

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ НАФТИ НА БАЗІ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

Я.Р.Козуч, І.І.Чизур, М.М.Дранчук, М.І.Козутяк

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; тел. (03422) 40534;  
e-mail: atr@pung.edu.ua

*Розглядається актуальна для виробництва задача – автоматизація технологічного процесу підготовки нафти. Запропоновано метод оптимального налаштування параметрів регуляторів на базі генетичних алгоритмів.*

Ключові слова: автоматизація, процес, регулятор, генетичний алгоритм, оптимальні налаштування

*Рассматривается актуальная для производства задача – автоматизация технологического процесса подготовки нефти. Предложен метод оптимальной настройки параметров регуляторов на базе генетических алгоритмов.*

Ключевые слова: автоматизация, процесс, регулятор, генетический алгоритм, оптимальные настройки

*The actual problem for industry – automation of technological process of oil preparation is considered. The method of optimum parameters adjustment of controllers based on genetic algorithms is proposed.*

Keywords: Automation, process, controller, genetic algorithm, the optimal settings

Збільшення обсягів видобування нафти на нафтопромислах України на сьогодні є актуальною проблемою, розв'язання якої дасть змогу підвищити енергетичну безпеку України, а нафтохімічну і хімічну промисловість достатньою кількістю сировини.

У нафтових пластах нафта, як правило, залягає разом з водою. У видобутій нафті, залежно від близькості контурної або підшовної води до вибою свердловини, вміст пластової води змінюється від декількох одиниць до десятків відсотків. У пластовій воді містяться різні мінеральні солі і механічні домішки. Присутність в нафті води і водних розчинів мінеральних солей призводить до збільшення витрат на її транспортування, викликає утворення стійких нафтових емульсій, створює труднощі при переробці нафти на нафтопереробних заводах через порушення режиму технологічного процесу і корозії устаткування. Згідно з чинним стандартом товарна нафта повинна містити не більше 1% води і 40 мг/л хлористих солей. Тому нафта, що видобувається на нафтовому промислі, піддається обробці, що полягає у зневодненні і знесоленні. Така обробка на промислі називається підготовкою нафти.

Найпоширенішими методами деемульсації на нафтових промислах є термічні. Більше 80% всієї нафти, що видобувається, обробляється на блочних термохімічних установках [1]. Основними перевагами цих установок є низька чутливість режиму роботи за значних змін вмісту води у нафті, а також можливість їх швидкого монтажу.

На сьогодні розроблено номенклатуру блокового автоматизованого устаткування термохімічних установок заводського виготовлення: нагрівачі-деемульгатори УДО-2М, УДО-3, СП-100 та інші. Блочне устаткування термохімічної установки, що випускається заводами,

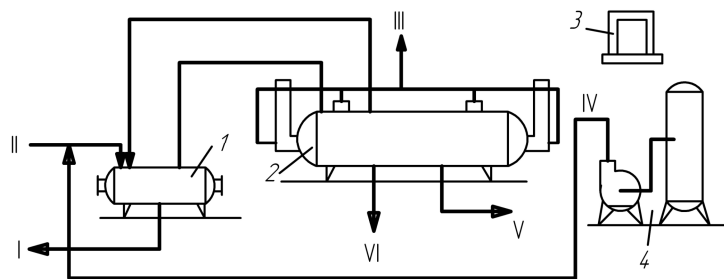
постачається на промисли з повною автоматизацією у відлагодженому стані і монтується на місці протягом 15-20 днів.

Проаналізуємо роботу технологічного процесу автоматизованої блочної деемульгаційної установки УДО-2М.

Автоматизована блочна деемульсаційна установка УДО-2М розроблена конструкторським бюро об'єднання "Саратовнафтогаз" і характеризується високою продуктивністю: при обводненій водонафтовій емульсії 30% – до 2000 т/доб. Установка (рис. 1) складається з блоків: нагрівання і відстоювання 2, місцевої автоматики 3, реагентного господарства 4 і теплообмінника 1.

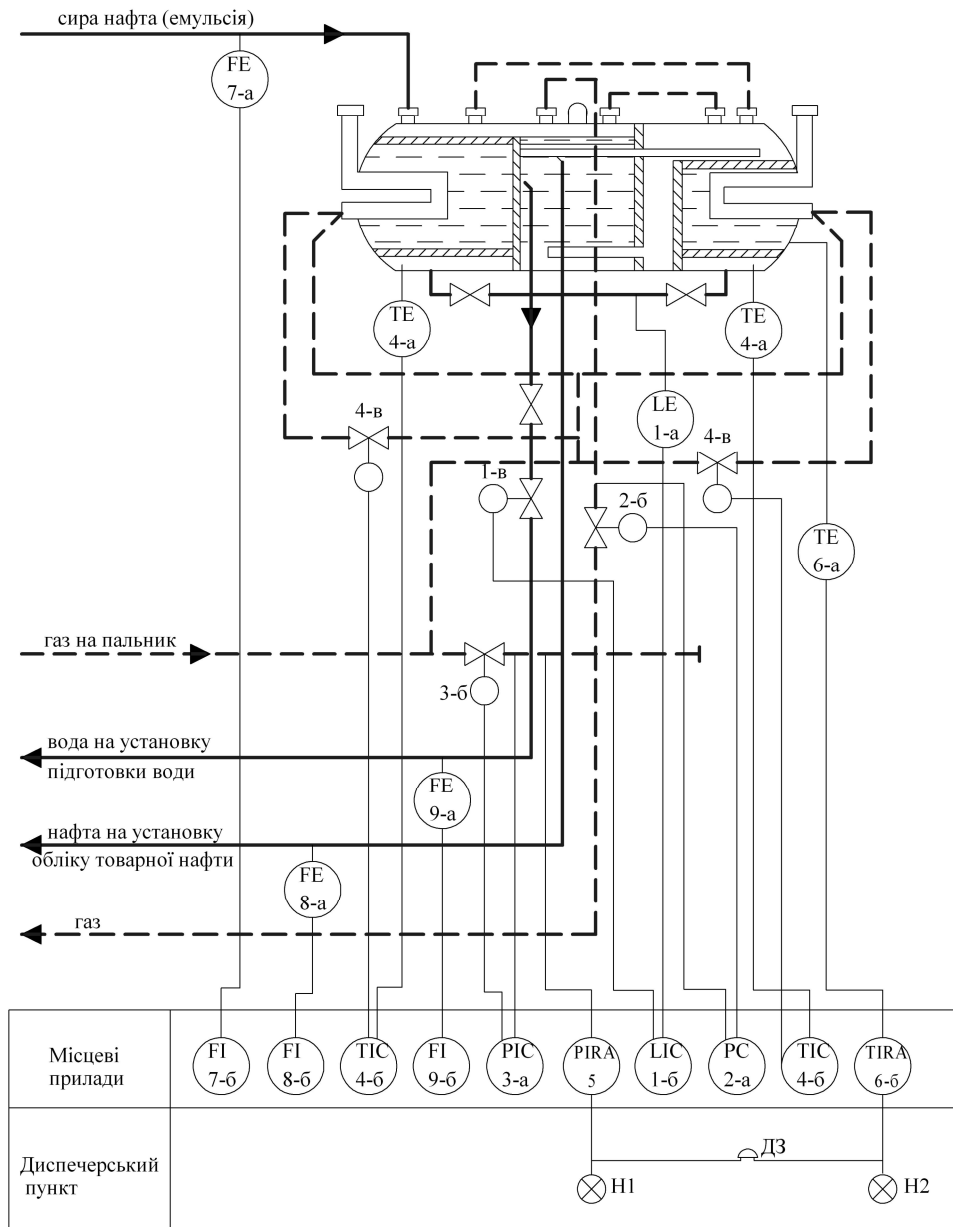
Перед закачуванням в теплообмінник 1 у водонафтову суміш II за допомогою насоса вводиться деемульгатор IV. Після теплообмінника суміш надходить до блока 2 нагрівання і відстоювання, що являє собою горизонтальну ємкість, розділену перестінками на три відсіки (рис. 2).

В першому і другому відсіках є нагрівальні труби, усередині яких встановлені інжекційні газові пальники. Водонафтова суміш надходить спочатку в перший відсік, де нагрівається до температури 90°C. Тут відбувається часткове її обезводнення. Сконденсована вода накопичується в нижній частині відсіку і періодично відводиться на установки очищення води. Частково зневоднена нафта переливається перепускним трубопроводом у другий відсік, де продовжується аналогічний термохімічний процес обезводнення. З другого відсіку нафта перфорованою трубою надходить до третього відсіку, де проходить кризь шар несомлянистої деревини і остаточно зневоднюється. Гаряча зневоднена нафта надходить до теплообмінника, віддаючи тепло зустрічному потоку непідготовленої нафти, і охолоджена надходить до установки



I – вода з теплообмінника; II – водонафтова емульсія; III – газ; IV – деемульгатор; V – промивна вода; VI – відділена вода

Рисунок 1 – Схема блочної деемульсаційної установки УДО-2М



1-а,б – регулятор рівня розділу фаз «нафта-вода» типу РУМ-18; 2 – регулятор тиску в блоці нагрівання і відстоювання типу 25ч12нж; 3 – регулятор тиску типу РДУК-2-50/35; 4 – регулятор температури типу PT-50; 5 – електроконтактний манометр типу ВЕ-16рб; 6 – термосигналізатор типу ТС-100; 7-9 – витратоміри типу «Норд»

Рисунок 2 – Схема автоматизації блоку нагрівання і відстоювання блочної деемульсаційної установки УДО-2М

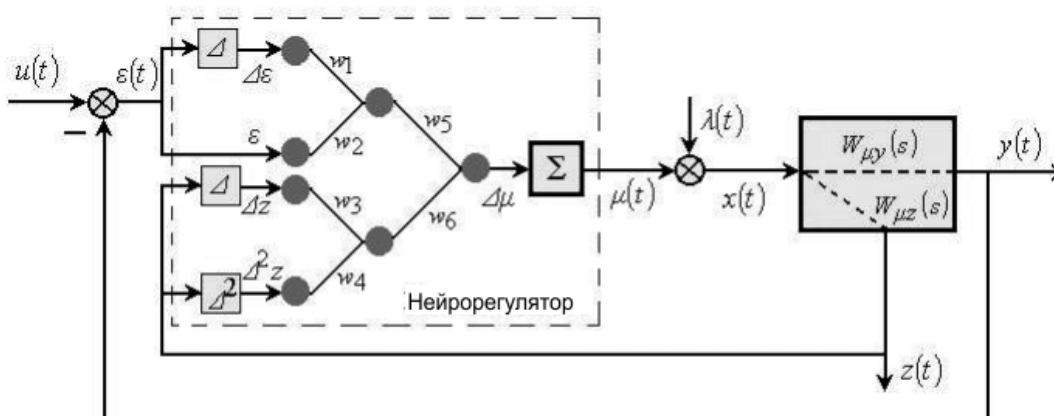


Рисунок 3 – Схема керування температурою блоку нагрівання і відстоювання блочної деемульсаційної установки УДО-2М з нейрорегулятором

обліку товарної нафти. Для знесолення обезводнена нафта в спеціальному пристрої змішується з прісною водою. Одержана при цьому штучна емульсія потім руйнується в УДО-2М, а сконденсована вода промиває нафту, розчиняє її солі, а відтак скидається. Газ, що виділився під час нагрівання емульсійної нафти, надходить на компресорну станцію. Частину цього газу очищують і використовують в пальниках установки УДО-2М. Автоматичне регулювання температури здійснюється терморегулятором 6-а прямої дії типу РТ-50 з термобалонем. Клапани 6-а регуляторів встановлені на лініях подавання газу до форсунок. Тиск тазу регулюється регулятором 1-а прямої дії. Рівень розділу фаз “вода–нафта” підтримується поплавковим механічним регулятором 4-а, який управляє заслінками, встановленими на дренажному патрубку. У випадку загрози виникнення аварії установка може бути вимкнена за сигналами давачів граничного тиску і граничного рівня. При цьому на диспетчерський пункт надійде загальний аварійний сигнал. Давачем граничного тиску слугує електроконтактний манометр типу ВЕ-16рб, а за давач граничного рівня – поплавокний рівнемір з мікроперемикачем. Вторинні прилади автоматики і вузол телемеханіки розміщені в окремому блоці місцевої автоматики.

Однак впровадження сучасних автоматизованих систем управління технологічними процесами для підвищення ефективності, швидкодії та оптимізації вимагає створення сучасних мікропроцесорних систем з елементами штучного інтелекту, таких як генетичні і еволюційні алгоритми.

Генетичні алгоритми – це процедури пошуку, засновані на механізмі природного відбору і наслідування. Вони відрізняються від інших оптимізуючих і пошукових процедур такими ознаками [3]:

- обробляють не значення параметрів самої задачі, а їх закодовану форму;
- здійснюють пошук рішень, враховуючи не одиничну точку, а їх деяку популяцію;
- використовують тільки цільову функцію, а не іншу додаткову інформацію;

– використовують ймовірність, а не детерміновані правила вибору;

– у процесі еволюції кожна нова популяція залежить тільки від попередньої.

Генетичні алгоритми в різних формах застосовуються для вирішення багатьох наукових і технічних проблем, а саме: при створенні різних обчислювальних структур, наприклад, автоматів або мереж сортування; при машинному навчанні; при проектуванні нейронних мереж або керуванні роботами.

Проте, можливо, найпопулярнішим застосуванням генетичних алгоритмів є оптимізація багатопараметричних функцій. Безліч реальних задач можуть бути сформульовані як пошук оптимального значення, де значення – складна функція, що залежить від певних вхідних параметрів. У деяких випадках потрібно знайти ті значення параметрів, за яких досягається найкраще значення функції. В інших випадках глобальний екстремум не потрібний – рішенням може вважатися будь-яке значення, краще за певну задану величину. У цьому випадку генетичні алгоритми – часто найкращий метод для пошуку "прийнятних" значень.

Досвід використання алгоритмів керування свідчить, що для простих одноконтурних систем автоматичного керування (АСК) з лінійними регуляторами задачі оптимізації, як правило, є однокстремальними. Однак для складних багатоконтурних систем керування, які використовуються в нафтогазовій промисловості і систем керування з нейрорегуляторами (рис. 3) характерною рисою є наявність одночасно з глобальним екстремумом великої кількості локальних екстремумів. Крім того, локальні екстремуми з'являються у випадку введення обмежень на простір пошуку.

На даний час найбільш ефективними методами багатокстремальної оптимізації є генетичні алгоритми, що реалізують постулати теорії еволюції і досвіду селекції рослин і тварин. Стратегія пошуку оптимального рішення в генетичних алгоритмах базується на гіпотезі селекції: чим більша пристосованість особини, тим більша вірогідність того, що у нащадків, отриманих за її участю, ознаки, що визначають пристосованість, будуть виражені ще більше [4].

На рис. 3 зображено схему керування температурою блоку нагрівання і відстоювання блочної деємальсаційної установки УДО-2М з нейрорегулятором, що має вихідний сигнал для виконавчого механізму постійної швидкості у вигляді приросту положення регулюючого органа на кожному кроці  $\Delta\mu$ , в результаті інтегрування якого реалізується регулююча дія  $\mu(t)$ .

Сигналами на вході нейрорегулятора є відхилення  $\varepsilon$  основної регульованої величини  $y(t)$  від заданого значення  $u(t)$  і його перша похідна  $\Delta\varepsilon$ , а також перша  $\Delta z$  і друга  $\Delta^2 z$  похідні допоміжної величини  $z(t)$ . У першому наближенні така структура відповідає ПІ-алгоритму за основною змінною  $y(t)$  і ПД-алгоритму за допоміжною змінною  $z(t)$ .

Нейрорегулятор на схемі, що аналізується, реалізований у вигляді тришарової нейромережі з двома нейронами в прихованому шарі і шістьма синаптичними ваговими коефіцієнтами  $W(w_1, w_2, \dots, w_6)$ .

Кожний незалежний канал керування автоматизованої блочної деємальсаційної установки УДО-2М розглянемо як окремий динамічний об'єкт (рис. 4), що керується нейрорегулятором, параметри якого коригуються в реальному часі генетичним алгоритмом з метою досягнення екстремальних значень показників якості керування.

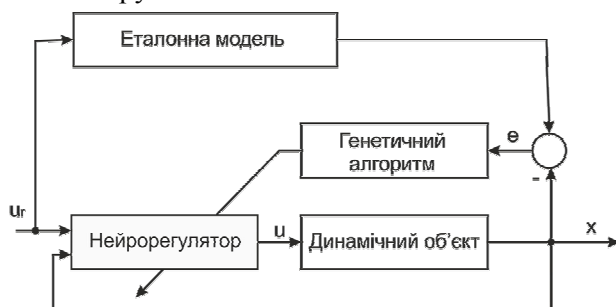


Рисунок 4 – Узагальнена нейромережева адаптивна система керування параметрами установки УДО-2М

В якості процедури для навчання нейромережі, що виконує функції нейрорегулятора, використано генетичний алгоритм, який налаштовує параметри нейрорегулятора за помилкою на виході об'єкта керування, порівнюючи його з сигналом на виході еталонної моделі. Остання узагальнює уявлення розробника про бажану поведінку об'єкта, тобто фактично є бібліотекою навчальних шаблонів і процедур навчання.

Початкова популяція із 100 хромосом генерувалася випадковим чином. Кожний з параметрів налаштування нейромережі кодувався десятьма бітами, отже хромосома, яка кодувала нейрорегулятор, являла собою 210 розрядну послідовність нулів і одиниць. При тому, що діапазон вимірювання кожного із параметрів у просторі  $R^{21}$  був прийнятий від -1 до 1, десятирозрядне кодування забезпечило дискретність зміни параметра не гірше 0,002.

Після декодування хромосом у вектори змінних оцінювалася здатність кожного варіанту мережі слідувати еталонній моделі. Перевірка здійснювалася шляхом послідовного подання на керуючий вхід нейрорегулятора одиничного додатного, нульового і одиничного від'ємного вхідного впливу і обчислення середньоквадратичної помилки вихідної координати об'єкта керування на часовому інтервалі 10 секунд. Попередньо передавальна функція об'єкта керування перетворювалася в систему звичайних диференціальних рівнянь у формі Коші:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2; \\ \dot{x}_2 = (-2T\alpha x_2 - x_1 + kU) / \sqrt{T} \end{cases}$$

Інтегрування системи здійснювалось з постійним кроком 0.01 с. Сумарна похибка за всіма трьома перехідними процесами приймалась як міра невдалості конструкції і використовувалась в подальшому як кількісний індекс для ранжування особин у популяції.

В результаті такого підходу отримано нейромережевий регулятор з параметрами налаштування, близькими до оптимальних, що було підтверджено імітаційним моделюванням в пакеті Matlab. Подальший розвиток запропонованих підходів уможливить створення адаптивно-оптимальних інтелектуальних систем керування складними об'єктами нафтогазової промисловості в умовах інформаційної невизначеності процесу отримання інформації про стан керованого об'єкта.

### Література

- 1 Семенцов Г.Н. Автоматизація технологічних процесів у нафтовій та газовій промисловості: навчальний посібник / [Г.Н. Семенцов, Я.Р. Когуч, Я.В. Куровець та ін.] – Івано-Франківськ: Факел, 2009. – 300 с.
- 2 Сабанин В.Р. Оптимизация настроечных параметров регулирующих устройств в АСР / В.Р. Сабанин, Н.И. Смирнов, А.И. Репин // Сборник трудов конференции Control-2003. – М.: МЭИ, 2003. – С. 144-148.
- 3 Вороновский Г.К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / [Г.К. Вороновский, К.В. Махотило, С.Н. Петрашев, и др.] – Харьков: Основа, 1997. – 165 с.
- 4 Махотило К.В. Разработка методик эволюционного синтеза нейросетевых компонентов систем управления: дисс. ... канд. техн. наук / В. Махотило. – Харьков: ХГПУ, 1998.
- 5 Сабанин В.Р. Автоматические системы регулирования на основе нейросетевых технологий / В.Р. Сабанин, Н.И. Смирнов, А.И. Репин // Сборник трудов конференции Control-2003. М.: МЭИ, 2003. – С. 45-51.

Стаття надійшла до редакційної колегії 10.03.10

Рекомендована до друку професором В. М. Юрчишиним