

УДК 620.66.022

**СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СУМІШІ СИПКИХ
КОМПОНЕНТІВ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЕРА НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

Т.Я. БІЛА, В.В. СТАЦЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайну

В статті розглянуто принципи створення системи керування змішувальним комплексом на основі алгоритмів нечіткого моделювання. Наведено структурну схему та розкрито результати дослідження роботи системи контролю параметрів суміші на основі контролера нечіткої логіки

Приготування сипких композицій широко використовується в різних галузях легкої, хімічної промисловості, в агропромисловому комплексі, будівництві та пов'язано з переробкою матеріалів, що складаються з істотно неоднорідних за розмірами і густиною частинок. Підвищення вимог до якості сумішей, тобто сумішей із заданим розподіленням компонентів, зумовлює необхідність розробки автоматизованих змішувальних комплексів, основними складовими яких є дозатори, змішувач та система керування. На сьогоднішній день існує велика кількість різноманітних конструкцій цього обладнання, але задача створення систем, які дозволяють контролювати перебіг процесу формування композиції сипких матеріалів, досі є актуальною. Складність створення таких систем зумовлюється складним характером руху частинок компонентів суміші всередині змішувального комплексу, а також такими властивостями сипких матеріалів, як злежуваність, плинність та насипна густина. Формування математичних моделей, що враховують всі особливості конструкцій змішувального обладнання, параметри компонентів суміші, а також їх змінювання, що може виникати у процесі змішування, є дуже складною задачею. Крім того необхідно враховувати, що система керування, створена на основі такої моделі, потребує використання потужних, а отже і достатньо дорогих, обчислювальних приладів.

З іншого боку, керування роботою змішувальним комплексом може бути здійснено досвідченим спеціалістом (експертом), який знає особливості обладнання і на основі інформації про поточний склад суміші може відкоригувати режими його роботи. Основними проблемами, що виникають під час використання такого способу керування, є порівняно низька швидкість реакції людини та виникнення помилок, пов'язаних із втомлюваністю. Вирішення цих проблем можливе за рахунок використання систем керування з нечіткою логікою, які на відміну від традиційних систем створюються не на основі системи диференційних рівнянь, а на основі знань експертів (експертних оцінок) [1]. На сьогоднішній день реалізація таких систем значно спрощується за рахунок наявності на ринку контролерів нечіткої логіки, які випускаються компаніями Intel, Motorola та іншими.

Застосування таких систем надає наступні можливості:

- оперування нечіткими критеріями, наприклад, «більше», «менше», «швидко», «повільно»;
- проведення якісних оцінок як вхідних даних, так і вихідних результатів;
- проведення швидкого моделювання складних динамічних систем та їх порівняльний аналіз із заданим ступенем точності;
- оперування даними, які неможливо задати однозначно, наприклад, результатами статистичних опитувань.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження є система контролю параметрів суміші сипких компонентів на основі контролера нечіткої логіки.

Постановка завдання

Метою дослідження є розробка структури та алгоритмів роботи системи керування змішувальним комплексом безперервної дії на основі контролера нечіткої логіки, а також моделювання роботи такої системи під час виникнення відхилень у співвідношенні компонентів суміші від заданої величини.

Результати та їх обговорення

Структурна схема змішувального комплексу з системою контролю, що досліджується, наведена на рис.1. До її складу входить відцентровий змішувач безперервної дії 1, дозатори ключового 2 та основного 3 компонентів суміші, ємнісний датчик 4 для визначення відсоткового складу суміші та пристрій керування.

Для спрощення структури та дослідження системи розглянуто лише керування роботою дозатора ключового компонента, тобто вважається, що у роботі дозатора основного компоненту відхилень не виникає.

Принцип дії контролерів нечіткої логіки полягає у перетворенні сигналів зворотного зв'язку у нечіткий формат (фазіфікації), їх обробці, дефазіфікації та передачі на керуючі прилади.

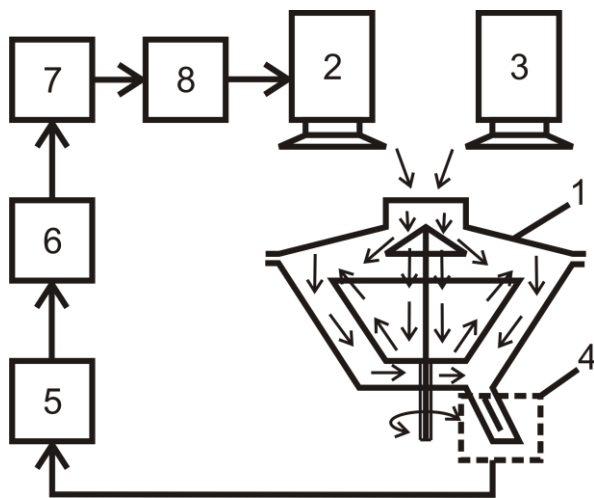


Рис.1. Структурна схема системи контролю відсоткового складу суміші

встановлений ємнісний датчик 4. Сигнал датчика визначається відсотковим складом суміші. Цей сигнал надходить до пристрою керування, де аналізується контролером. В залежності від результатів аналізу, контролер формує сигнал керування дозатором ключового компонента, тобто збільшує або зменшує швидкість подання компонента суміші у змішувач.

На схемі (рис.1) контролер нечіткої логіки

представлений у вигляді трьох блоків:

- блоку фазіфікації 5, що перетворює сигнал датчика у нечітку величину;
- блоку прийняття рішень 6, який за допомогою заданих експертами правил перетворює нечітку величину у нечіткий сигнал керування;
- блоку дефазіфікації 7, що перетворює нечіткий сигнал у сигнал керування приводом дозатора ключового компонента 8.

Під час роботи системи компоненти у заданому співвідношенні подаються дозаторами 2, 3 у змішувач 1, в якому вони перемішуються та поступають до вихідного патрубку, де

Згідно зі створеною схемою, контролер нечіткої логіки формує сигнал керування на основі даних про поточний відсотковий склад суміші. Тобто є один вхідний та один вихідний сигнали. Кожен з цих сигналів необхідно описати за допомогою лінгвістичних змінних.

Під час оцінки вхідного сигналу, експерти порівнюють його із заданими значенням та в залежності від результатів порівняння позначають його «більшим», «меншим» або «рівним» заданому. Формалізація цих оцінок здійснюється за допомогою лінгвістичної змінної [2], яка характеризується наступними параметрами: b – назва змінної, T – множина значень змінної, X – множина значень реального сигналу, G – процедура, що дозволяє утворювати нові терми за допомогою операторів «так», «або» та «ні», M – процедура для перетворення нового значення лінгвістичної змінної, що отримана за допомогою процедури G , в нечітку змінну.

Сигнал датчика відсоткового складу суміші опишемо за допомогою лінгвістичної змінної «Концентрація ключового компонента». Її значення у першому наближенні визначаємо за допомогою двох термів: «більша за задану» та «менша за задану». Для фізичної реалізації лінгвістичної змінної необхідно встановити точні значення термів. Враховуючи принцип дії змішувального комплексу, можна стверджувати, що значення концентрації ключового компоненту суміші знаходиться в діапазоні від 0 до 100%. Згідно з теорією нечітких множин, кожному значенню з цього діапазону може бути поставлене у відповідність деяке число від 0 до 1, яке визначає ступінь приналежності даного складу суміші до того чи іншого терму лінгвістичної змінної. Наприклад, для терму «більша за задану» значення 0 означає, що всі експерти вважають поточну кількість ключового компоненту меншою за задану, а значення 1 – навпаки.

У нашому випадку для змінної «Концентрація ключового компонента» необхідно задати дві функції приналежності, що будуть відповідати кожному з термів. Графічно ці функції зображені на рис.2.

Зазначимо, що значення коефіцієнтів рівнянь, які описують функції приналежності, визначаються на основі експертних оцінок.

Наступним кроком є завдання лінгвістичної змінної для вихідного сигналу контролера. Зважаючи на те, що у змішувальному комплексі, який розглядається в даній роботі, використовуються дозатори тарілчастого типу, сигналом керування має бути зміна швидкості обертання диску дозатора, тобто її прискорення. Вважаємо, що у початковий момент часу швидкість обертання диску та концентрація ключового компонента відповідають заданим, отже прискорення диску дорівнює нулю. Якщо виникають зміни у відсотковому складі суміші, то контролер повинен подавати сигнал збільшення або зменшення швидкості обертання диску доки концентрація ключового компонента не стане дорівнювати заданій. Створюємо лінгвістичну змінну «Прискорення диску дозатора» за аналогією із змінною «Концентрація ключового компонента». Введемо терми: «Збільшити швидкість» та «Зменшити швидкість». Задаємо діапазон змінювання прискорення диску дозатора у відносних одиницях від 0 до 1 та функції приналежності (рис.3).

На цьому графіку за віссю абсцис відкладено відхилення концентрації ключового компонента від заданого значення $\Delta C_{\text{КК}}$, а за віссю ординат – прискорення диску дозатора (одиниця відповідає максимально можливому значенню, нуль – постійній швидкості).

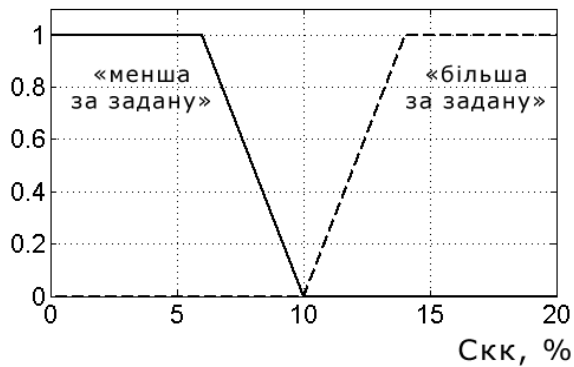


Рис. 2. Функції приналежності для змінної
«Концентрація ключового компоненту»

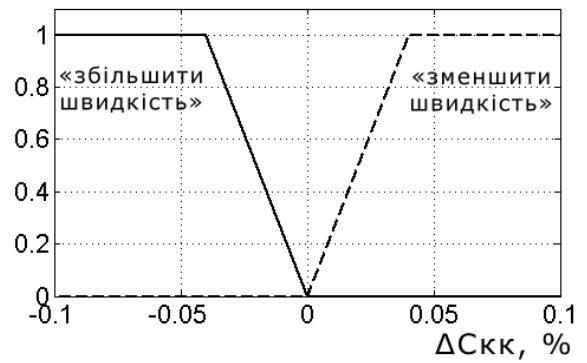


Рис.3. Функції приналежності для змінної
«Прискорення диску дозатора»

Останній етап створення моделі з нечіткою логікою – встановлення залежностей між вхідними та вихідними сигналами. Для даної системи їх можна описати за допомогою наступних виразів.

ЯКЩО «Концентрація менша за задану» ТО «Збільшити швидкість»
ЯКЩО «Концентрація більша за задану» ТО «Зменшити швидкість»

Для визначення характеру перехідних процесів, що виникають в процесі роботи системи, у програмному середовищі MatLAB створено математичну модель, яка включає: контролер нечіткої логіки, дозатори тарілчастого типу, відцентровий змішувач безперервної дії та датчик концентрації ключового компоненту суміші. Структура моделі відповідає структурній схемі системи контролю, наведеної на рис. 1.

Продуктивність дозатора Q (кг/с) визначається за формулою [3]:

$$Q(t) = \frac{h^2 \omega(t) \rho}{2tg\varphi} \left[R + \left(\frac{h}{3tg\varphi} \right) \right], \quad (1)$$

де ρ - насипна густина матеріалу (кг/м³), h – відстань від нижнього краю стакану до поверхні диску (м); R – радіус стакану з сипким матеріалом (м); φ - кут природного укосу матеріалу (град).

Змішувач у моделі представлений у вигляді аперіодичної ланки першого порядку з передаточною функцією W_3 :

$$W_3 = \frac{1}{T_3 p + 1}, \quad (2)$$

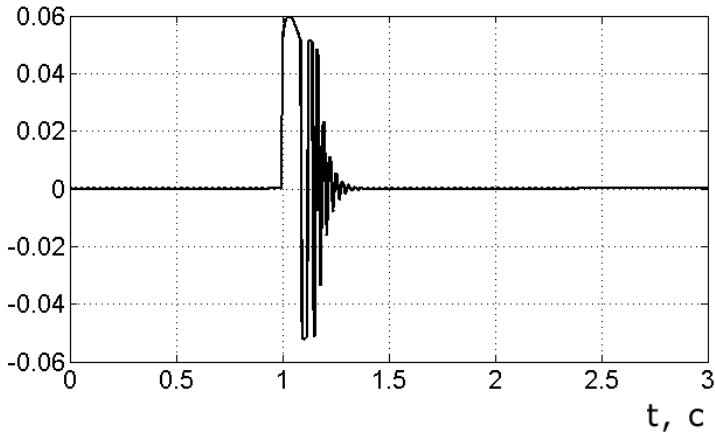
де T_3 – постійна часу змішувача.

Досліджувалась реакція системи на миттєве зменшення концентрації ключового компоненту суміші з 10% (задана величина) до 2%. Вихідні дані: кут природного укосу $\varphi = 40^\circ$, насипна густина

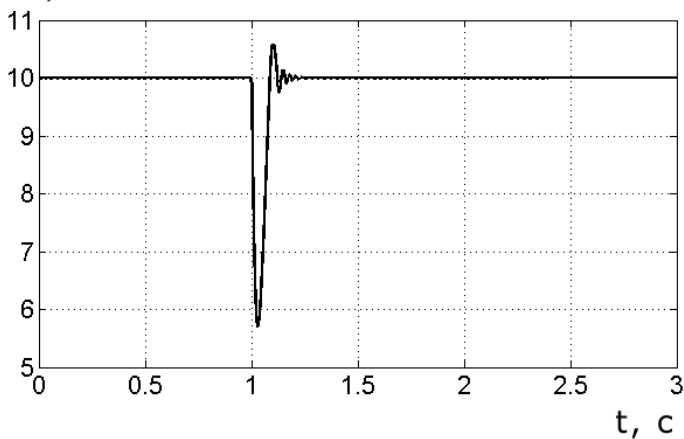
$\rho = 500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; висота зазору дозатора $h = 0,1 \text{ м}$, радіус диску $R = 0,3 \text{ м}$, постійна часу $T_3 = 0,05$.

Результати моделювання наведені на рис.4.

Сигнал контролера



Скк, %



Їх аналіз дозволяє зробити наступні **висновки**:

- запропонована система виправляє відхилення концентрації ключового компоненту суміші від заданого значення приблизно за 0,3 с, тобто є працездатною;
- перехідний процес має коливальний характер, величина перерегулювання становить $\delta = 43\%$, час першого узгодження - $t_1 = 0,15 \text{ с}$, тривалість перехідного процесу - $t = 0,28 \text{ с}$;
- для покращення якості перехідних процесів доцільно провести дослідження впливу параметрів функції приналежності на вихідний сигнал контролера.

Рис. 4. Результати моделювання

ЛІТЕРАТУРА

1. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
3. Біла Т.Я., Стаценко В.В. Моделювання автоматизованої системи керування приводом тарілчастого дозатора сипких матеріалів. // Вісник КНУТД №5, 2010, С.27–32.