.30.07.1991, Бюл.№28.

21.А.С. №1695000 СССР, МКИ GOIN 12/07. Устройство для преобразования аналогового электрического сигнала в сигнал перепада давления /Древецкий В.В., Яцук А.П., Юрчевский Е.В.(СССР) опубл.30.11.1991, Бюл.№44.

АНОТАЦІЯ

Юрчевський Є.В. Електрофлюїдний метод і пристрій контролю в'язкості діелектричних рідин. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2012.

Дисертація присвячена вирішенню науково-технічної задачі створення нового методу і пристрою контролю в'язкості діелектричних рідин на основі мостових електорфлюїдних перетворювачів.

Розроблений метод контролю ґрунтується на закономірностях течії рідини через мостовий дросельний перетворювач з подальшим його зрівноваженням електрофлюїдними перетворювачами. Синтезовано схеми зрівноважених мостових електрофлюїдних перетворювачів (МЕФП), визначено статичні характеристики перетворення та наведена методика розрахунку чутливих елементів МЕФП. Розроблено структурні та принципіві схеми автоматичного пристрою контролю в'язкості діелектричних рідин на основі МЕФП зі слідкуючим та розгортальним зрівноваженням. Наведено результати досліджень статичних і динамічних характеристик мікропроцесорного пристрою контролю в'язкості, алгоритм і програмне забезпечення процесу вимірювання в'язкості діелектричних рідин.

Ключові слова: діелектричні рідини, в'язкість, мостовий електрофлюїдний перетворювач, система зрівноваження, автоматичний пристрій контролю в'язкості.

АННОТАЦИЯ

Юрчевский Е.В. Электрофлюидный метод и устройство контроля вязкости диэлектрических жидкостей. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – приборы и методы контроля и определения состава веществ. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2012.

Диссертация посвящена решению научно-технической задачи создания нового метода и устройства на основе мостовых электрофлюидных преобразователей для контроля вязкости диэлектрических жидкостей.

Электрофлюидные преобразователи (ЭФП) непосредственно преобразуют электрическую энергию в гидродинамическую при полном отсутствии электромеханических трущихся частей, что позволяет им стабильно функционировать в условиях резкоизменяющихся ускорений, сил гравитации, положения в пространстве и частоты вибрации объекта контроля.

Созданы и исследованы математические модели гидродинамических процессов в электрофлюидном преобразователе при воздействии на него управляющих напряжений различных значений.

Разработанный метод контроля основывается на закономерностях течения жидкости через мостовой дроссельный преобразователь с последующим его уравниванием электрофлюидными преобразователями. Синтезированы схемы уравновешенных мостовых электрофлюидных преобразователей (МЕФП), определены статические характеристики преобразования и приведена методика расчета чувствительных элементов МЭФП.

Разработаны структурные и принципиальные схемы автоматического устройства контроля вязкости диэлектрических жидкостей на основе МЭФП со следящим и развертывающим уравниванием. Приведены результаты исследований статических и динамических характеристик микропроцессорного устройства контроля вязкости, алгоритм и программное обеспечение процесса измерения вязкости диэлектрических жидкостей.

Ключевые слова: диэлектрические жидкости, вязкость, мостовой электрофлюидный преобразователь, система уравнивания, автоматическое устройство контроля вязкости.

ANNOTATION

Yurchevskiy E.V. Electrofluid method and control device of viscosity of dielectric liquids. – On the rights for a manuscript.

Dissertation on competition of scientific degree of the candidate of engineering science at speciality 05.11.13 – devices and methods for control and material composition determination. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2012.

Dissertation is devoted to decision of scientific and technical task of creation of new method and device on the basis of bridge electrofluid transformers for control of viscosity of dielectric liquids.

The developed control method is based on conformities to the law of flow of liquid through bridge choke transformer with subsequent his balancing by electrofluid transformers. The charts of the balanced bridge of electrofluid transformers (BEFT) are synthesized, static descriptions of transformation are certain and the method of calculation of pickoffs of BEFT is resulted.

The structure and principle diagrams of automatic control device of viscosity of oil products are developed on the basis of BEFT with the tracker and developing balancing. The results of researches of static and dynamic descriptions of microprocessor device of control of viscosity, algorithm and software of process of control of viscosity of oil products software, are resulted.

Keywords: dielectric liquids, viscosity, bridge electrofluid transformer, system of an equilibration, viscosity automatic control device.