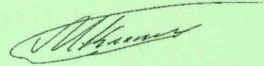


004.8 (043)  
К 48

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАФТИ І ГАЗУ

**Клепач Марко Миколайович**



УДК 681.2.08:532.133:532.14

**МЕТОД ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ  
НАФТОПРОДУКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ**

05.11.13-прилади і методи контролю та визначення складу речовин

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ - 2015



Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету водного господарства та природокористування

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Древецький Володимир Володимирович**,  
завідувач кафедри автоматизації, електротехнічних та  
комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного  
університету водного господарства та  
природокористування

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Порєв Володимир Андрійович**,  
завідувач кафедри наукових, аналітичних і екологічних  
приладів та систем Національного технічного  
університету України «Київський політехнічний  
інститут»

доктор технічних наук, професор  
**Теплюх Зеновій Миколайович**,  
професор кафедри автоматизації теплових та хімічних  
процесів Національного університету «Львівська  
політехніка»

Захист відбудеться «02» жовтня 2015 р. о 14.00 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 бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий «01» вересня 2015 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
Д 20.052.03,  
д.т.н., професор

А. П. Олійник



an2540

## АГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Однією із основних вимог сучасного виробництва продуктів нафтопереробної галузі є оперативний та достовірний контроль якості продукції. В'язкість та густина – основні параметри, що характеризують склад та структуру нафтопродуктів. Цетанове число (ЦЧ) та цетановий індекс (ЦІ) дизельних палив, октанове число (ОЧ) бензинів є важливими для практичного використання показниками якості, що характеризують їх здатність до самозаймання при стисненні.

Зазвичай, аналіз якості виробленої продукції на НПЗ є дорогорартісним та довготривалим процесом. Існуючі методи вимірювального контролю не забезпечують комплексного визначення параметрів, а пристрої побудовані на основі цих методів не дають можливості їх інтеграції у вимірювально-інформаційні системи для відображення і збереження параметрів протікання технологічного процесу виробництва й реалізації нафтопродуктів з метою оперативного втручання в технологічний процес для підвищення якості продукції.

Вимірювання в'язкості та густини нафтопродуктів є трудомістким вимірювальним процесом, особливо складно визначати ці параметри на потоці при контролі нафтопродуктів під час їхнього виробництва, транспортування та використання. Це підтверджується результатами досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених: С.В. Бойченко, Г.В. Віноградова, В.В. Древецького, Л.А. Залманзона, І.С. Кісіля, М.В. Кулакова, Є.П. Пістуна, В.В. Синіцина, З.М. Теплюха, Є. В. Юрчевського, Y.S. Smith, K.A. Woodle та інших.

Тому розроблення нових методів і технічних засобів для комплексного визначення якісних показників нафтопродуктів і синтез системи вимірювального контролю на їх основі є важливим науковим завданням, вирішення якого забезпечить оперативне отримання достовірної інформації про якість нафтопродуктів на усіх стадіях технологічного процесу, архівацію даних та корекцію параметрів протікання технологічного процесу для покращення якості готової продукції.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до Закону України № 3715V-I від 08.02.2011 р. «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» і спрямована на створення та розвиток інформаційних технологій контролю й управління промисловими об'єктами, а також за науково-дослідними темами кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій НУВГП: «Розробка та дослідження методів і систем контролю фізико-механічних параметрів рідин та газів» (№ державної реєстрації 0112U002523) й «Розробка та дослідження елементів і систем автоматизації та їх моделювання» (№ державної реєстрації 0110U000823), в яких автор брав участь як відповідальний виконавець.

**Мета і завдання дослідження** полягають у розробці методу та технічних засобів визначення октанового числа бензинів, цетанового числа та індексу дизельних палив на основі вимірюваних значень їх кінематичної в'язкості і густини на потоці продукту.

Для досягнення поставленої мети необхідно **вирішити такі завдання:**

- проаналізувати існуючі методи та технічні засоби для визначення октанового числа бензинів, цетанового числа та індексу дизпалив;
- оптимізувати структуру, побудувати та перевірити ефективність роботи моделей штучних нейронних мереж (ШНМ) для визначення октанового числа на основі густини бензину та цетанового числа і цетанового індексу на основі в'язкості та густини дизпалива;
- вдосконалити конструкцію дросельного мостового перетворювача (ДМП) для автоматичного контролю густини і в'язкості нафтопродуктів та експериментально визначити його статичні та динамічні характеристики шляхом моделювання в реальному часі;
- розробити структурну схему та дослідити математичну модель системи вимірювального контролю якісних показників нафтопродуктів;
- побудувати та оптимізувати алгоритми програмної емуляції роботи штучних нейронних мереж;
- провести комп'ютерне моделювання та оптимізацію підсистеми автоматичного зрівноваження мостової гідродинамічної схеми з аналоговим та цифровим регуляторами;
- розробити прикладне програмне забезпечення реалізації нейромережевих алгоритмів на ПК;
- розробити спеціалізоване програмне забезпечення дослідного зразка автоматичної системи вимірювального контролю та провести її промислове впровадження.

**Об'єктом дослідження** є процеси гідродинамічної взаємодії нафтопродуктів з дросельними елементами та перетворення параметрів інформаційних сигналів вимірювальних приладів і систем.

**Предметом дослідження** є гідродинамічні вимірювальні прилади і системи для визначення кінематичної та динамічної в'язкості, густини, октанового і цетанового числа та індексу автомобільних палив на основі дросельних мостових перетворювачів.

**Методи дослідження.** Методи та положення теоретичної гідродинаміки використано для вдосконалення конструкції первинного перетворювача неруйнівного контролю густини та в'язкості нафтопродукту. Методи математичної статистики та теорії імовірності використано для дослідження взаємозв'язків між фізико-механічними і якісними характеристиками нафтопродуктів. Методи математичного та імітаційного моделювання використано для побудови моделей нейронних мереж та дослідження динамічних властивостей цифрової системи вимірювального контролю. Загальні положення теорії автоматичного керування використано при розробці підсистем автоматизованої системи вимірювального контролю якісних показників нафтопродуктів для стабілізації температури досліджуваного продукту та оперативного управління режимом вимірювання.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в розробці та обґрунтуванні нових методів та технічних засобів визначення октанового числа бензинів,

цетанового числа та індексу дизельних палив на основі їх густини та в'язкості визначених гідродинамічним методом. При цьому отримано наступні результати:

– вперше визначено залежності між октановим числом та густиною бензину, цетановим числом та індексом дизпалива і його густиною й в'язкістю із використанням нейромережкових технологій;

– вперше розроблено моделі та оптимізовано алгоритми реалізації штучних нейронних мереж для визначення цетанового числа та цетанового індексу дизельних палив, октанового числа бензинів на основі вимірних їх в'язкості та густини.

– вперше синтезовано автоматизовану систему вимірювального контролю якісних показників нафтопродуктів з цифровим управлінням процесом вимірювання;

– набули подальшого розвитку методи математичного моделювання в реальному часі для експериментального визначення статичних та динамічних характеристик дросельних мостових перетворювачів.

#### **Практичне значення одержаних результатів:**

- розроблено автоматизовану систему вимірювального контролю для суміщеного в часі експрес-аналізу фізико-механічних параметрів, октанового числа, цетанового числа та індексу автомобільних палив на потоці;
- розроблено алгоритми реалізації і програмно-математичне забезпечення для експрес-визначення октанового числа бензинів і цетанового числа та індексу дизельних палив на основі попередньо визначених в'язкості та густини засобами ПК;
- розроблено програмно-математичне забезпечення для інтеграції системи вимірювального контролю до складу системи автоматизації з метою оперативного управління технологічним процесом;
- створено дослідний зразок автоматизованої системи вимірювального контролю для подальшого промислового впровадження.

Отримані результати теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних автором, знайшли практичне застосування у ТОВ ПП «Еконія» (м. Черкаси) для експрес-аналізу якості паливно-мастильних матеріалів при обслуговуванні автомобільного парку та обладнання підприємства (акт від 24.10.2013 р.), ТзОВ «Автогазсервіс» (с. Степанки Черкаської області) для контролю якості нафтопродуктів при їх транспортуванні та складському зберіганні (акт від 06.03.2013 р.), навчальному процесі Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне) на кафедрі автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій при проведенні лабораторних, практичних, дипломних та науково-дослідних робіт студентів (акт від 18.10.2013 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Усі наукові результати, які викладені в дисертації та представлені до захисту, отримано автором особисто. З наукових праць, які опубліковані у співавторстві, в дисертації використано лише ті ідеї та положення, що є результатом роботи здобувача і складають його індивідуальний внесок, а саме: побудова та дослідження моделі системи керування процесом вимірювання [1]; розробка блок-схеми алгоритму функціонування автоматичного аналізатора фізико-

механічних параметрів нафтопродуктів [2]; мнемосхеми автоматизованого робочого місця оператора [3]; дослідження статичних та динамічних характеристик дросельних мостових схем [4]; розроблення, дослідження і реалізація бази ШНМ для визначення цетанового числа та індексу дизпалив [5, 6] октанового числа бензинів [7]; використання ШНМ у складі інтелектуальної системи визначення якості нафтопродуктів відповідно до структурної схеми наведеної у [8]; застосування системи автоматичного регулювання температури [9].

**Апробація результатів дисертації роботи.** Результати роботи та основні наукові положення доповідались на 18 міжнародних науково-технічних конференціях та конгресах, серед яких: II і III Науково-практичні конференції «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання» (м. Івано-Франківськ 2009, 2011 рр.); II, III, IV, V, VI і VII Міжнародні науково-практичні конференції «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси» (м. Київ 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 рр.); Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технологічними комплексами» (м. Київ 2009 р.); П'ята науково-практична конференція з міжнародною участю «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2010» (м. Київ 2010 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія» (м. Вінниця 2010 р.); IV та V Всесвітні конгреси авіації «Aviation in XXI-st century» (м. Київ 2010, 2012 рр.); I Науково-практична конференція студентів і молодих науковців «Вимірювальна техніка, інформаційно-вимірювальні системи, метрологія стандартизація, сертифікація та менеджмент якості – стан, досягнення і перспективи розвитку в Україні» (м. Одеса 2010 р.); XX і XXI Міжнародні науково-технічні конференції «АВІА 2011», «АВІА-2013» (м. Київ 2011, 2013 рр.); Всеукраїнська конференція «Сучасні проблеми математичного моделювання та обчислювальних методів» (м. Рівне 2013 р.); I Міжнародна науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів «АКІТ-2014» (м. Київ 2014 р.)

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 31 науковій праці, з яких 8 – у фахових науково-технічних виданнях України; 2 статті у виданнях іноземних держав, одна з яких індексована у міжнародній наукометричній базі даних; 19 в матеріалах конференцій. Отримано 2 патенти на корисну модель.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів з висновками, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 113 сторінок друкованого тексту і містить 58 рисунків, 7 таблиць, список використаних літературних джерел з 135 найменувань та 6 додатків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання наукового дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів роботи, зв'язок з науковими програмами та планами

НДР, визначено особистий внесок здобувача в опублікованих роботах, представлено інформацію щодо апробації результатів дисертації, наведено результати реалізації та впровадження основних положень роботи.

У **першому розділі** проведено аналітичний огляд літературних джерел по методах контролю якісних показників (цетанового числа, цетанового індексу, октанового числа, густини, в'язкості) нафтопродуктів та виконано порівняльний аналіз технічних засобів контролю показників якості, що базуються на цих методах.

З'ясовано, що сучасні лабораторні методи визначення якісних показників нафтопродуктів є трудомісткими, довготривалими та дорогими. Вони не є комплексними та не забезпечують можливості оперативного корегування технологічних процесів. Тому виникає потреба у розробленні ефективних експрес-методів оцінки якості нафтопродуктів на потоці у реальному часі.

Встановлено, що сучасні засоби визначення якісних показників нафтопродуктів не передбачають комплексного вимірювання цих параметрів на потоці і, у більшості випадків, не оснащуються виходами з уніфікованими сигналами та промисловими інтерфейсами передачі даних, що ускладнює їх інтеграцію в існуючі АСУ ТП.

За результатами порівняльного аналізу методів та пристроїв контролю в'язкості і густини нафтопродуктів встановлено, що найбільш придатним щодо точності та комплексності вимірювання цих параметрів на потоці і використання у складі автоматизованих систем вимірювального контролю є гідродинамічний метод на основі дросельних мостових перетворювачів.

Показано, що при зрівноваженні мостової схеми зміною витрати продукту кінематичну в'язкість нафтопродукту  $\nu$  можна розрахувати за формулою

$$\nu = k_\nu Q,$$

де  $Q$  – витрата продукту;  $k_\nu$  – конструктивний параметр дроселів.

При цьому за величиною загального перепаду тиску на мостовій схемі  $\Delta P_\Sigma$  можна визначити густину продукту  $\rho$

$$\rho = k_\rho \Delta P_\Sigma / Q^2,$$

де  $k_\rho$  – коефіцієнт пропорційності.

Вияснено, що існуючі методи визначення якісних показників нафтопродуктів (октанове число бензинів, цетанове число та цетановий індекс дизпалив) на основі їх фізико-механічних параметрів (густина, кінематична та динамічна в'язкість) не забезпечують достатньої точності, а використання присадок у сучасних виробництвах та неможливість пристосування їх до різних видів сировини та умов перебігу технологічного процесу роблять ці методи не придатні для експрес-оцінки якості отриманого нафтопродукту. Отже, існує необхідність у розробці нових методів та засобів для визначення якості нафтопродуктів на основі нових інформаційних технологій, зокрема технологій штучних нейронних мереж.

У **другому розділі** представлено результати дослідження по встановленню взаємозв'язку цетанового числа та цетанового індексу дизельних палив з їх кінематичною в'язкістю і густиною, а також октановим числом та густиною автомобільних бензинів з використанням технологій штучних нейронних мереж. Шляхом комп'ютерного моделювання встановлено, що оптимальними за

структурою для цієї задачі будуть однонапрямлені або каскадні ШНМ прямого розповсюдження без елементів затримок та зворотних зв'язків. Оскільки складність та характер взаємозв'язків між входними параметрами невідомий, кількість шарів, нейронів у шарах та їх функції активації визначалися експериментально, шляхом дослідження моделей. При цьому було створено три набори штучних нейромереж типу Feed-Forward (FF) та Cascade-Forward (CF) з одним та двома прихованими шарами, різними функціями активації нейронів та їх кількістю у шарах. Для навчання та тестування створених моделей штучних нейронних мереж було здійснено вибірки даних на основі сертифікатів лабораторних досліджень дизельних палив сорту F виду II а також автомобільних бензинів марок А80, А92, А95 та А95 підвищеної якості. Характеристики вибірок наведено у табл. 1.

Таблиця 1  
Характеристики вибірок для навчання та перевірки моделей ШНМ

№	Дані		Кількість точок		Нафтопродукт
	Вхідні	Цілеві	Навчання	Тестування	
1	Густина	Октанове число	150	84	Бензин А80, А92, А95, Premium А95
2	Густина, кінематична в'язкість	Цетанове число	29	16	Дизпаливо, сорт F, вид II
3	Густина, кінематична в'язкість	Цетановий індекс	29	16	Дизпаливо, сорт F, вид II

Після проведення процесу навчання було здійснено порівняльний аналіз ефективності функціонування моделей штучних нейронних мереж із використанням тестової вибірки даних, яка не використовувалась при тренуванні.

Основними критеріями ефективності структури ШНМ для реалізації були середньоквадратична похибка та середня абсолютна похибка при порівнянні значень цетанового числа дизельних палив, отриманих шляхом відпрацювання нейромережевого алгоритму при подачі на вхід вектора значень густини та кінематичної в'язкості дизпалива із паспортними значеннями ЦЧ та ЦІ відповідного палива. Аналогічним чином було знайдено ефективну структуру нейромережі для визначення октанового числа бензину при подачі на вхід створених моделей ШНМ значень густини та порівняння отриманих результатів з даними лабораторних тестів.

При дослідженні точності роботи із 67-и моделей для визначення цетанового числа найкращим досягненням був результат з середньоквадратичною похибкою 0,2 та середньою абсолютною похибкою 0,38 одиниць. Структура цієї CF, трьохшарової мережі з передаточними функціями  $\text{logsig-tansig-logsig}$  та з 7 і 8 нейронами у прихованих шарах нейронної мережі зображена на рис. 1.

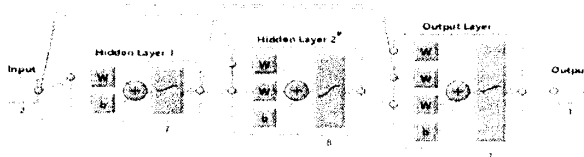


Рис. 1. Структура ШНМ для визначення ЦЧ дизпалива



Розрахунок значення ЦЧ на основі в'язкості і густини здійснювані цією нейромережею математично можна записати як:

$$\text{ЦЧ} = f\left(w_1^{31} \cdot f(\rho) + w_2^{31} \cdot f(v) + \sum_{n=1}^7 (a_n^1 \cdot w_n^{32}) + \sum_{k=1}^8 (a_k^2 \cdot w_k^{33}) + b^3\right), \quad (1)$$

де  $f(\rho), f(v)$  – приведені сигнали відповідно густини та в'язкості;  $f$  – функція активації нейрона;  $n, k$  – порядкові номери нейронів відповідно першого та другого шарів;  $w$  – вагові коефіцієнти нейронів;  $b$  – зсуви нейронів;  $a_n^1, a_k^2$  – вихідний сигнал нейрона першого та другого прихованих шарів:

$$a_n^1 = f(w_{1,n}^{21} \cdot f(\rho) + w_{2,n}^{21} \cdot f(v) + b_n^1); \quad (2)$$

$$a_k^2 = f\left(w_{1,k}^{22} \cdot f(\rho) + w_{2,k}^{22} \cdot f(v) + \sum_{n=1}^7 (a_n^1 \cdot w_{k,n}^{22}) + b_k^2\right). \quad (3)$$

У результаті аналізу моделей нейромереж для визначення цетанового індексу кращий результат із сімдесяти проаналізованих моделей ШМН отримано при використанні двохшарової CF-мережі з лінійними передаточними функціями та 11 нейронами у прихованому шарі (рис. 2).

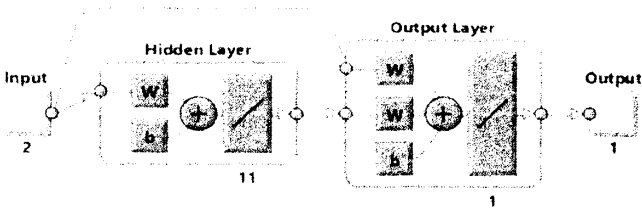


Рис. 2. Структура ШМН для визначення ЦІ дизпалива

Згідно структури ШМН для визначення цетанового індексу дизпалива її математичну модель можна записати, як:

$$\text{ЦІ} = f\left(w_1^{21} \cdot f(\rho) + w_2^{21} \cdot f(v) + \sum_{n=1}^{11} (a_n^1 \cdot w_n^{22}) + b^2\right), \quad (4)$$

де

$$a_n^1 = f(w_{1,n}^{11} \cdot f(\rho) + w_{2,n}^{11} \cdot f(v) + b_n^1). \quad (5)$$

При тестуванні цієї мережі середньоквадратична похибка склала 0,11, а середня абсолютна похибка 0,27 одиниць ЦІ.

У результаті порівняння значень ОЧ, визначених за допомогою ШНМ із дійсними значеннями, найефективнішою (із шістдесяти трьох) виявилась однонапрямлена, тришарова Cascade-Forward нейромережа (рис. 3) із 10 та 6 нейронами у прихованих шарах та передаточними функціями *tansig-pureline-pureline*.

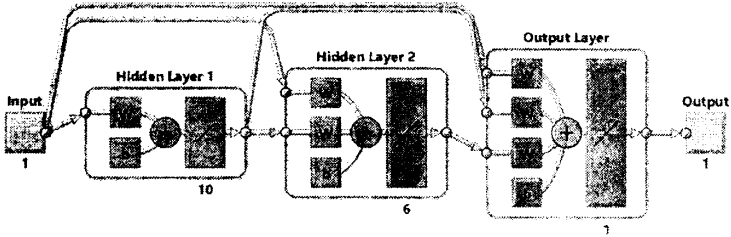


Рис. 3. Структура ШНМ для визначення октанового числа

При цьому середньоквадратична похибка (MSE) визначення октанового числа становить 0,063, а середня абсолютна похибка (MAE) 0,193 одиниць ОЧ.

Відповідно до розробленої структури ШНМ для визначення октанового числа можемо записати:

$$\text{ОЧ} = f \left( w^{31} \cdot f(\rho) + \sum_{n=1}^{10} (a_n^1 \cdot w_n^{32}) + \sum_{k=1}^6 (a_k^2 \cdot w_k^{33}) + b^3 \right), \quad (6)$$

де

$$a_n^1 = f(w_n^{11} \cdot f(\rho) + b_n^1); \quad (7)$$

$$a_k^2 = f \left( w_k^{21} \cdot f(\rho) + \sum_{n=1}^{10} (a_n^1 \cdot w_{k,n}^{22}) + b_k^2 \right). \quad (8)$$

У всіх 3-х випадках нейронні мережі типу FF, хоч і показували близькі по точності результати, але виявилися менш ефективними. Загалом, в ході аналізу з'ясовано, що точність їх апроксимації є задовільною для використання ШНМ при експрес-аналізі якості нафтопродуктів. Крім того, донавчання мереж на більших вибірках даних може суттєво підвищити ці показники в процесі експлуатації.

У третьому розділі обґрунтовано вибір способу реалізації розроблених моделей штучних нейронних мереж та проведено детальний аналіз їх структур з метою оптимізації алгоритмів відпрацювання нейромережевих процесів програмним способом.

У результаті детального аналізу структур штучних нейронних мереж для визначення октанового числа автомобільних бензинів, цетанового числа та індексу дизельних палив на основі їх кінематичної в'язкості і густини побудовано алгоритми їх програмної реалізації (рис. 4).

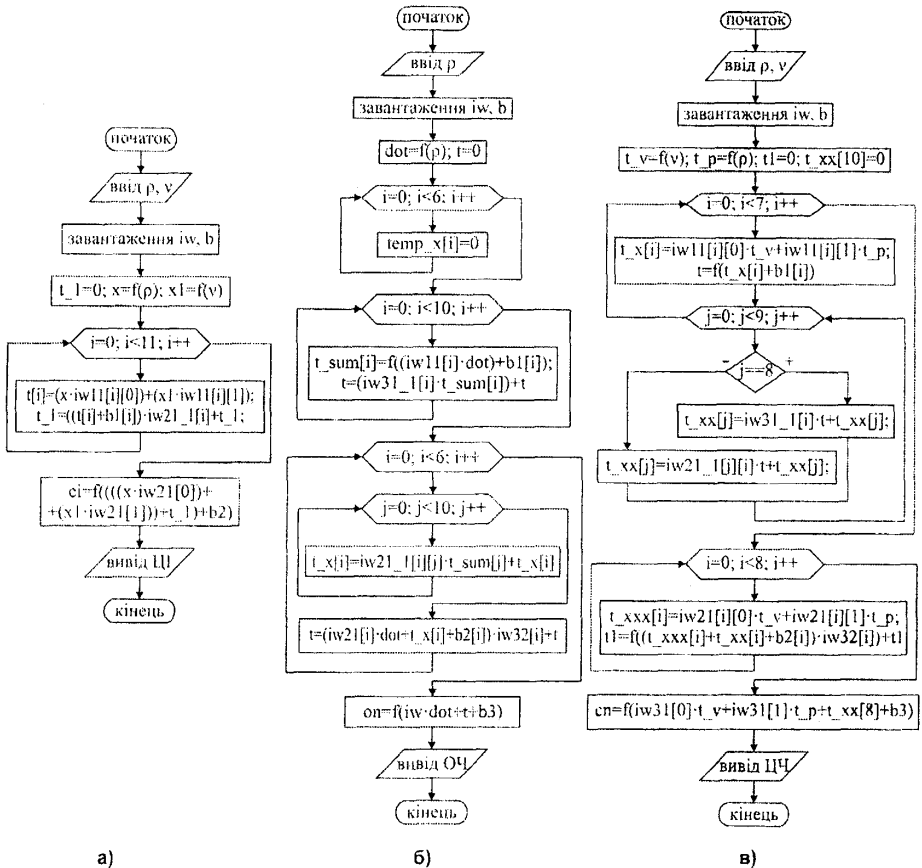


Рис. 4. Алгоритми програмної реалізації ШНМ для визначення: а) – цетанового індексу; б) – октанового числа; в) – цетанового числа

Виявлено, що при програмній реалізації нейронмережових алгоритмів доцільно частину розрахунків, що виконуються у наступних нейронах, а саме сумування вхідних сигналів із зсувами виконувати разом із обрахунками попереднього нейрона. Такий підхід, у порівнянні з покроковим послідовним розрахунком елементів нейронмережі, дозволяє значно скоротити програмний код реалізації алгоритму, зменшити кількість проміжних змінних, що економить ресурси оперативної пам'яті обчислювального пристрою. Використання оптимізованих алгоритмів дає можливість реалізації бази штучних нейронних мереж не лише на персональному комп'ютері, а і засобами SCADA-систем, сенсорних графічних панелей оператора на мобільних платформах або промислових програмованих логічних контролерах.

У четвертому розділі розроблено структуру автоматизованої системи вимірювального контролю якісних показників нафтопродуктів, проведено моделювання динамічних характеристик автоматичної системи вимірювання в'язкості та густини нафтопродуктів, уточнено статичні та динамічні характеристики дросельного мостового перетворювача в режимі реального часу.

Розроблена принципова схема автоматизованої системи вимірювального контролю (АСВК) якісних показників нафтопродуктів наведена на рис. 5.

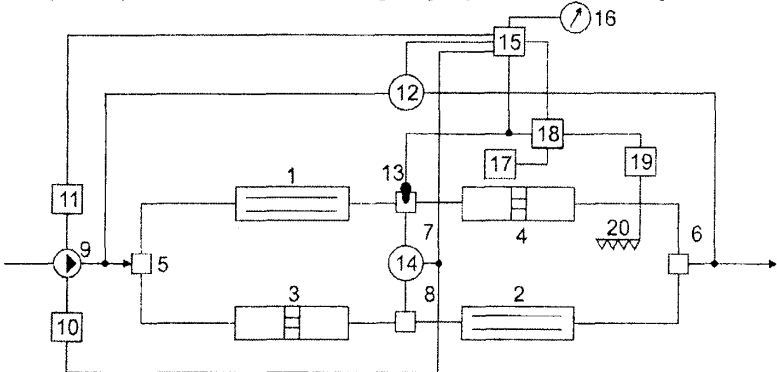


Рис. 5. Принципова схема АСВК для визначення якісних характеристик нафтопродуктів:

- 1, 2 – ламінарні дроселі; 3, 4 – турбулентні дроселі; 5, 6, 7, 8 – вхідна, вихідна та міждросельні камери; 9 – генератор витрати; 10 – блок регулювання витрати; 11 – перетворювач витрати; 12 – дифманометр перепаду тиску на мостовій схемі; 13 – давач температури; 14 – дифманометр перепаду тиску в індикаторній діагоналі мостової схеми; 15 – обчислювальний пристрій; 16 – реєструючий пристрій; 17 – блок задання температури; 18 – блок регулювання температури; 19 – блок управління нагрівачем; 20 – нагрівний елемент

Автоматизована система вимірювального контролю забезпечує виконання наступних функцій:

- автоматичне вимірювання основних фізико-механічних параметрів нафтопродуктів, таких як кінематична в'язкість, густина та динамічна в'язкість;
- на основі вимірюваних параметрів досліджуваного середовища забезпечує можливість обрахунку октанових чисел для бензинів, цетанових чисел для дизельних палив;
- стабілізацію температури середовища на заданому рівні та приведення вимірюваних параметрів до заданих умов;
- реалізацію зручного інформативного візуального представлення отриманої інформації в режимі реального часу;
- накопичення часової послідовності зміни параметрів досліджуваного нафтопродукту для донавчання системи;
- забезпечення можливості гнучкої зміни налаштувань системи при переході від одного типу середовища до іншого;
- уніфікацію використаного обладнання для швидкої заміни складових системи та забезпечення її роботи в різноманітних стаціонарних та мобільних умовах;

- інтегрованість розробленої системи в автоматизовані системи управління технологічними процесами вищого рівня та забезпечення передачі вимірювальної інформації без обмеження дистанційності.

З метою забезпечення високої якості управління процесом вимірювання проведено моделювання системи автоматичного вимірювання в'язкості та густини нафтопродуктів на ПК у реальному часі. Для цього комп'ютер дооснащено мультифункціональною картою вводу/виводу фірми Advantech, яка забезпечує роботу в пакеті MatLab. Схема експериментальної установки зображена на рис. 6.

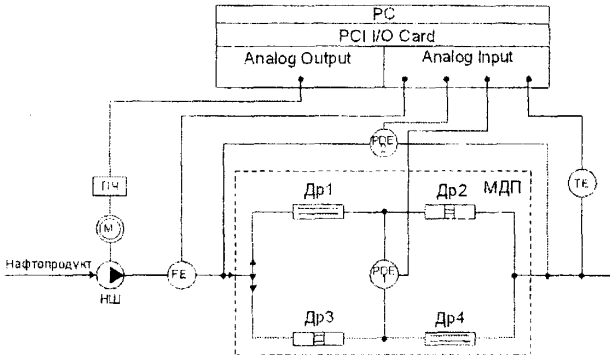


Рис. 6. Схема експериментальної установки для дослідження статичних та динамічних характеристик дросельного мостового перетворювача

На основі розробленої структурної схеми створено експериментальну установку для дослідження статичних та динамічних характеристик автоматичної системи вимірювання густини і в'язкості нафтопродуктів у реальному часі. В ході експериментів досліджено динамічні властивості контуру астатичного зрівноваження гідравлічної мостової схеми при різкій зміні в'язкості модельної рідини з  $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  до  $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Часові діаграми автоматичного зрівноваження дросельного мостового перетворювача наведено на рис. 7.

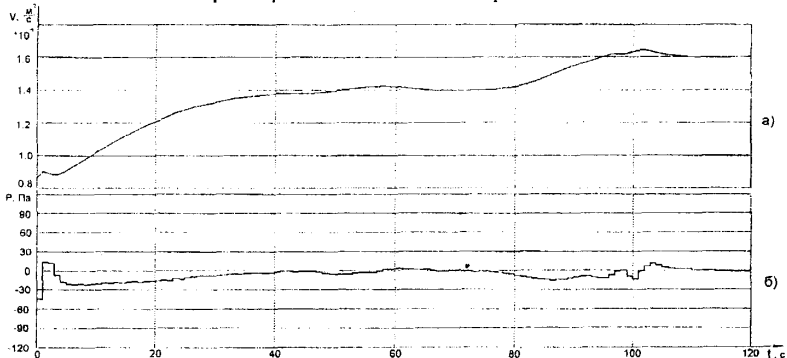


Рис. 7. Часові діаграми зміни кінематичної в'язкості – а та відхилення – в при автоматичному зрівноваженні гідравлічної мостової схеми

На рис. 7. видно, що після запуску системи на перше усталене значення  $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  вона виходить за час рівний 40 с. У момент часу 75 с в'язкість рідини була різко змінена до  $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . З перехідних характеристик час регулювання складає 30 с та перерегулювання 3 %. Таким чином, оновлення результатів вимірювання в'язкості може проводитися з періодом від 0,5 до 2 с.

Для покращення динамічних характеристик системи автоматичного вимірювання в'язкості та густини нафтопродуктів проведено моделювання та параметричну оптимізацію контуру астатичного зрівноваження мостової схеми зміню витрати продукту з цифровим ПІД-регулятором у середовищі MatLab (рис. 8). Динамічні властивості системи автоматичного зрівноваження дросельного мостового перетворювача із цифровим регулятором досліджувались при часі дискретизації рівному 0,5 с.

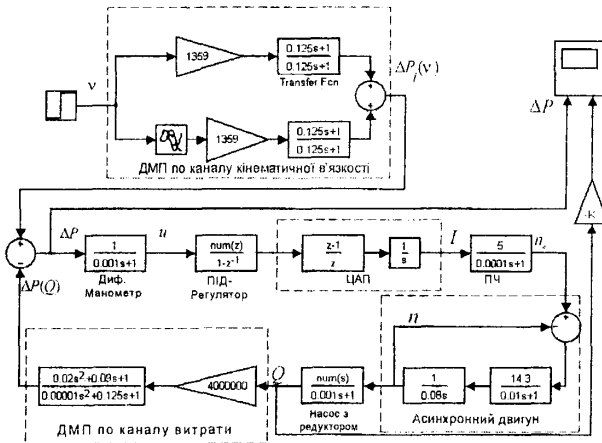


Рис. 8. MatLab модель системи автоматичного зрівноваження дросельного мостового перетворювача зміню витрати продукту із цифровим автоматичним регулятором

Перехідні характеристики оптимізованої системи при ступінчастій зміні кінематичної в'язкості з  $1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  до  $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  представлено на рис. 9.

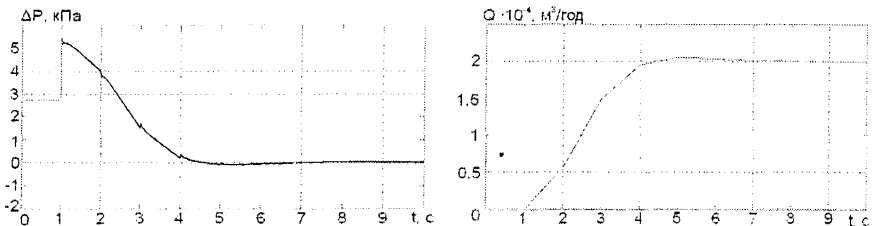


Рис. 9. Динамічні характеристики системи зрівноваження з цифровим регулятором

У результаті параметричного синтезу цифрового регулятора отримано стійкий перехідний процес, який відповідає вимогам якості, при цьому час перехідного процесу становить 4...5 с, що порівняно з існуючими вимірювальними засобами, забезпечує високу швидкодію розробленої автоматизованої системи вимірювального контролю.

Для аналізу невизначеності результатів вимірювання показників якості автомобільних палив в автоматизованій системі вимірювального контролю побудовано діаграми Ісікави та встановлено фактори, що впливають на невизначеності результатів вимірювання фізико-механічних параметрів нафтопродуктів та визначення показників якості з використанням нейромережових технологій. При цьому для оцінки невизначеності роботи моделей нейромереж було проведено числові експерименти згідно методу Монте-Карло, при якому на вході моделі генерувалися випадкові набори вхідних величин з відповідного діапазону невизначеності та аналізувався розподіл вихідних величин. Аналіз показав, що при використанні автоматизованої системи вимірювального контролю сумарна стандартна невизначеність вимірювання цетанового числа дизпалив  $u_{ЦЧ_е}(\rho\nu) = 1,14$  одиниць ЦЧ з імовірністю  $P=0,95$ , цетанового індексу дизельного палива –  $u_{ЦЧ_е}(\rho\nu) = 1,31$  одиниць ЦІ з імовірністю  $P=0,95$ , а для октанового числа –  $u_{ОЧ_е}(\rho) = 1,07$  одиниць ОЧ при  $P=0,95$ . Отже, розроблений метод відповідає вимогам до стандартних лабораторних методів і забезпечує неперервне вимірювання параметрів на потоці.

Здійснено аналіз невизначеностей результатів знаходження показників якості, коли дані про густину і в'язкість отримують з незалежних лабораторних досліджень. За таких умов стандартна невизначеність вимірювань при знаходженні октанового числа бензину за його густиною засобами ШНМ в лабораторних умовах становить  $u_{ОЧ}(\rho) = 0,65$  одиниць ОЧ з імовірністю  $P=0,95$ , а за в'язкістю і густиною дизпалива – цетанового числа –  $u_{ЦЧ}(\rho\nu) = 0,87$  одиниць при  $P=0,95$ , цетанового індексу –  $u_{ЦІ}(\rho\nu) = 0,93$  одиниць при  $P=0,95$ .

У п'ятому розділі програмним способом реалізована база моделей штучних нейронних мереж для визначення показників якості нафтопродуктів, котра може використовуватися як у складі АСВК, так і автономно на ПК в умовах лабораторних досліджень для визначення на основі густини та в'язкості октанового числа бензину, цетанового числа або індексу дизпалива. База може бути адаптована на певні види нафтопродуктів в режимі оперативного навчання без використання моделюючих середовищ.

Розроблено спеціалізоване програмне забезпечення для програмованих засобів усіх рівнів інтелектуальної АСВК, а саме ПЛК, сенсорної панелі оператора та ПК диспетчера. Програмне забезпечення ПЛК реалізує функції управління процесом вимірювання і первинної обробки даних. Програмне забезпечення панелі оператора реалізує обробку і аналіз первинної інформації, визначення показників якості моторних палив, візуалізацію, архівування та реєстрацію подій.

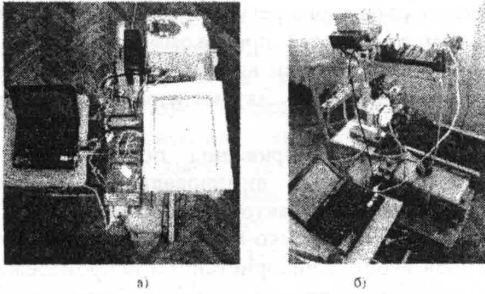


Рис. 10. Фото експериментальної інтелектуальної АСВК: а) вид зверху; б) вид збоку

вимірювального контролю впроваджена у виробництво на ТОВ ПП «Еконія» для експрес-визначення якості нафтопродуктів, а створене нами програмне забезпечення ПК впроваджено на ТЗОВ «Автогазсервіс» для оперативного визначення ОЧ, ЦЧ та ЦІ за попередньо виміряними значеннями в'язкості та густини пального.

## ВИСНОВКИ

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень вирішена важлива науково-практична задача у галузі автоматизованого контролю якості нафтопродуктів – розроблено новий метод та прилад для оперативного комплексного визначення густини, в'язкості, октанового числа автомобільних бензинів, цетанового числа та індексу дизельних палив, що базується на гідродинамічному методі вимірювання. У ході досліджень отримано наступні наукові та практичні результати:

1. У результаті проведеного аналізу сучасного стану існуючих методів та засобів контролю параметрів якості нафтопродуктів, зокрема для визначення октанового числа бензинів, цетанового числа та цетанового індексу дизпалив показано, що вони є трудомісткими, тривалими та вимагають спалювання великої кількості палива та еталонних сумішей, а тому актуальною є розробка нових методів та засобів для достовірного та оперативного автоматизованого неруйнівного контролю якісних показників автомобільних палив.

2. Розроблено метод визначення якісних показників нафтопродуктів, що полягає у суміщеному в часі вимірюванні значень густини та в'язкості нафтопродуктів і визначення на їх основі октанового числа бензину, цетанового числа та індексу дизпалива, що дозволяє здійснювати неперервний контроль якості нафтопродуктів на потоці.

3. Обґрунтовано вибір гідродинамічного методу визначення густини та в'язкості нафтопродуктів і побудованого на його основі дросельного мостового перетворювача. Показано, що для знаходження значень октанового числа бензину, цетанового числа й індексу дизпалив на основі їх в'язкості та густини доцільно використовувати технології штучних нейронних мереж.



4. На основі комп'ютерного моделювання штучних нейронних мереж для визначення цетанового числа та індексу дизельного палива і октанового числа бензинів на основі вимірюваних значень в'язкості та густини запропоновано структуру штучних нейромереж, що найбільш повно описують характер взаємозв'язків між параметрами та дозволяють контролювати вказані параметри з високою точністю.

5. На основі теоретичного аналізу структур штучних нейронних мереж для визначення октанового числа автомобільних бензинів, цетанового числа та індексу дизельних палив на основі кінематичної в'язкості і густини побудовано алгоритми їх програмної. Показано, що при програмній реалізації нейромережевих алгоритмів доцільно частину розрахунків, що виконуються у наступних нейронах, а саме сумування вхідних сигналів із зсувами, виконувати разом із обрахунками попереднього нейрона. Такий підхід, у порівнянні з покроковим послідовним розрахунком елементів нейромережі, дозволяє значно скоротити програмний код реалізації алгоритму, зменшити кількість проміжних змінних, що економить ресурси оперативної пам'яті обчислювального пристрою. Групування однотипних або подібних циклів дозволяє зменшити їх кількість, а також уникнути складних розрахунків при використанні вкладених циклів другого та третього рівнів.

6. Синтезована структура інтелектуальної АСВК якісних показників нафтопродуктів та проведено комп'ютерне моделювання в реальному часі шляхом емуляції систем автоматичного управління процесом вимірювання при взаємодії з дослідним зразком дросельного мостового перетворювача, що дозволило підвищити її швидкодію.

7. Експериментально встановлено статичні коефіцієнти перетворення дросельного мостового перетворювача кінематичної в'язкості. Проведено порівняльний аналіз точності визначення кінематичної в'язкості з використанням експериментального та розрахункового коефіцієнтів перетворення дросельного мостового перетворювача. В результаті було розроблено рекомендації щодо калібрування вимірювальних дросельних мостових схем з підвищеною точністю.

8. При дослідженні динамічних характеристик дросельного мостового перетворювача встановлено фактори, що впливають на швидкість вимірювань, згідно чого дано рекомендації щодо удосконалення конструкції первинних перетворювачів. З урахуванням динамічних характеристик дросельного мостового перетворювача проведено імітаційне моделювання системи астатичного зрівноваження шляхом зміни витрати нафтопродуктів з використанням аналогових та цифрових регуляторів. За результатами дослідження показано, що в системі з цифровим регулятором шляхом параметричної оптимізації можна забезпечити високу швидкодію вимірювань. Використання в інтелектуальній автоматизованій системі вимірювального контролю цифрового способу управління відкриває широкі можливості обробки первинної інформації, забезпечує гнучкість системи при використанні мікропроцесорної техніки та задовольняє вимогам, поставленим при розробці базової структурної схеми.

9. Розроблено та впроваджено дослідний зразок автоматизованої інтелектуальної системи вимірювального контролю якості нафтопродуктів на

потоці, що інтегрується у системи автоматизації технологічних процесів. Отримані в результаті досліджень сумарні стандартні невизначеності вимірювання з 95 % імовірністю становлять, для цетанового числа дизпалив  $u_{ЦЧ_e}(pV) = 1,14$  одиниць ЦЧ, цетанового індексу дизельного палива –  $u_{ЦІ_e}(pV) = 1,31$  одиниць ЦІ, а для октанового числа –  $u_{ОЧ_e}(p) = 1,07$  одиниць ОЧ, що свідчить про високу точність розробленого нами методу експрес-визначення якості нафтопродуктів.

Розроблено комплекс програмного забезпечення для програмованих засобів усіх рівнів інтелектуальної автоматизованої системи вимірювального контролю, а саме програмованого логічного контролера, панелі оператора та ПК диспетчера. Програмно реалізовано базу штучних нейронних мереж для визначення якісних показників нафтопродуктів, котра може реалізовуватись як у складі автоматизованої системи вимірювального контролю, так і автономно на ПК в умовах лабораторних досліджень для знаходження цетанового числа та індексу дизпалив і октанового числа бензинів на основі відомих значень густини і в'язкості нафтопродуктів, що дозволяє широко застосовувати розроблений метод в різних галузях промисловості та транспорту.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Древецький В. В. Динамічні властивості автоматичного аналізатора в'язкості та густини нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Вісник Інженерної академії України: Теоретичний і науково-практичний журнал. – Київ, 2009. – Вип. 1. – С. 61–65.
2. Древецький В. В. Автоматичний аналізатор фізико-хімічних параметрів нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Вісник Інженерної академії України: Теоретичний і науково-практичний журнал ІАУ. – Київ, 2009. – Вип. 2. – С. 82–86.
3. 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 ІАУ. – Київ, 2010. – Вип. 2. – С. 208–212.
4. Древецький В. В. Моделювання інформаційно-вимірювальної системи фізико-хімічних параметрів нафтопродуктів у реальному часі / В. В. Древецький, М. М. Клепач // «Математичні машини і системи» науковий журнал. – № 2. – 2011. – С. 81–84.
5. Древецький В. В. Визначення цетанового числа дизельних палив на основі їх фізико-хімічних параметрів / В. В. Древецький, М. М. Клепач // «Методи та прилади контролю якості» – науковий журнал 34–37 № 26 – 2011.
6. Древецький В. В. Інформаційне забезпечення автоматичного аналізатора якісних показників дизельного палива / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Вісник НУВГП «Технічні науки», № 2 (54) 2011. – Рівне. – 260 с. – С. 236–242.
7. Древецький В. В. Визначення октанового числа автомобільних бензинів на основі їх фізико-механічних властивостей / В. В. Древецький, М. М. Клепач //

Вісник Інженерної академії України: Теоретичний і науково-практичний журнал ІАУ, – Київ, 2012. – Вип. 1. – С. 216–218.

8. Drevetskiy V.V. The intelligent system for automotive fuels quality definition / V.V. Drevetskiy, M. M. Klepach. – “Informatics Control Measurement In Economy and Environment Protection”. – СІТТ LPNT. – Lublin. – 2013. – P. 11–14.

9. Кутя В. Н. Автоматизированная система управления процессом сжигания нефтепродуктов в металлургических агрегатах / В. Н. Кутя, М. М. Клепач, Я. В. Данченков, Ю. И. Шишкин // Вестник Карагандинского государственного индустриального университета. – Темиртау, 2014. – Вип. 1(4). – С. 46–48.

10. Клепач М. М. Використання технологій штучних нейронних мереж для визначення октанового числа автомобільного бензину // «Методи та прилади контролю якості».- науковий журнал. № 2 (33) 2014. – І.-Ф. – С. 32–39.

11. Древецький В. В. Дослідження динамічних характеристик автоматичного аналізатора кінематичної в'язкості нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси ІРТК – 2009. Друга міжнародна науково-практична конференція 25–28 травня 2009 р. Збірник тез. – С. 285–287.

12. Древецький В. В. Система автоматизованого контролю якісних показників дизельних палив / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Матеріали ІІ наук.-практ. конф. «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання» Івано-Франківськ, УФНТУНГ, 2009. – С. 63–64.

13. Древецький В. В. Система автоматизованого контролю фізичних параметрів нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технологічними комплексами: програма і матеріали, Міжнародна науково-технічна конференція, 26–27 листопада 2009 р. – К. : НУХТ, 2009. С. 24–25.

14. Древецький В. В. Інтелектуальний інформаційно-вимірвальний комплекс якісних показників нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Матеріали ІІІ міжнар. наук. практ. конф. «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси». – Київ : НАУ, 2010. – С. 126–127.

15. Древецький В. В. Моделювання системи автоматизованого контролю якісних показників нафтопродуктів у реальному часі / В. В. Древецький, М. М. Клепач // П'ята наук.-практ. конф. з міжнар. участю. «Математичне та імітаційне моделювання систем.МОДС 2010».Тези доповідей. – Київ, 2010. – С. 96–98.

16. Древецький В. В. Система контролю фізико-хімічних параметрів нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач, С. П. Воробюк // Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія». – Тези доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – С. 33–34.

17. Drevetskiy V.V. Mobile automatic analyzer of physical-chemical parameters / V.V. Drevetskiy, M. M. Klepach. – The fourth world congress “Aviation in XXI – st century” Abstracts. – NAU Kiev, 2010. – С. 60–63.

18. Древецький В. В. Дослідження макета інтелектуальної вимірвальної системи фізико-механічних параметрів нафтопродуктів / В. В. Древецький,

М. М. Клепач, С. П. Воробюк // Матеріали 1-ї науково-практичної конференції студентів і молодих науковців, «Вимірювальна техніка, інформаційно-вимірювальні системи, метрологія стандартизація, сертифікація та менеджмент якості – стан, досягнення і перспективи розвитку в Україні». – Одеса, 2010. – С. 69–71.

19. Древецький В. В. Інформаційне забезпечення автоматичного аналізатора якісних показників дизельних палив. / В. В. Древецький, М. М. Клепач, Т. М. Пирог // 10-а міжнародна науково-технічна конференція «Авіа 2011». – тези доповідей. – Київ, 2011. – С. 1.99–1.102.

20. Древецький В. В. Моделювання та реалізація інформаційної компоненти автоматичного аналізатора якісних показників нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Матеріали III міжнар. наук. практ. конф. «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси». – Київ : НАУ, 2011. – С. 24–26.

21. Древецький В. В. Інформаційно-вимірювальна система якісних показників нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Матеріали 6-ї науково-технічної конференції «СПМТНКТДМНО» – м. Івано-Франківськ, 2011 р. – 280 с. – С. 105–107.

22. Древецький В. В. Пристрій для визначення в'язкісно-температурних характеристик рідин / В. В. Древецький, М. М. Клепач, С. П. Воробюк // Матеріали 6-ї науково-технічної конференції «СПМТНКТДМНО» – м. Івано-Франківськ, 2011. – 280 с. – С. 107–110.

23. Древецький В. В. Інформаційне забезпечення процесу неперервного контролю якісних показників біодизеля / В. В. Древецький, М. М. Клепач, А. М. Кондратюк // Матеріали V міжнар. наук. практ. конф. «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси». – Київ : НАУ, 2012. – С. 113–115.

24. Drevetskiy V. V. Mobile automatic analyzer of physical-chemical parameters / V. V. Drevetskiy, M. M. Klepach. – The fourth world congress “Aviation in XXI-st century” Abstracts. – NAU : Kiev, 2010. – P. 1.9.5–1.9.9.

25. Древецький В. В. Розробка методів та технічних засобів контролю якісних показників нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Матеріали VI міжнар. наук. практ. конф. «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси». – Київ : НАУ, 2013. – С. 74–76.

26. Клепач М. М. Вибір оптимальної структури штучної нейронної мережі для визначення октанового числа бензинів / М. М. Клепач, С. С. Міхнев // Матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції „АВІА-2013”. – Т. 1. – К : НАУ, 2013. – С. 1.81–1.84.

27. Древецький В. В. Вибір оптимальної моделі штучної нейронної мережі для визначення октанового числа бензину / В. В. Древецький, М. М. Клепач // Матеріали всеукраїнської конференції «Сучасні проблеми математичного моделювання та обчислювальних методів». – НУВГП, 2013. – С. 69–70.

28. Клепач М. М. Математичне та програмне забезпечення для визначення якісних показників нафтопродуктів за їх фізико-механічними параметрами // Матеріали I міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «АКІТ-2014». – Київ : НГУУ «КПІ», 2014. – С. 113–115.

29. Клепач М. М. Реалізація алгоритмів оперативного навчання інтелектуальної системи для визначення якості автомобільних палив // Матеріали VII міжнар. наук. практ. конф. «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси». – Київ : НАУ, 2014. – С. 80–82.

30. Патент на корисну модель № 66327 МПК (2011.01) G01N 11/00 Пристрій для вимірювання якісних показників нафтопродуктів / В. В. Древецький, М. М. Клепач – заявл. 15.07.2011 р., опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24.

31. Патент на корисну модель № 75959 МПК (2011.01) G01N 9/32 Спосіб визначення октанового числа автомобільних бензинів / В. В. Древецький, М. М. Клепач – заявл. 03.04.2012 р., опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24.

### АНОТАЦІЯ

**Клепач М.М. Метод та технічні засоби контролю якісних показників нафтопродуктів з використанням нейромережових технологій.** – 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, 2015.

Дисертація присвячена вирішенню науково-технічної задачі створення нового методу та технічних засобів контролю якісних показників нафтопродуктів із використанням нейромережових технологій.

Розроблений метод автоматизованого вимірювального контролю якісних показників нафтопродуктів базуються на попередньому вимірюванні в'язкості та густини нафтопродукту гідродинамічним методом з подальшим визначенням на їх основі октанового числа автомобільних бензинів, цетанового числа та індексу дизельних палив засобами штучних нейронних мереж (ШНМ). За результатами комп'ютерного моделювання запропоновано структури ШНМ, що за результатами порівняльного аналізу з дійсними значеннями ОЧ, ЦЧ та ЦІ найбільш точно описують характер взаємозв'язків між параметрами. Розроблено структурну схему автоматизованої системи вимірювального контролю (АСВК) якісних показників нафтопродуктів. Наведено результати досліджень статичних та динамічних характеристик АСВК, алгоритми та програмне забезпечення процесу визначення якісних показників нафтопродуктів.

**Ключові слова:** в'язкість, густина, октанове число, цетанове число, цетановий індекс, бензин, дизпаливо.

### АННОТАЦИЯ

**Клепач М.М. Метод и технические средства контроля качественных показателей нефтепродуктов с использованием нейросетевых технологий.** – 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, 2015.

Диссертация посвящена решению научно-технической задачи создания нового метода и технических средств контроля качественных показателей нефтепродуктов с использованием нейросетевых технологий.

Разработанный метод автоматизированного измерительного контроля качественных показателей нефтепродуктов основывается на измерении вязкости и плотности нефтепродукта гидродинамическим методом с последующим определением на их основе октанового числа автомобильных бензинов, цетанового числа и индекса дизельных топлив средствами искусственных нейронных сетей (ИНС). По результатам компьютерного моделирования предложено структуры ИНС, что по результатам сравнительного анализа с действительными значениями ОЧ, ЦЧ и ЭТИ наиболее точно описывают характер взаимосвязей между параметрами. Разработана структурная схема автоматизированной системы измерительного контроля (АСВК) качественных показателей нефтепродуктов. Приведены результаты исследований статических и динамических характеристик АСВК, алгоритмы и программное обеспечение процесса определения качественных показателей нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** вязкость, плотность, октановое число, цетановое число, цетановый индекс, бензин, дизтопливо.

#### ANNOTATION

**Klepach M.M. Method and technical means of the oil products quality indicators control using the neural networks technologies.** – The manuscript.

Dissertation for completion of scientific degree of engineering sciences candidate at specialty 05.11.13 – devices and methods of control and determination of the substances composition. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2015.

Dissertation is devoted to solving scientific and technical problem of creating a new method and technical means of the oil products quality indicators control using neural networks technologies.

The developed automated measuring control method of oil products quality indicators is based on measuring the viscosity and density of petroleum products by hydrodynamic method and based on it further determination of motor gasoline octane number (ON), cetane number (CN) and index (CI) of diesel fuel by means of artificial neural networks (ANN). According to the results of computer simulation suggested the structure of ANN that, on a comparative analysis with real values of ON, CN and CI, most accurately describes the nature of relationships between parameters. The block diagram of the automated measuring control systems (AMCS) for petroleum products quality characteristics was developed. The results of research of static and dynamic characteristics AMCS, algorithms and software for definition process of oil products quality indicators are represented.

**Keywords:** viscosity, density, octane, cetane number, cetane index, gasoline, diesel fuel.