

Древецький В. В., д.т.н., професор, **Клепач М. М.**, аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗАТОРА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Розглянуто інформаційні процеси в автоматичному аналізаторі якості дизельного палива, здійснено розробку його інформаційного забезпечення з використанням штучних нейронних мереж.

Ключові слова: дизельне паливо, в'язкість, густина, цетанове число, цетановий індекс, інформаційний процес, штучна нейронна мережа.

Рассмотрено информационные процессы в автоматическом анализаторе качества дизельного топлива, осуществлено разработку его информационного обеспечения с применением искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: дизельное топливо, вязкость, плотность, цетановое число, цетановый индекс, информационный процесс, искусственная нейронная сеть.

The information processes in the diesel fuel quality characteristics automatic analyzer are considered, its information software with artificial neural networks usage have been developed.

Keywords: diesel, viscosity, density, cetane number, cetane index, information process, artificial neural network.

Вступ

Важливими показниками якості дизельних палив є їх в'язкість та густина. Вони характеризують рівень випаровування, сумішоутворення та змашувальні властивості палива. Зміна в'язкості та густини дизельного палива призводить до зміни потужності двигуна, впливає на витрату палива та вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Основною ж характеристикою якості дизельного палива є його здатність до самозаймання при стисненні, що виражається умовним показником – цетановим числом (ЦЧ). Воно визначає характер згорання палива, жорсткість роботи дизельного двигуна в усталених режимах та легкість його запуску. При низьких ЦЧ підвищується жорсткість роботи двигунів, а при високих – знижується економічність та підвищується задимленість відпрацьованих газів. У зарубіжних країнах замість цетанового числа використовують цетановий індекс (ЦІ). Ця характеристика дизельного палива застосовується і для вітчизняного дизельного палива, в тому числі для того, яке експортується. Між цетановим числом і цетановим індексом існує зв'язок і, як встановлено в [1], різниця між ними повинна бути мінімальною, крім того, значен-

ня цих якісних показників по різному впливає на експлуатаційні властивості двигунів.

Аналіз досліджень і публікацій

Для визначення кінематичної в'язкості і густини нафтопродуктів розроблено автоматичний аналізатор якісних показників [2], в якому реалізовано неперервний автоматичний контроль цих показників, що реалізується в межах однієї проби, суміщених у часі та виконаних за однакових умов, таких як тиск, температура та склад нафтопродукту.

Стандартним методом визначення цетанового числа дизельного палива є моторний метод. Однак, через його складність і високу вартість все більшого поширення набувають розрахункові методи, які за точністю наближаються до моторних. Розрахунковий метод визначення ЦЧ ґрунтується на експериментальному визначенні густини і кінематичної в'язкості дизпалива при температурі 20°C та розрахунку цетанового числа за відомими формулами. Зокрема, для розрахунку ЦЧ можна використовувати залежність [1]

$$\text{ЦЧ} = (v_{20} + 17,87) \frac{1,5879}{\rho_{20}}, \quad (1)$$

де v_{20} – кінематична в'язкість в $\left[\frac{\text{мм}^2}{\text{с}} \right]$; ρ_{20} – густина в $\left[\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right]$ при температурі дизпалива 20° С.

Для розрахунку цетанового індексу палива також існують розрахункові формули, зокрема в [3] наведено формулу

$$\text{ЦІ} = 454,74 - 1641,416\rho + 774,74\rho^2 - 0,554t + 97,803(\lg t)^2, \quad (2)$$

де t – температура кипіння 50%-ної (за об'ємом) фракції; ρ – густина при температурі дизпалива 15° С. Причому в аналітичних виразах (1) і (2) для розрахунків використовуються виміряні значення густини і в'язкості дизельного палива.

Постановка задачі

Метою даної роботи є розробка інформаційного забезпечення автоматичного аналізатора якісних показників дизельного палива для розширення його функціональних можливостей та підвищення точності визначення ЦЧ і ЦІ на основі вимірних значень кінематичної в'язкості і густини палива з використанням для обробки даних технології штучних нейронних мереж.

Виклад основного матеріалу

Принцип роботи автоматичного аналізатора якісних показників дизельного палива базується на гідродинамічному методі фізико-механічного конт-

ролю якісних параметрів нафтопродуктів із використанням у ролі первинного перетворювача гідравлічної дросельної мостової схеми (ДМП), утвореної двома ламінарними та двома турбулентними дроселями [4]. Використання такого методу забезпечує надійну основу для достовірності та точності вимірювання кінематичної в'язкості і густини нафтопродуктів. Вони є вихідними для знаходження інших показників якості нафтопродуктів, таких як цетанове число та цетановий індекс дизельного палива.

Система автоматичного управління процесом вимірювання включає контур астатичного зрівноваження гідравлічної мостової схеми шляхом впливу на величину витрати нафтопродукту Q . Рівноважний стан моста визначається по перепаду тиску в його індикаторній діагоналі ΔP . Підсистема автоматичного керування температурним режимом забезпечує стабілізацію та програмне керування температурою T аналізованого продукту.

При досягненні рівноважного стану моста при заданій температурі в системі автоматичного контролю ДМП фіксується оперативна інформація та передається в систему первинної обробки даних (рис. 1).

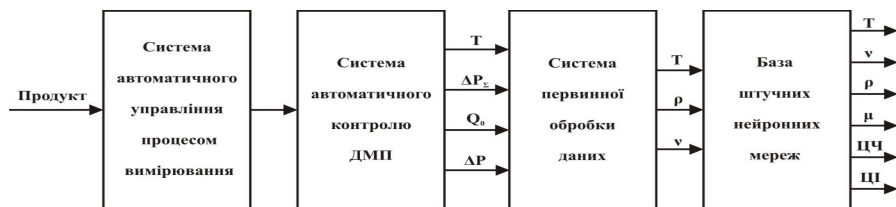


Рис. 1. Схема інформаційних процесів в автоматичному аналізаторі якості дизельного палива

За величинами витрати Q_0 та загального перепаду тиску ΔP_{Σ} , визначених в момент рівноваги мостової дросельної схеми, в системі первинної обробки даних проводиться розрахунок кінематичної в'язкості ν та густини нафтопродукту ρ за встановленими раніше аналітичними виразами [2].

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій та обчислювальних пристроїв дозволяє суттєво підвищити точність обробки експериментальних даних, у порівнянні з розрахованими за формулами (1) та (2), шляхом використання штучних нейронних мереж.

Для визначення цетанового числа та цетанового індексу дизельних палив на основі вимірюваних густини та кінематичної в'язкості в багатофункціональному автоматичному аналізаторі показників якості нафтопродуктів створено моделі штучних нейронних мереж в середовищі Neural Network Toolbox із використанням пакету прикладних програм Matlab. Нейронні мережі однонапрямлені двошарові (рис. 2). Перший (прихований) шар із 50 нейронів має

функцію активації $tansig(n) = \frac{2}{1 + e^{-2n}} - 1$, другий (вихідний) шар, представлений одним нейроном з лінійною функцією активації.

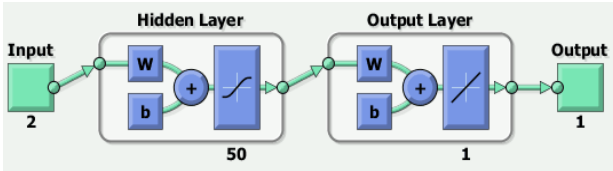


Рис. 2. Структура нейронної мережі

Для навчання мереж використано функцію `trainsg`, що модифікує ваги та зміщення мережі за методом градієнтного спуску Моллера. Показником ефективності функціонування мережі обрано середню квадратичну помилку.

В якості даних для навчання мереж служать матриці 2×19 вихідних даних із значеннями густини і кінематичної в'язкості дизельного палива при 40^0 C, та матриці цільових даних 1×19 із значеннями цетанового числа та цетанового індексу. Вибірку репрезентативних даних здійснено із масиву сертифікатів якості партій дизельного палива класу С виду І виробництва Мозирського НПЗ. В результаті навчання отримано масиви значень синаптичних ваг та величин зсуву, необхідних при реалізації мереж, а середню квадратичну помилку навчання зведено до $1,55 \cdot 10^{-29}$ за 105 епох.

Результати роботи моделей нейронних мереж при визначенні ЦЧ та ЦІ наведено на рис. 3 та рис. 4.

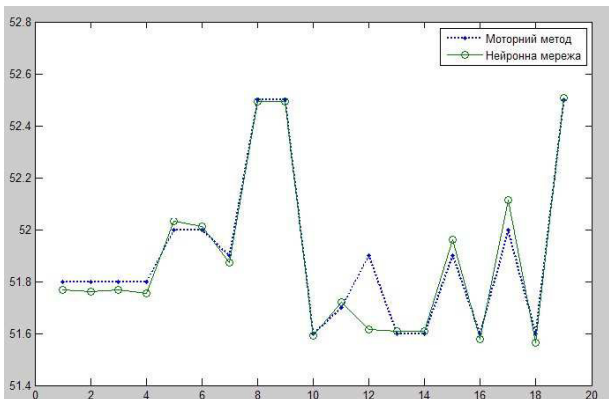


Рис. 3. Порівняння значень цетанового числа, визначеного за допомогою нейронної мережі та моторним методом

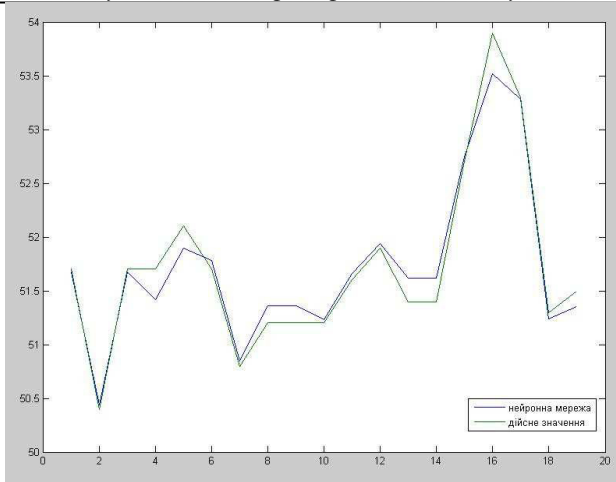


Рис. 4. Порівняння значень цетанового індексу, визначеного за допомогою нейронної мережі та паспортними даними

В автоматичному аналізаторі завдання штучних нейронних мереж полягає в знаходженні ЦЧ та ЦІ за попередньо розрахованими значеннями кінематичної в'язкості та густини. Для цього обчислюються значення виходів нейронів на основі відомих функцій активації, знайдених ваг W синаптичних зв'язків нейронів та величин зсуву b аргументів функцій активації програмно-апаратними засобами. Згідно умов використання автоматичного аналізатора, вимог до технологічного процесу а також наявності вищих рівнів автоматизації обирається оптимальна структура комплексу технічних засобів аналізатора. В залежності від обраної конфігурації база нейронних мереж реалізується в програмованих логічних контролерах, графічних панелях оператора, промислових комп'ютерах чи ПЕОМ автоматизованих робочих місць оператора. Однак, незалежно від вибору апаратної частини автоматичного аналізатора, реалізація побудованих моделей нейронних мереж програмним способом здійснюється за наступним алгоритмом:

- зчитування параметрів моделей (ваг та зсувів нейронів мережі) закладених в базу даних, отриману в результаті навчання або донавчання мережі;
- обчислення добутків вхідних сигналів (розрахованої кінематичної в'язкості та густини) і ваг нейронів першого шару;
- обчислення суми вищезазначених добутків і зсувів;
- розрахунок вихідних сигналів нейронів першого шару за формулою

$$y = \frac{2}{1 + e^{-2n}} - 1;$$

- обчислення добутків ваг на вхідні сигнали нейронів вихідного шару;

- обчислення суми добутків та зсуву;
- розрахунок вихідного сигналу (ЦЧ або ЦІ) нейрона вихідного шару за лінійною функцією активації.

Середовище моделювання та програмне забезпечення апаратних засобів використовують однотипні масиви даних, що забезпечує максимальну зручність при перенавчанні і донавчанні мереж чи їх модифікації.

Таким чином, включення до складу автоматичного аналізатора бази штучних нейронних мереж розширює його функціональні можливості без значних додаткових затрат на вдосконалення його апаратної частини при автономній роботі. У разі включення аналізатора в системи автоматизації різних типів технологічних процесів можливе використання вже існуючих апаратних засобів для реалізації бази штучних нейронних мереж.

Висновки

Використання штучних нейронних мереж та сучасних програмно-технічних засобів значно розширюють функціональні можливості автоматичного аналізатора якості дизельних палив завдяки ефективності та гнучкості його інформаційного забезпечення. Розроблене інформаційне забезпечення дозволяє легко адаптувати його до різних способів та технологій виробництва дизельного палива, в тому числі із біологічної сировини, без зміни апаратних засобів. При цьому забезпечується неперервний автоматичний контроль основних показників якості палива, що реалізується в межах однієї проби, суміщений у часі і виконаний за однакових умов. Завдяки цьому досягається оперативність, підвищення точності та достовірності отриманих результатів вимірювання. Поєднання в автоматизованому аналізаторі класичних методів вимірювання, сучасних засобів автоматизації та новітніх інформаційних технологій обробки первинної інформації дозволяє створювати інтелектуальні вимірювальні системи нового покоління та включати їх до складу систем автоматизації технологічних процесів виробництва дизельних палив.

1. Бойченко С. В. Моторные топлива и масла для современной техники / С. В. Бойченко, С. В. Иванов, В. Г. Бурлака. – Киев : НАУ, 2005. – 216 с.
2. Древецький В. В. Багатофункціональний автоматичний аналізатор показників якості нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач, С. П. Воробюк // Вісник Інженерної академії України: Теоретичний і науково-практичний журнал. – Київ, 2010. – Вип. 2. – С. 208-212.
3. ГОСТ 27768-88. Топливо дизельное. Определение цетанового индекса расчетным методом. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1988. – 7 с.
4. Древецький В. В. Вимірювання в'язкісно-температурних характеристик параметрів нафтопродуктів // Вісник Інженерної академії України. – 2007. – №1 – С. 35-38.

Рецензент: к.т.н., проф. Баховець Б.О. (НУВГП)