

*В.В. Древецький, д.т.н., проф., М.М. Клепач, аспірант
(Національний університет водного господарства та природокористування, Україна)
Т.М. Пирог, аспірантка (Національний авіаційний університет, Україна)*

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗАТОРА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВ

Розглянуто метод визначення цетанового числа дизельних палив на основі його фізико-хімічних параметрів із використанням штучних нейронних мереж.

Важливою якісною характеристикою дизельних палив є його здатність до самозаймання при стисненні. Ця здатність виражається в умовних одиницях цетанового числа (ЦЧ), що чисельно рівне процентному (за об'ємом) вмісту цетану (н-гексадекану) в суміші з альфаметилфталейном. Якщо дизпаливо характеризується такою ж займистістю, що і модельна суміш цих двох вуглеводнів, то цетанове число такого палива приймають рівним процентній частці цетану у даній суміші. Чим воно більше, тим легша займистість суміші при стисненні. При низьких ЦЧ підвищується жорсткість роботи двигунів, а при високих - знижується економічність та підвищується задимленість відпрацьованих газів.

Згідно [1] найбільш точним при визначенні ЦЧ є моторний метод, який виконується по [2]. Випробування проводяться на стандартному одноциліндровому чотиритактному форкамерному двигуні зі змінною величиною стиснення. Такі дослідження є дуже трудомісткими, вимагають багато часу і великої кількості матеріалів для досліджень. При тому, вони є досить затратними через високу вартість, як самого устаткування та його обслуговування, так і через вартість еталонних сумішей.

Крім цього, існує також лабораторний метод визначення ЦЧ, який по точності наближається до моторного. Він ґрунтується на експериментальному визначенні густини і кінематичної в'язкості продукту при температурі 20°C та розрахунку цетанового числа за відомими формулами.

Зокрема, для розрахунку ЦЧ використовують залежність [3]:

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

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

Метою роботи є підвищення точності визначення ЦЧ дизельних палив на основі вимірних значень їх кінематичної в'язкості і густини та використання штучних нейронних мереж.

З метою оцінки ефективності використання розрахункових методів визначення ЦЧ на основі значень в'язкості і густини дизельних палив, нами здійснено вибірку з масиву сертифікатів якості партій дизельного палива класу С виду І виробництва Мозирського НПЗ. На основі цих даних проведено кореляційний аналіз взаємозв'язку фізико-хімічних параметрів дизпалива з цетановим числом. В результаті аналізу отримано коефіцієнти кореляції Пірсона між густиною та цетановим числом, що рівний $R_{\text{ЦЧ},\rho} = -0,299$, та кінематичною в'язкістю та цетановим числом, $R_{\text{ЦЧ},\nu} = 0,606$. Отже між вказаними вище фізико-хімічними параметрами і цетановим числом дизельного палива існують суттєві взаємозв'язки.

На рис.1 приведено порівняння результатів визначення ЦЧ розрахунково, та дійсних значень, визначених моторним методом згідно сертифікатів.

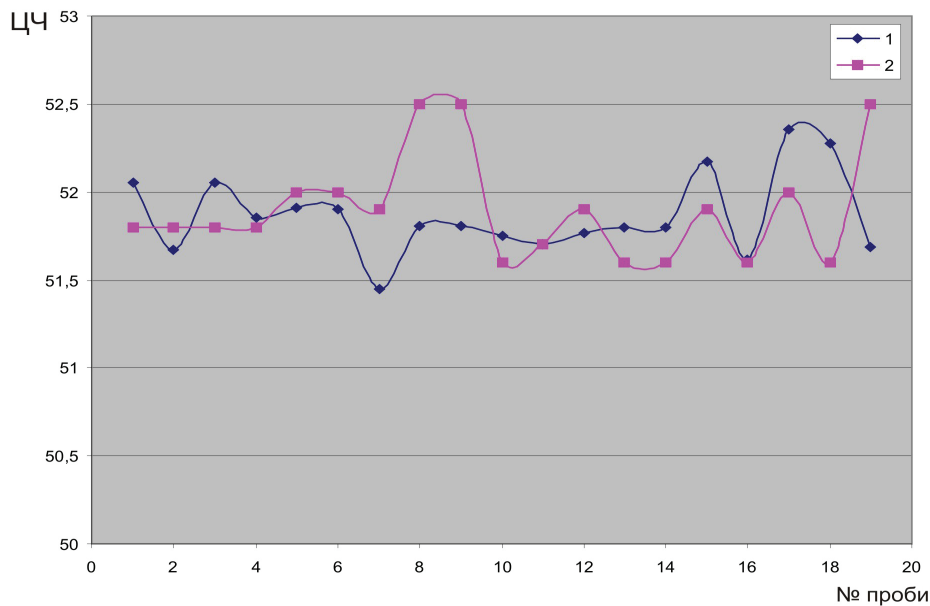


Рис.1 Порівняльна характеристика ЦЧ розрахованого за формулою (2) та виміряного моторним методом. 1 – ЦЧ розраховане за формулою (2); 2 – ЦЧ згідно сертифікату.

Як видно з рис.1, розрахунковий метод характеризується невисокою точністю. Розробка автоматизованих систем високої точності потребує раціонального поєднання традиційних методів вимірювання та інформаційних компонентів [4]. Інформаційні компоненти відображають зв'язки між характерними параметрами моделі, які представляються у формі нейронних мереж, реалізованих у вигляді комп'ютерних програм із самонавчанням. Структури штучних нейронних мереж дозволяють суттєво підвищити ефективність обробки вхідної інформації, отриманої в процесі роботи автоматизованої системи контролю якості дизельних палив.

Для обчислення цетанового числа дизельних палив на основі виміряних густини та кінематичної в'язкості в багатофункціональному автоматичному аналізаторі показників якості нафтопродуктів створена штучна нейронна мережа в Neural Network Toolbox з використанням пакету прикладних програм Matlab [5].

Нейронна мережа однонапрямлена двошарова (рис. 2): перший (прихований) шар з 50 нейронів має функцію активації $tansig(n) = \frac{2}{1 + e^{-2n}} - 1$, другий (вихідний) шар, представлений одним нейроном і має лінійну функцію активації. Входом мережі є матриця-стовпець з 2 параметрів: густини та кінематичної в'язкості, виражених відповідно в кг/м^3 та сСт . Вихід мережі – значення цетанового числа.

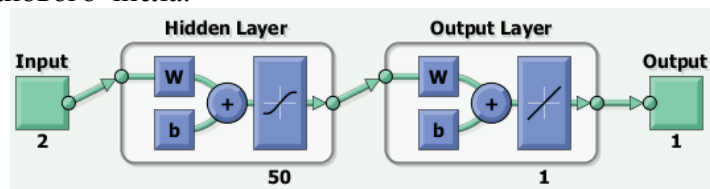


Рис. 2. Структура нейронної мережі

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

Параметри навчання мережі обрані такі:

- максимальна кількість епох навчання – 1000;
- цільова ефективність функціонування – 0;
- мінімальний градієнт ефективності функціонування – 10^{-90} ;
- максимальна кількість раз підвищення ефективності функціонування з моменту останнього зменшення – 100;

- зміна ваги для наближення другої похідної $\lambda=5 \cdot 10^{-5}$;
- параметр регуляризації $5 \cdot 10^{-7}$.

В якості вихідних даних для навчання мережі взята матриця 2×19 із значеннями густини і кінематичної в'язкості при 40°C , а цільових даних – матриця 1×19 значень цетанового числа, визначеного моторним методом (див. Табл. 1).

В результаті навчання середню квадратичну помилку навчання мережі зведено до $1,55 \cdot 10^{-29}$ за 105 епох (рис. 3).

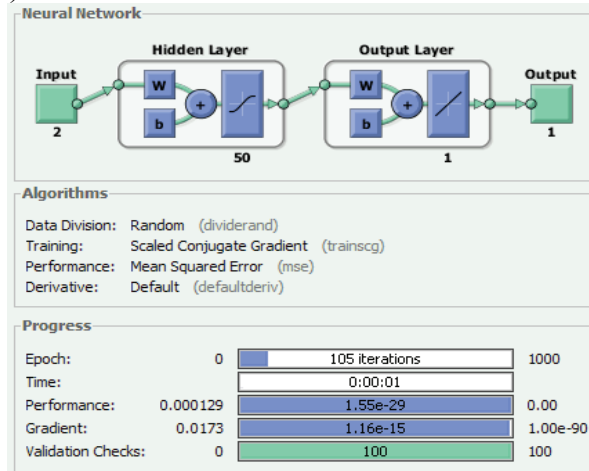


Рис. 3. Досягнуті в процесі навчання показники

Після виконання процедури навчання нейронна мережа з достатньо високою точністю визначає цетанове число за густиною та кінематичною в'язкістю дизельного палива, виміряних при температурі 40°C (рис. 3).

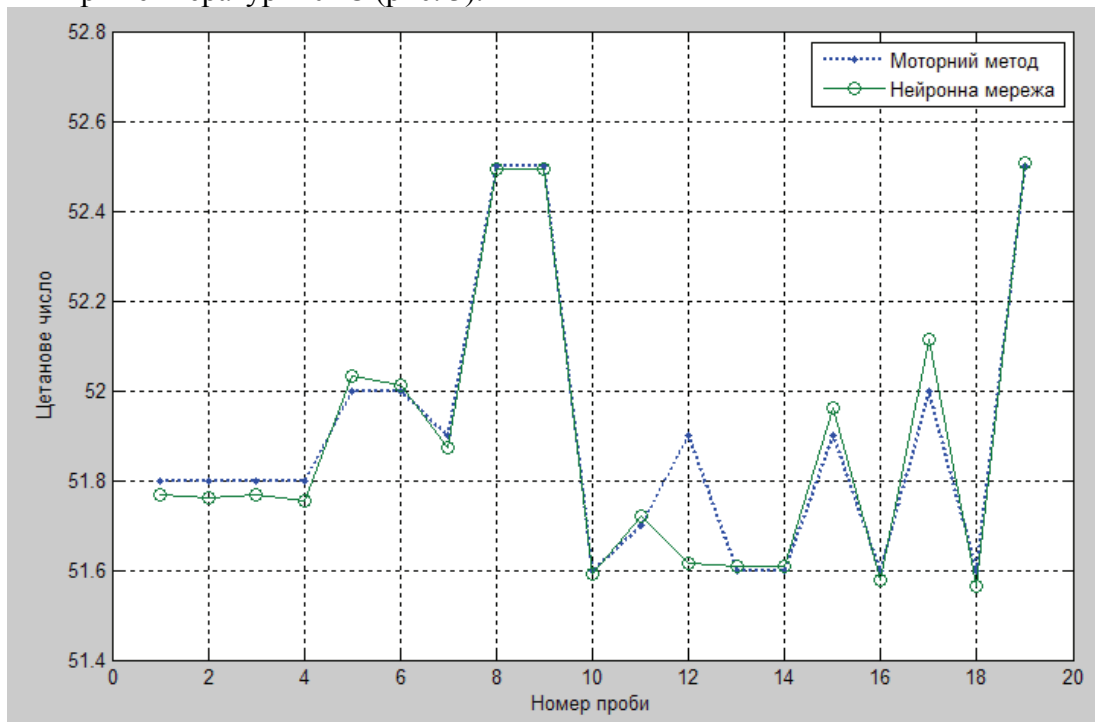


Рис. 3. Порівняння значень цетанового числа, визначених за допомогою нейронної мережі та моторним методом

Проведене порівняння результатів розрахунків ЦЧ дизельних палив по відомій залежності (2) і з використанням нейронних мереж (табл.2) показує, що використання останніх дозволяє досягти відносної похибки визначення ЦЧ не більше 2%

Таблиця 2.

Порівняльний аналіз методів вимірювання ЦЧ

Номер проби	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЦЧ (моторний метод)	51,8	51,8	51,8	51,8	52	52	51,9	52,5	52,5
Розраховане ЦЧ	52,06	51,67	52,06	51,86	51,91	51,90	51,45	51,81	51,81
ЦЧ з використанням нейронної мережі	51,77	51,76	51,77	51,75	52,03	52,01	51,87	52,49	52,49

Таблиця 2. продовження

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Похибка	
51,6	51,7	51,9	51,6	51,6	51,9	51,6	52	51,6	52,5	Δ_{\max}	σ , %
51,75	51,70	51,77	51,80	51,80	52,17	51,62	52,36	52,27	51,69	0,81	8,78%
51,59	51,72	51,61	51,61	51,61	51,96	51,58	52,11	51,56	52,51	0,29	1,74%

Реалізація розробленої моделі нейронної мережі в управляючому програмованому логічному контролері автоматичного аналізатора кінематичної в'язкості та густини нафтопродуктів [5] дозволяє здійснювати неперервне вимірювання цетанового числа дизельних палив в процесах його виробництва.

Використання запропонованого інформаційного забезпечення в автоматичному аналізаторі для неперервного контролю ЦЧ підвищує достовірність отриманих результатів, а здатність штучних нейронних мереж до перенавчання робить його універсальним і дозволяє пристосувати до різних виробництв та видів дизельного палива.

Висновки

В результаті проведених досліджень показано, що за умови використання нейронних мереж при обробці результатів вимірювань можна з високою точністю визначити цетанове число дизельних палив за значенням їх кінематичної в'язкості та густини, забезпечити адаптацію вимірювальної системи до різних видів моторних палив в тому числі і біологічних.

Список літератури

- ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия.- Москва. -ИПК Издательство стандартов.-2003.-10с.
- ГОСТ 52709-2007. Топлива дизельные. Определение цетанового числа. – Москва. – Стандартинформ. – 2007.-28с.
- Бойченко С. В. Моторные топлива и масла для современной техники / С. В. Бойченко, С. В. Иванов, В.Г. Бурлака. – Киев.: НАУ, 2005.-216 с.
- Квасников В. П. Методика построения и обучения однослойных нейронных сетей в пакетах LabVIEW. В. П. Квасников, Н. А. Снисарь, В. Ю. Ларин / Вісник Інженерної академії України: Теоретичний і науково-практичний журнал.- Київ, 2008.-Вип.2.-С.95-102.
- Neural Network Toolbox. [Електронний ресурс] / [режим доступу] <http://www.mathworks.com/help/toolbox/nnet/>