

УДК 665.637

## СИНТЕЗ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ДИСПЕРСНОСТІ ВОДНО-МАЗУТНИХ ЕМУЛЬСІЙ

Квасніков В. П. д.т.н., Осадчий В. В. аспірант

Національний авіаційний університет,

e-mail: kvp@nau.edu.ua

*Оцінено можливість створення та запропоновано структурну схему інформаційно-вимірювальної системи контролю процесу спалювання водно-мазутних емульсій через визначення оптимальної дисперсності, розглянуто конкретні технічні засоби, на основі яких може бути побудована дана система. Рис. 1, дж. 14.*

*The opportunity of creation is appreciated and the block diagram of the information measuring monitoring system of burning water-fuel oil emulsion process of through definition of optimum dispersity is offered, is considered concrete means on the basis of which the given system can be constructed. Fig. 1. source 14.*

### Постановка проблеми

Необхідними умовами для надійної роботи котельних агрегатів та печей є стійкість факелів пальників і відповідність їхніх теплообмінних параметрів оптимальним умовам теплообміну в топковому апараті. Повнота згорання палива значною мірою залежить від середньої дрібності та однорідності розпилення форсунками. Крім конструктивних характеристик самих форсунок, на дрібність розпилення впливає в'язкість та густина рідкого палива. Виходячи з цього, в технологічних процесах спалювання високов'язкого палива (мазуту) прийнято підігрівати останнє перед безпосередньою подачею його на форсунку [1, 2].

Будь-яке коливання вологості окремих порцій у паливі, що подається в топку, спричиняє відповідну одночасну зміну дійсної витрати горючої маси та коефіцієнта надлишку повітря, що неминуче порушує роботу топки через різке погіршення умов стабілізації процесу горіння, аж до повного зриву полум'я. З іншої сторони, збільшення обводненості мазуту при звичайному гніздовому нерівномірному розподілі в ньому води обов'язково спричиняє падіння ККД печі або котла. Навіть при спалюванні мазуту з кондиційним вмістом води (5%) середньоексплуатаційний коефіцієнт надлишку повітря виявляється вищим оптимального на 5,5 % і середньоексплуатаційний ККД теплоагрегату (котла, печі) падає на 0,5-1,1 %.

### Аналіз досліджень

Одним із напрямків досягнення ефективного використання обводнених рідких мазутів є спалювання їх за умови рівномірного розподілу води по всьому об'ємі, тобто у вигляді водно-мазутної емульсії (ВМЕ) [1, 3]. Дана технологія відома досить давно і використовується в наш час досить широко у різноманітних комбінаціях та застосуваннях (паливо-водяні, паливо-газові, паливо-водо-газові емульсійно-суспензійні структури) в двигунах внутрішнього згорання, газотурбінних двигунах, топкових агрегатах різноманітних підприємств. Окрім значного підвищення екологічного ефекту, використання водно-паливних емульсій виправдовує себе з економічної точки зору: збільшення ККД котла на кілька відсотків, внаслідок більш повного згорання палива та зменшення коефіцієнта надлишку повітря (за рахунок ефекту „мікрОВИбуху”

дрібнодисперсних крапель води в розпиленіх краплях мазуту), також відбувається економія палива до 12% [1].

Як і будь-яка інша, технологія спалювання водно-паливних емульсій в теплоагрегатах промислових підприємств не позбавлена своїх характерних проблем. Однією з найважливіших є визначення в'язкості емульсії як основного параметру, що впливає на ефективність розпилення і, відповідно, згорання палива. Як і в технології спалювання „сухого” обезводненого мазуту, потрібне значення в'язкості якого забезпечується підігрівом перед подачею на форсунки, при підготовці емульсії її теж підігрівають до потрібної температури. Але в даному випадку на в'язкість емульсії впливає ще й об'ємна частка фази води.

Згідно [1], в'язкість ВМЕ підкоряється рівнянню, що отримано дослідним шляхом:

$$v_{em} = v_n (1 + aW + bW_g), \quad (1)$$

де  $v_{em}$  та  $v_n$  - кінематична в'язкість відповідно емульсії і палива;  $W_g$  - концентрація дисперсної фази (води);  $a$ ,  $b$  - емпіричні коефіцієнти, які залежать від марки мазуту і способу приготування ВМЕ. В свою чергу, від марки та виду рідкого палива і способу приготування емульсії залежить її дисперсність та рівномірність розподілу дисперсної фази. Тобто коефіцієнти  $a$  та  $b$  повинні враховувати ці досить важливі фактори.

Зменшення розміру частинок дисперсної фази при її однаковій концентрації приводить до збільшення в'язкості системи, але до певного рівня (0,1 – 0,8 мкм [1]); нелінійність цього зв'язку підтверджується також його послабленням по мірі збільшення розміру частинок [4]. Тут же [4] встановлено, що при діаметрах частинок більше 100 мкм вплив їх розміру на в'язкість системи стає настільки малим, що ним можна знехтувати, а при розмірах порядку 10 мкм – вплив досить суттєвий. Чітких аналітичних залежностей оцінки цього впливу не знайдено.

Гомогенізована в кавітаторі з великої питомою енергією кавітації водно-мазутна емульсія має помітно меншу в'язкість ніж чистий мазут [5], але, в цьому випадку, надзвичайно малі частинки води не забезпечать потрібного ефекту „мікрровибуху”, саме завдяки якому здійснюється додаткове подрібнення крапель палива після їх розпилення у зоні горіння, і, як наслідок, досягнення найбільш ефективного згорання палива. Максимальний ефект від „мікрровибухів” для водно-мазутної емульсії досягається при середньому значенні діаметра дисперсних частинок води порядку 5-15 мкм (порядку 0,1 від діаметра краплі емульсії, розпиленої форсункою в топці) [1]. А в загальному випадку розмір дисперсних частинок води для ефективних „мікрровибухів” визначається комплексом теплофізичних параметрів дисперсного середовища такими, як в'язкість, поверхневий натяг та ін.

Отже, з точки зору явища „мікрровибуху” (і, відповідно, підвищення ефективності згорання палива) для кожної водно-паливної емульсії є таке оптимальне значення дисперсності, при якому досягається максимальний ефект процесу її спалювання, і яке досить суттєво впливає на в'язкість емульсії.

### Мета роботи

Завданням даного дослідження є вивчення можливості створення інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) для визначення оптимальної дисперсності водно-мазутної емульсії з метою забезпечення найбільш ефективного її спалювання.

До фізико-механічних параметрів ВМЕ, які актуальні для зазначеної ІВС, відносяться:

- температура ВМЕ, як основний параметр, що впливає на її в'язкість;

- кінематична в'язкість ВМЕ, що впливає на дрібність розпилення і форму факела;
- вологість ВМЕ, тобто об'ємне співвідношення води та палива в емульсії;
- дисперсність ВМЕ, від якої залежить ефективність процесу горіння.

В'язкість ВМЕ як один із основних параметрів, що впливають на ефективність роботи котельних агрегатів та печей, може характеризувати не тільки макроскопічні параметри потоку речовини, але й мікроскопічні особливості молекулярної структури емульсій на основі нафтопродуктів. В роботах [6, 7] показано, що виявлення внутрішньої структури емульсії через використання більшості структурно-чутливих методів, можливе лише в рідинах, що знаходяться у стані спокою. Вимірювання реологічних параметрів представляє можливість оцінки внутрішньої структури емульсії безпосередньо в потоках цих рідких середовищ. Таким чином, віскозиметр може бути використаний для аналізу не лише в'язкості а й дисперсності емульсій.

#### Результати досліджень

Для вирішення задачі автоматичного контролю фізико-механічних параметрів емульсій в потоці може бути використаний мостовий дросельний перетворювач (МДП) як вимірювальний перетворювач кінематичної в'язкості. Принцип дії МДП досить ґрунтовно описаний в роботах [8-12]. Оскільки в'язкість емульсії буде значно залежати від її температури, то в зоні вимірювання слід провести термостатування, щоб виключити вплив даного параметра.

Структурна схема ІВС, яка здійснює комплексну оцінку фізико-механічних параметрів ВМЕ та здійснює регулювання її дисперсності для підвищення ефективності спалювання зображено на рис.1.

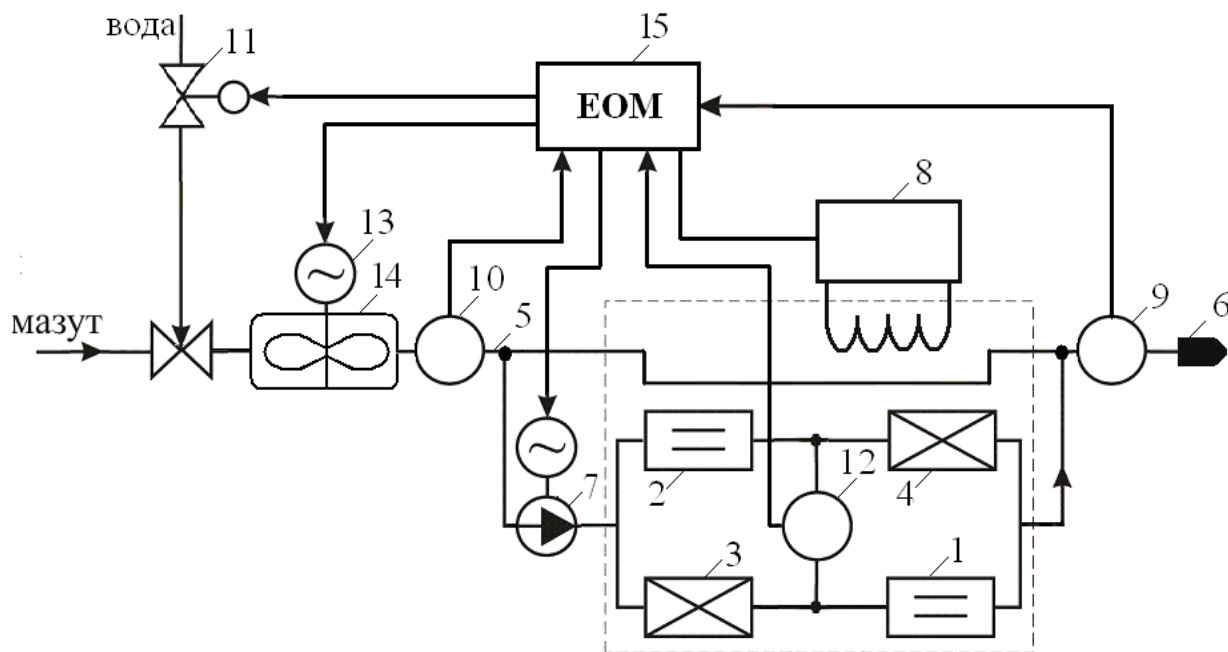


Рис.1. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи фізико-механічних параметрів ВМЕ: 1, 2 – ламінарні дроселі, 3, 4 – турбулентні дроселі, 5 – паливопровід, 6 – форсунка, 7 – шестирінчатий насос, 8 – нагрівник, 9 – давач температури, 10 – магістральний давач вологості мазута, 11 – регулюючий клапан, 12 – дифманометр, 13 – електропривод, 14 – роторний кавітатор, 15 – персональний комп'ютер.

Дана ІВС створена на базі мостового дросельного перетворювача, побудованого з двох ламінарних 1 та 2 (довгих капілярів) і двох турбулентних (діафрагм) дроселів 3 і 4, з'єднаних в мостову гідравлічну вимірювальну схему. Із паливопроводу 5, що подає ВМЕ на форсунки 6, здійснюється відбір емульсії до перетворювача для експрес аналізу її фізико-механічних властивостей. При відомому постійному значенні об'ємної витрати через МДП, що створюється насосом 7 в момент рівноваги моста можна визначити кінематичну в'язкість рідини.

Для підігріву і термостабілізації емульсії використовується нагрівник 8 і давач температури 9. Постійне значення співвідношення компонентів ВМЕ забезпечується контуром регулювання подачі води, до складу якого входить давач вологості мазуту 10 та регулюючий клапан 11.

При такій конфігурації системи вихідний сигнал дифманометра 12 дасть змогу судити про дисперсність ВМЕ. Опираючись на ці дані, можна керувати частотою обертання електродвигуна 13, що приводить в рух ротор кавітатора 14, і тим самим змінювати дисперсність водної фракції емульсії.

Експериментальне дослідження ефективності горіння дасть змогу знайти оптимальне значення дисперсності для процесу спалювання на конкретному об'єкті, і тим самим підвищити його економічні показники. Згідно з дослідженнями спалювання водно-мазутної емульсії в котлоагрегатах ТЕС описаними в [13, 14], ефективність без оптимізації по дисперсності водної фази емульсії проявляється у підвищенні ккд на 1,6 – 1,7% та економії 5-10% палива.

Обробка вимірювальної інформації в даній ІВС здійснюється персональним комп'ютером 15 зі спеціальним програмним забезпеченням. Сигнали про поточний стан системи з чутливих елементів поступають на спеціалізовану плату вводу/виводу PCI-1711 персонального комп'ютера. Відповідно до реалізованого програмно алгоритму та режиму роботи, відбувається обробка вхідних сигналів і визначення основних фізико-механічних параметрів ВМЕ. Вироблення певного сигналу керування по зміні в'язкості та дисперсності для оптимізації процесу спалювання відбувається автоматично, відповідно до отриманої інформації та режиму роботи системи.

При виборі технічних засобів ІВС варто скористатися, в основному, стандартними нормованими пристроями. Мостовий дросельний перетворювач, який є нестандартним елементом системи, працює при відносно невеликих витратах, тому для подачі рідини в діагональ живлення можна використати шестерінчастий насос НШ-3, який має лінійну статичну характеристику, що являється вирішальним при виборі насоса. Розрахунок геометричних розмірів ламінарних і турбулентних дроселів МДП для вибраного діапазону вимірювання кінематичної в'язкості і густини нафтопродуктів здійснюється з урахуванням технічних можливостей регулювання величини об'ємної витрати через перетворювач. Для приводу в рух насоса вибраний трифазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором типу АИРМ-63 потужністю 0,55 кВт. Електродвигун з'єднується з насосом з допомогою черв'ячного редуктора. Для плавної зміни витрати в широкому діапазоні з великим діапазоном регулювання вибраний частотний перетворювач фірми Schneider Electric модельного ряду Altivar 31. Вимірювання температури здійснюється за допомогою термопари типу ТХК, сигнал з якої поступає на вторинний вимірювальний перетворювач типу AD597. Для зняття значення перепаду тиску у вимірювальній діагоналі на дросельному перетворювачі вибраний дифманометр типу САФІР-22ДД з уніфікованим вихідним сигналом по струму 4-20 мА. Для визначення швидкості обертання електродвигуна вибраний оптичний енкодер типу ENA1J-L00100, який за допомогою гнучкої муфти з'єднаний з задньою частиною вала двигуна. Для вимірювання вологості мазуту можна використати магістральний давач ВМН виробництва фірми Інтрек [14].

Створена на даній елементній базі ІВС контролю фізико-механічних параметрів водно-мазутних емульсій дозволяє шляхом стабілізації процентного вмісту води в мазуті, а також за рахунок зміни енергії кавітації емульгатора, створити водно-мазутну емульсію із заданою дисперсністю і досягти високих техніко-економічних показників процесу спалювання.

### **Висновки**

Проведено аналіз літературних джерел та публікацій результатів експериментальних досліджень по темі.

Оцінено можливість створення ІВС для визначення оптимальної дисперсності водно-мазутної емульсії з метою забезпечення найбільш ефективного її спалювання.

Запропоновано структурну схему ІВС контролю процесу спалювання водно-мазутних емульсій та розглянуто конкретні технічні засоби на основі яких може бути побудована дана система.

### **Література**

1. Воликов А.Н. Сжигание газового и жидкого топлива в котлах малой мощности. – Л.: Недра, 1989. – 160 с.
2. Белосельский Б.С., Соляков В.К. Энергетическое топливо. – М.: Энергия, 1980. – 168 с.
3. Кривоногов Б.М. Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды. – Л.: Недра, 1986, – 280 с.
4. Тронов В.П. Промышленная подготовка нефти. – Казань: 2000. – 414 с.
5. <http://www.nwmtc.ac.ru> – Научный центр нелинейной волновой механики и технологии Российской академии наук.
6. Evdokimov I.N., Eliseev N.Yu., Akhmetov B.R. Initial stages of asphaltene aggregation in dilute crude oil solutions: studies of viscosity and NMR relaxation. Fuel. V.82. №7. 2003, P.817-823.
7. Evdokimov I.N., Eliseev D.Yu., Eliseev N.Yu. Rheological evidence of structural phase transitions in asphaltene-containing petroleum fluids. Journal of Petroleum Science and Engineering, V.30, 2001. – №3/4. – P.199-211.
8. Древецкий В.В., Яцук А.П., Кос В.М., Вимірювання кінематичної в'язкості рідин зрівноваженим дросельним мостовим перетворювачем // Зб. „Вісник Львівського політехнічного інституту”. – Львів. – 1976. – № 100. – С. 28-32.
9. Древецкий В.В., Горейко А.С., Яцук А.П. Использование информации о вязкости жидких топлив для повышения технико-экономических показателей теплотехнических установок // Проблемы энергетики и теплотехнологии: Сб.науч. тр. – М.: МЭИ, 1983. – С. 78-84.
10. 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.
11. Древецкий В.В., Яцук А.П., Горейко А.С., Кузьмин С.Т., Цибульский Б.В. Анализатор кинематической вязкости. – Ровно. Облполиграфиздат, 1988.
12. Древецкий В.В. Інформаційно-вимірювальна система кінематичної в'язкості нафтопродуктів // Методи та прилади контролю якості. – 2005. – №15. – С.116-119.
13. Преснов Г.В., Бублей П.В. и др. Использование экологически чистых кавитационных технологий на филиалах АО МОСЕНЕРГО. Экологический вестник Московского региона №2. 2001, – с. 45-50.
14. Булгаков А.Б., Преснов Г.В. и др. Улучшение свойств жидких топлив гидромеханической обработкой в кавитационном поле // Энергетик. – 2002. – №7. – С. 29-34.