

УДК 626.84:644.65:614.777(075.8)

В.М.Штепа<sup>1</sup>, Н.А.Засць<sup>1</sup>, Ф.І.Гончаров<sup>1</sup>, Г.М.Желновач<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>2</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## НЕЧІТКА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВНЕСЕННЯМ РЕАГЕНТІВ ПРИ ОЧИСТЦІ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

*Синтезовано нечітку систему регулювання внесенням реагентів у стічні води промислового об'єкта (птахівничого комплексу), перевірено адекватність розробленої нечіткої моделі.*

Серед промислових об'єктів, стосовно скиду небезпечних для навколишнього природного середовища стічних вод, окремо виділяються птахівничі комплекси. Оскільки у їхніх, як правило, недостають очищених, стічних водах містяться високі концентрації вірусів, мікробів та бактерій [1].

Як засіб доведення до регламентованих граничнодопустимих концентрацій параметру Coli-index, комплексного для встановлення вірусно-мікробно-бактеріальної безпеки води, вибрали гіпохлорування. При цьому врахували його технологічну дослідженість та те, що обробляти потрібно не питну, а стічну воду.

Однак, функціональним недоліком типових гіпохлораторів є неефективність їхньої роботи при постійній нелінійній зміні вхідних параметрів (об'єм, температура, тиск), які мають місце на працюючих птахівничих комплексах [2]. Тому для синтезу відповідної автоматичної системи регулювання (САР) застосували математичний апарат нечіткої логіки, який демонструє достатню ефективність у таких робочих умовах [3-5].

Завданням нашої САР є підвищення ефективності хлорпоглинання на пункті гіпохлорування стічних вод ЗАТ "Комплекс Агромарс" (торгова марка "Гаврилівські курчата"). Цей показник, головним чином, залежить від: об'єму (1000 – 1400 м<sup>3</sup>/год) та температури (16 – 21 °С) стічних вод.

Перша величина нормується СНП 2.04.02-84, останній аспект був досліджений академіком Л.А. Кульським [2]. Об'єм стічних вод залежать від забрудненості господарських приміщень, сезонних температур тощо. Температура стічних вод у свою чергу залежить від температури навколишнього середовища, тобто теж присутній елемент невизначеності. Суттєво ускладнює завдання нелінійність об'єкта [1].

У нашому випадку система управління буде розімкнутою (рис. 1). Неможливість створення замкнутої САР, викликана відсутністю сприймаючих елементів, які б у режимі реального часу здійснювали точне вимірювання вмісту хлору у воді (аналізували хлорпоглинання) при таких великих об'ємах води. Для цього адекватно використовуються лише лабораторні методи.

Алгоритм роботи САР на основі нечіткої логіки складатиметься з кількох етапів. Інформацією, яка надходитиме на вхід системи будуть: витрати води, температури води та швидкості її зміни. Останній параметр нам необхідний для покращання якості управління (тим більше, що процес нагріву та охолодження води містить значну інерційність).

Величини, які вимірюватимуться відповідатимуть реальним значенням змінних процесу керування. Інформація на виході являтиме собою управляючу змінну (значення напруги), що надходитиме через периферійне обладнання на дозуючий насос.

Значення для терм-множин нами взяті з досліджень академіка Л.А. Кульського, вимог СНП 2.04.02-84 і даних ЗАТ "Комплекс Агромарс" (торгова марка "Гаврилівські курчата").

У якості терм-множини першої лінгвістичної змінної використає множину  $T_1 = \{ \text{"дуже великі витрати води"}, \text{"великі витрати води"}, \text{"витрати води у межах норми"}, \text{"малі витрати води"}, \text{"дуже малі витрати води"} \}$ .

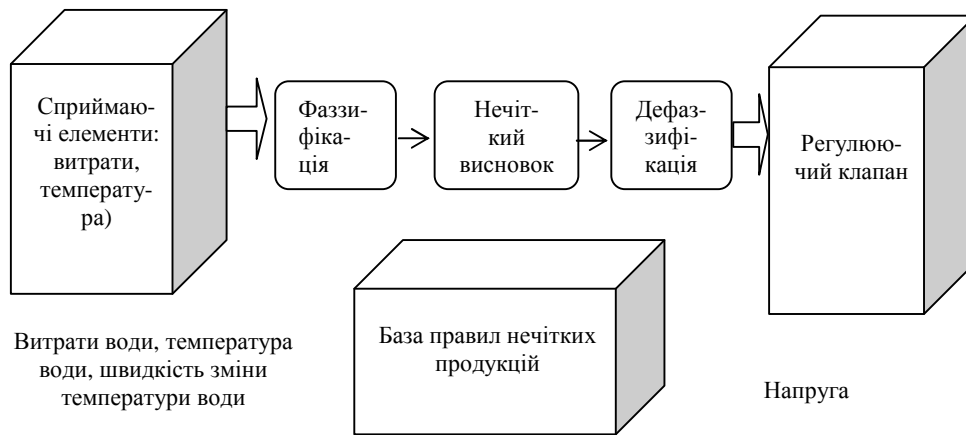


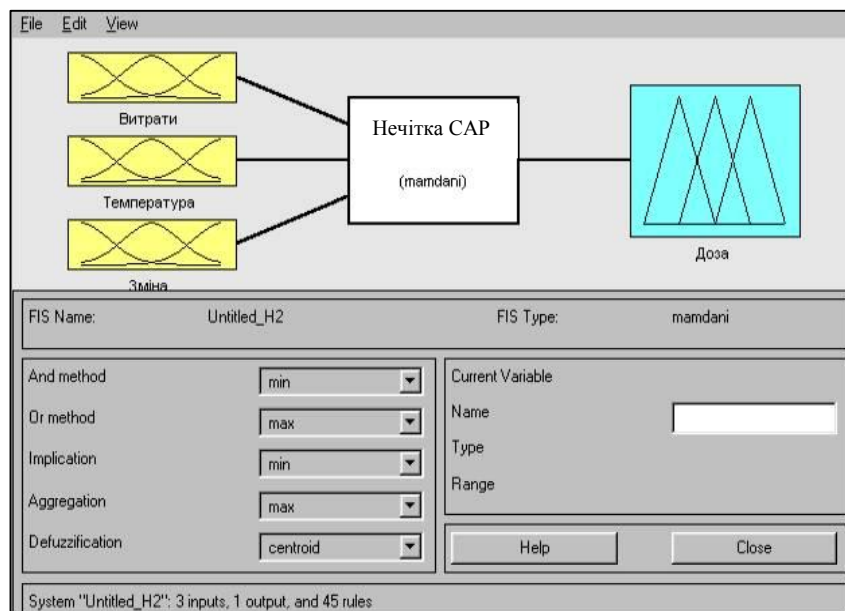
Рис.1 Архітектура компонентів системи нечіткого керування дозатором

У якості терм-множини другої лінгвістичної змінної використаємо множину  $T_2 = \{ \text{"температура води нижче норми"}, \text{"температура води у нормі"}, \text{"температура води вище норми"} \}$ .

У якості терм-множини другої лінгвістичної змінної візьмемо множину  $T_3 = \{ \text{"швидкість зміни температури води додатна"}, \text{"температура води не змінюється"}, \text{"швидкість зміни температури води від'ємна"} \}$ .

У якості терм-множини вихідної лінгвістичної змінної використаємо множину  $T_4 = \{ \text{"дуже сильно збільшити дозу хлору"}, \text{"суттєво збільшити дозу хлору"}, \text{"незначно збільшити дозу хлору"}, \text{"не змінювати дозу хлору"}, \text{"незначно зменшити дозу хлору"}, \text{"суттєво зменшити дозу хлору"}, \text{"дуже сильно зменшити дозу хлору"} \}$ .

Всі етапи роботи системи нечіткого регулювання виконуватимуться згідно алгоритму Мамдані реалізованого у пакеті розширення Fuzzy Logic Toolbox "MatLAB" (рис. 2).

Рис.2. Нечітка модель  
(пакет розширення Fuzzy Logic Toolbox "MatLAB")

Математична інтерпретація алгоритму стосовно розглянутої задачі:

1. **Фазифікація:** знаходяться ступені істинності для передумов кожного правила ( $n=350$  – кількість правил;  $x, y, v$  – імена вхідних змінних (відповідно: витрати води, її температура, швидкість зміни температури);  $z$  – ім'я змінної висновку (напруга);  $A, B, H, C$  – експертно задані функції належності, при цьому чітке значення  $Z_0$  необхідно визначити на основі приведеної © В.М. Штепа, Н.А. Засць, Ф.І. Гончаров, Г.М. Желновач

інформації і чітких значень  $x_0, y_0, v_0$ ):

$$A_1(\delta_0), \dots, A_n(\delta_0); \hat{A}_1(\acute{o}_0), \dots, \hat{A}_n(\acute{o}_0); H_1(v_0), \dots, H_n(v_0).$$

2. *Нечіткий висновок*: знаходяться рівні «відсікання» для передумов кожного із правил (з використанням операції *min*):

$$\begin{aligned} a_1 &= A_1(x_0) \wedge B_1(y_0) \wedge H_1(v_0), \\ &\dots \\ a_n &= A_n(x_0) \wedge B_n(y_0) \wedge H_n(v_0), \end{aligned} \tag{1}$$

де через « $\wedge$ » позначена операція логічного мінімуму (*min*).

Потім знаходяться «усічені» функції належності:

$$\begin{aligned} C'_1(z) &= (a_1 \wedge C_1(z)), \\ &\dots \\ C'_n(z) &= (a_n \wedge C_n(z)), \end{aligned} \tag{2}$$

3. *Композиція*: з використання операції МАКСИМУМ (*max*) проводиться об'єднання знайдених усічених функцій, що призводить до отримання підсумкової нечіткої підмножини для змінної виходу з функцією належності:

$$m_{\Sigma}(z) = C(z) = C'_1(z) \vee \dots \vee C'_n(z). \tag{3}$$

4. *Дефазифікація*: приведення до чіткості (для знаходження  $z_0$ ) проводиться аналітичним виразом центроїдного методу для дискретного випадку:

$$z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n a_i z_i}{\sum_{i=1}^n a_i}. \tag{4}$$

Налаштування та перевірка створеної моделі на адекватність, при якому експертну оцінку давав фахівець "Вимірювальної лабораторії якості поверхневих, підземних та стічних вод і об'єктів сільськогосподарського виробництва" НУБіП України, велась з використанням досліджень академіка Л. А. Кульського. Використано сто характерних точок. При порівнянні роботи нечіткого регулятора з експериментальними дослідженнями була отримана розбіжність по кожній з точок та розраховане середньоквадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (Dz_{експер} - Dz_{теор})^2}{100}} = 1,27, \text{ г/год} \tag{5}$$

де:  $Dz_{експер}$  – експериментально отримана доза хлору;

$Dz_{теор}$  – теоретично отримана доза хлору (нечітка модель)

Провівши аналіз середньоквадратичного відхилення та поверхні відгуку (рис. 3), прийшли до висновку, що модель – адекватна, однак потребує певного підлаштування параметрів. Завдання підлаштування – вийти на значення середньоквадратичного відхилення менше 1 г/год.

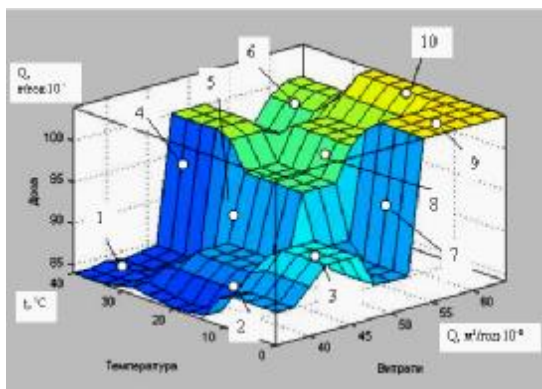


Рис. 3. Залежність дози активного хлору від витрат та температури води (нанесено 10 характерних точок)

У процесі дослідження було виявлено, що швидкість нагрівання води суттєво не впливає на вихідну змінну. Тому нами змінювались, шляхом редагування у FIS-редакторі, терм-множини і функції належності двох інших вхідних змінних (витрат та температури води).

На рисунку 4 наведено етапи налаштування нечіткого регулятора до значення середньоквадратичного відхилення менше одиниці, зупинено на значенні відхилення – 0,08 г/год (16-ий навчальний етап).

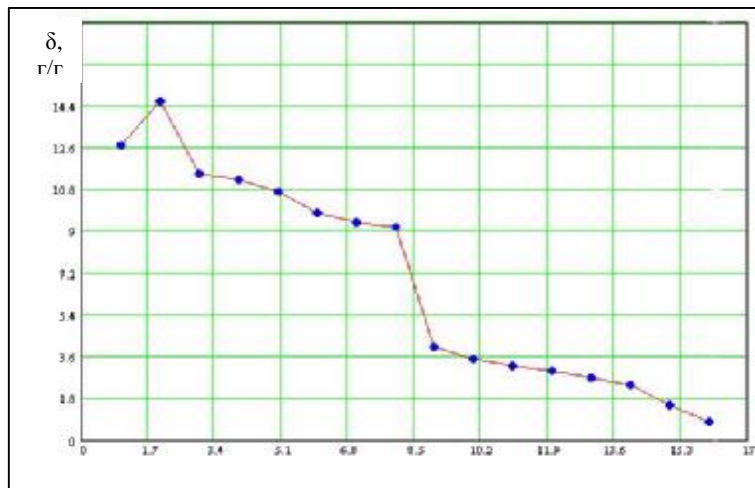


Рис.4. Етапи ітераційного налаштування нечіткого регулятора дозування реагентів

**Висновок.** Враховуючи особливості середовищі MatLAB, де відповідна нечітка модель у робочому полі Simulink із використанням периферійного обладнання технічних засобів автоматизації може застосовуватись як система управління виробничим об'єктом, зазначаємо, що розроблена на основі нечіткої логіки САР гіпохлоруванням стічних вод птахівничого комплексу може проходити виробничу апробацію.

1. Штепа В.М. Аналітичне моделювання як об'єкта керування резервуара для змішування стічних вод птахофабрики та гіпохлоритних розчинів отриманих електролізом / В.М. Штепа // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: НАУ. – 2007. – Вип. 115. – С.109-112.
2. Лисенко В.П. Передумови створення автоматичної системи керування електролізними процесами очистки стічних вод промислових птахівничих комплексів з використанням нейроінформаційних технологій / В.П. Лисенко, В.М. Штепа // Аграрна наука і освіта. – К.: НАУ. – 2006. – Т.7. - № 1-2. – С. 99-104.
3. Асаи К. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи./Под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено.- М.: Мир, 1993. – 368 с.
4. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер с польск / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 452 с.
5. Митюшкин Ю.И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний / Ю.И. Митюшкин, Б.И. Мокин, А.П. Ротштейн. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2002. – 145 с.