

УДК 681.2:532.137

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КІНЕМАТИЧНОЇ В'ЯЗКОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ

© Древецький В.В., 2005

Національний університет водного господарства і природокористування, м. Рівне

Розглянуто принципи побудови інформаційно-виміральної системи кінематичної в'язкості рідин і особливості її технічної реалізації. Представлено результати дослідно-конструкторських робіт з метою серійного випуску автоматичного аналізатора кінематичної в'язкості нафтопродуктів

Кінематична в'язкість характеризує будову молекул, склад, структуру рідини і її фізико-механічні властивості. Контроль кінематичної в'язкості в нафтопереробній промисловості має виключно важливе значення. Для мастил кінематична в'язкість відноситься до обов'язкових показників якості для всіх їх видів. Важливе значення кінематична в'язкість займає в системі показників якості рідких палив, особливо дизельних, палив для газотурбінних двигунів і котельних установок. Для мазутів значення кінематичної в'язкості при певній температурі знаходиться на першому місці серед показників якості. Вимірювання кінематичної в'язкості складає до 35% від загальної кількості аналізів в аналітичних лабораторіях науково-дослідних інститутів і до 400 аналізів за добу в лабораторіях нафтопереробних заводів [1]. Використання в заводських лабораторіях скляних вискозиметрів ВПЖ, ВНЖ, а також напівавтоматичних ВЛК – 1Б [2] не дозволяє неперервно контролювати процес переробки нафти, оскільки тривалість одного вимірювання складає від 40 до 80 хв. Заміна лабораторного контролю кінематичної в'язкості неперервним автоматичним дозволяє підвищити ефективність управління роботою технологічного обладнання і інтенсивність виробничих процесів. При цьому зростає вихід світлих нафтопродуктів і масляних фракцій при поглибленій переробці нафти.

При використанні нафтопродуктів як палива в теплоагрегатах при виробництві будівельних матеріалів, в металургії і теплоенергетиці, автоматичний контроль і стабілізація оптимального значення кінематичної в'язкості забезпечує ефективне розпилювання палива в форсунках, підвищує повноту згоряння і на 2 – 5 % зменшує його витрату [3,4].

Метою даного дослідження є створення

інформаційно-виміральної системи (ІВС), яка дозволяла б автоматично і неперервно здійснювати контроль кінематичної в'язкості V при заданій температурі T безпосередньо на технологічних установках в різних галузях промисловості.

Така ІВС створена на базі мостового дросельного перетворювача (МДП), побудованого з двох ламінарних і двох турбулентних дроселів, з'єднаних в мостову гідравлічну вимірвальну схему [5]. Найбільш доцільним є перехресне розташування ламінарних і турбулентних дроселів, тому що така схема забезпечує майже в 2,5 більшим значення сигналу небалансу, ніж схема з суміжним розташування різнотипних дроселів.

МДП (рис. 1) представляє собою металевий корпус, в технологічних каналах якого монтується капілярні трубки, які є ламінарними дроселями, і діафрагми, які є турбулентними дроселями. Дроселі з'єднуються між собою вхідною, вихідною і міждросельними камерами. У вхідній камері є канал, в який вмонтовується термометр. До міждросельних камер під'єднуються мембранні розділювачі, які захищають імпульсні лінії від попадання в них нафтопродуктів.

Принцип дії ІВС полягає у пропусканні досліджуваної рідини з об'ємною витратою Q через МДП і зрівноваження ламінарно-турбулентної мостової схеми шляхом зміни Q . В момент рівноваги мостової схеми перепад тиску на ламінарному дроселі дорівнює перепаду тиску на турбулентному дроселі, який розташовано в суміжному плечі мостової схеми. Так як перепад тиску на ламінарному дроселі пропорційний добутку динамічної в'язкості на об'ємну витрату рідини, а на турбулентному дроселі – добутку квадрату об'ємної витрати на густину рідини, то з умови рівності цих перепадів випливає, що значення об'ємної витрати в момент рівноваги мостової

схеми пропорційне значенню кінематичної в'язкості. Коефіцієнт пропорційності між об'ємною витратою і кінематичною в'язкістю в момент рівноваги МДП визначається тільки конструкцією і геометричними розмірами дроселів [6]:

$$v = \left(\frac{d_a^4 - 2\alpha^2 m d_{турб.}^4}{32\pi\alpha^2 d_{турб.}^4 l_a} \right) Q = \kappa \cdot Q,$$

де κ – статичний коефіцієнт перетворення; d_a, l_a – внутрішній діаметр і довжина ламінарного дроселя; $d_{турб.}, \alpha$ – внутрішній діаметр і коефіцієнт витрати турбулентного дроселя; m – поправка Гагенбаха.



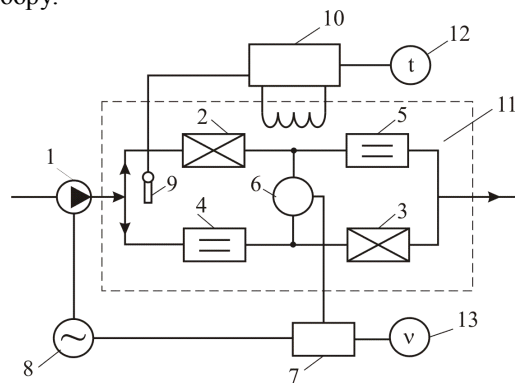
Рис.1. Конструкція мостового дросельного перетворювача

Значення статичного коефіцієнта перетворення κ можна визначити теоретично на основі вимірювань конструктивних розмірів дроселів, але, як показали результати експериментальних досліджень, похибка аналітичного визначення κ складає 5 – 7,5%. Це пояснюється складністю точних вимірювань d_a і $d_{турб.}$, а також визначенням значення поправки Гагенбаха m . Тому, як правило, значення κ визначається експериментально шляхом вимірювання об'ємним методом витрати рідини, через МДП з відомою кінематичною в'язкістю в момент його зрівноваження.

Теоретично і експериментально досліджена ІВС кінематичної в'язкості зі слідкующим зрівноваженням, структурна схема якої представлена на рис. 2.

В ІВС кінематичної в'язкості із слідкующим статичним зрівноваженням (рис.3) як генератор витрати використовується дозуючий шестерінчатий насос з жорсткою напірною характеристикою. Шестерінчатий насос є регулюючим органом і первинним перетворювачем витрати, так як за швидкістю обертання його вала можна визначити об'ємну витрату рідини через МДП. Двигун постійного струму (ДПС) з редуктором приводить в дію насос, який частину нафтопродукту з технологічного трубопроводу прокачує через МДП і

повертає в технологічний трубопровід нижче точки відбору.



1 – генератор витрати; 2, 3 – турбулентні дроселі; 4, 5 – ламінарні дроселі, 6 – нуль-індикатор; 7 – регулятор; 8 – двигун; 9 – термометр; 10 – блок регулювання температури; 11 – термостат; 12, 13 – реєструючі прилади температури і кінематичної в'язкості

Рис.2. Структурна схема інформаційно-виміральної системи кінематичної в'язкості

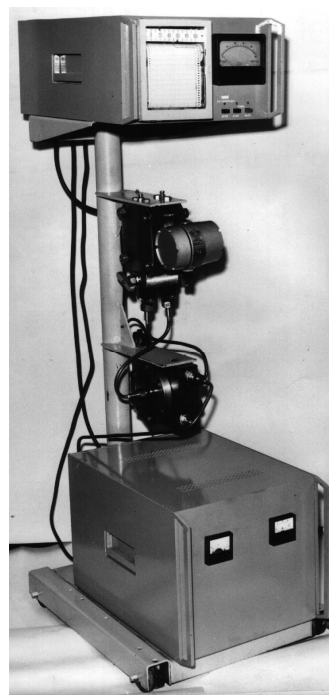


Рис.3. Конструкція ІВС кінематичної в'язкості нафтопродуктів

При відхиленні кінематичної в'язкості від значення, яке відповідає рівновазі гідралічної мостової схеми, виникає сигнал небалансу у вигляді перепаду тиску певного знаку. Нуль-індикатор, функцію якого виконує дифманометр, подає сигнал на автоматичний регулятор, який збільшує, або

зменшує напругу керування ДПС, в результаті чого змінює його швидкість, а отже і значення об'ємної витрати Q в напрямку зрівноваження МДП. В момент рівноваги мостової схеми вторинним приладом вимірюється напруга керування ДПС, якій відповідає задана швидкість обертання вала насоса, тобто певна об'ємна витрата. На основі вимірних значень напруги визначають кінематичну в'язкість рідини.

Проведені теоретичні дослідження динамічних характеристик ІВС кінематичної в'язкості із статичним зрівноваженням встановили, що для отримання максимального значення добутку коефіцієнтів підсилення складових технічних елементів необхідно зменшувати діаметр ламінарних і турбулентних дроселів. Практично можна досягти значення граничного добутку коефіцієнтів підсилення від 20 до 30, що суттєво менше, ніж в електричних схемах зрівноваження. Крім того, встановлено, що налагодження і експериментальну перевірку коефіцієнтів підсилення необхідно здійснювати в нижній частині діапазону вимірювання. Із зростанням кінематичної в'язкості запас стійкості ІВС зростає.

Розроблено методику і програму розрахунку геометричних розмірів ламінарних і турбулентних дроселів для вибраного діапазону вимірювання кінематичної в'язкості і технічно можливого діапазону зміни витрати нафтопродукту через МДП, проведені теоретичні і експериментальні дослідження ІВС кінематичної в'язкості із розгортуючим зрівноваженням [7].

При розгортуючому зрівноваженні генератор витрати задає пульсації об'ємної витрати певної форми і періодичності. На протязі кожної пульсації досягається зрівноваження мостової гідравлічної схеми, що фіксується нуль-індикатором. При лінійному законі зміни об'ємної витрати тривалість проміжку часу від початку пульсації до моменту зрівноваження є пропорційна кінематичній в'язкості рідини. Застосування розгортуючого зрівноваження дозволяє отримати ІВС кінематичної в'язкості з частотним вихідним сигналом.

Значення кінематичної в'язкості в значній мірі залежить від температури, тому МДП термостатується. Температура нафтопродукту, який аналізується, вимірюється термометром опору і реєструється вторинним приладом. Передбачена можливість визначення в'язкісно-температурних характеристик нафтопродуктів шляхом циклічної зміни температурного режиму термостату або холодильника. Діапазон зміни температури вибирається в залежності від кута нахилу в'язкісно-температурної характеристики. Для забезпечення

постійного градієнта температури в часі і зменшення динамічних похибок програма зміни потужності нагрівання коригується з урахуванням значення об'ємної витрати рідини через МДП.

На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень спроектовано і здійснено випуск серії аналізаторів АКВ-1 (табл. 1) на заводі „Нефтекип” (м. Москва) (рис. 4) [8]. Конструктивно АКВ-1 складається з вибухозахищеного технологічного комплексу і невибухозахищених блоків живлення, керування і реєстрації, які встановлюються в операторній. Нафтопродукт через елементи пробовідбору надходить з технологічного трубопроводу до технологічного блоку, в склад якого входять МДП, панель блокування і термостат, що забезпечує нагрівання і підтримку заданого значення температури нафтопродукту. З технологічного блоку нафтопродукт надходить в холодильник, звідки подається на вхід шестерінчатого насоса, після чого повертається назад в трубопровід нижче відбору проби на аналіз. Технологічний блок і електропривод, функції якого виконує двигун постійного струму з редуктором, встановлюються в аналізаторній і мають вибухозахисний рівень вибухозахисту з маркуванням 1Ex ПВТ4.

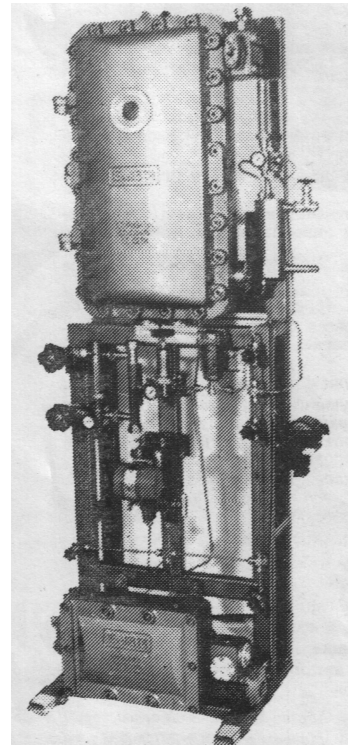


Рис. 4. Конструкція аналізатора кінематичної в'язкості АКВ-1

Таблиця 1 – Основні технічні параметри аналізатора АКВ-1

Назва параметра	Допустимі значення
Робоча температура нафтопродукту при визначенні кінематичної в'язкості	від 10 °С до 45 °С
Тиск нафтопродукту на вході в блок підготовки проби	від 0,2МПа до 0,6 МПа
Напруга живлення з частотою струму 50Гц ±1 Гц	220В ± 22В
Споживана потужність	не більше 2 кВт
Витрата технологічної води для охолодження	до 5 м ³ /год
Діапазон вимірювання кінематичної в'язкості	(0,5 – 100) мм ² /с
Діапазон вимірювання кінематичної в'язкості серійної моделі	(5 – 30) мм ² /с
Максимальне значення відносної похибки визначення кінематичної в'язкості	2,5 %
Похибка термостатування в діапазоні від 50°С до 100°С	±0,3 °С
Час підготовки АКВ-1 до роботи	90 хв.
Витрата нафтопродукту через АКВ-1	не більше 9 · 10 ⁻³ м ³ /год
Віддаль від місця встановлення технологічного комплексу до вторинного приладу	не більше 300 м
Температура оточуючого середовища	від 10 °С до 35 °С
Вологість оточуючого середовища при температурі 25 °С	не більше 80 %
Маса повного комплекту аналізатора	413 кг

1. Древецкий В.В., Цибульский Б.В., Яцук А.П., Ткачева Л.М. „Автоматическое измерение вязкости нефтепродуктов” – М.: ЦНИИТЭ нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, 1987. – 64 с. 2. Ольховский М.С., Харас И.Л., Галустова М.А. Лабораторный капиллярный вискозиметр // „Автоматизация и контрольно-измерительные приборы”. – М., ЦНИИТЭ нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, 1972 – С.14–18. 3. Древецкий В.В., Горечко А.С., Данченков Я.В., Яцук А.П. Влияние вязкости мазута на основные параметры факела мартеновских печей // Известия высших учебных заведений «Черная металлургия», № 3, 1985. – С.128 – 131. 4. Древецкий В.В., Горечко А.С., Яцук А.П. Использование информации о вязкости жидких топлив для повышения технико-экономических показателей теплотехнических установок // Сб. „Проблемы энергетики и тепло-

техники”, т.П. – М.:МЭУ, 1983. – С.14–18. 5. Древецкий В.В., Яцук А.П., Кос В.М., Вимірювання кінематичної в'язкості рідин зрівноваженим дросельним мостовим перетворювачем // Зб. „Вісник Львівського політехнічного інституту”, № 100. – Львів, 1976. – С.28-32. 6. А.с. 625149, М. кл. G01n11/08. Способ определения параметров жидкостей и газов. Древецкий В.В., Яцук А.П., Кос В.М. №2097253/18-35. Заяв. 14.01.75. Оpub. 25.09.78. – Бюл. №35. 7. А.С. 1709815, М. кл. G01n11/08. Устройство для измерения кинематической вязкости жидкостей. Горечко А.С., Яцук А.П., Древецкий В.В., Цибульський Б.В., Л.М. Ткачева. №4206733/25. Заяв. 09.03.87. Оpub. 01.10.91. – Бюл. №33. 8. Древецкий В.В., Яцук А.П., Горечко А.С., Кузьмин С.Т., Цибульский Б.В. Анализатор кинематической вязкости. – Ровно, Облполиграфиздат, 1988. – 4 с.