

**Оценка точности и быстродействия при вероятностной форме представления информации/ Н. Е. Сапожников, Д. В. Моисеев, П. С. Бейнер, Н. В. Бейнер// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.39-44 . – Бібліогр.: 5назв.**

Проведена оцінка залежності точності і швидкодії при поданні дискретної інформації у вигляді імовірнісних відображень, що робить можливим застосування ймовірнісної форми подання інформації для побудови інформаційно-вимірювальних систем.

**Ключові слова:** ймовірна форма подання, точність, швидкодія.

Accuracy dependence on processing speed when discrete information in the form of a probabilistic mapping representing is estimated. It enables the application of probabilistic information representation form for information-measuring systems design.

**Keywords:** probabilistic form of presentation, accuracy, speed.

## УДК 681.5

*Л. Д. ЯРОЩУК*, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КПІ», Київ;

*О. А. ЖУЧЕНКО*, асистент, НТУУ «КПІ», Київ

### **НАЛАШТУВАННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕЖИМОМ ПУСКУ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРІВ**

Представлені результати налаштування нечіткої системи керування режимом пуску процесу екструзії полімерів. Показано, що факторами, які найбільш впливають на якість системи керування, є кількість термів лінгвістичних змінних та відповідні функції належності, діапазони вхідних змінних, а також складові бази правил. Запропоновані напрямки подальших досліджень.

**Ключові слова:** нечітка система, полімер, екструдер, режим пуску

**Вступ.** Сьогодні полімерна продукція використовується фактично у всіх областях людської життєдіяльності. Одним з основних технологічних процесів у виробництві полімерних матеріалів є процес екструзії. Підвищення загальної ефективності даного процесу пов'язане з забезпеченням ефективної роботи на кожній з його стадій. Однією із стадій процесу екструзії є режим його пуску, тобто переходу від стану, коли продукція не виробляється, до стану виробництва продукції із заданими якісними і кількісними характеристиками. Цей режим роботи є режимом непродуктивної витрати сировини та енергоресурсів і, значить, безпосередньо негативно впливає на показники ресурсо- та енергоефективності виробництва.

До теперішнього часу проведення пуску процесу екструзії залишається «мистецтвом оператора» [1], який, базується на власному досвіді та розумінні процесу, виконує функції багатовимірної системи керування. Тому підвищення ефективності пуску процесу екструзії пов'язано із створенням відповідної автоматичної системи керування.

**Постановка задачі.** Задача керування пуском процесу екструзії є достатньо складною, тому що сам процес характеризується багатопараметричністю, причому саме на стадії пуску його параметри змінюються найбільш інтенсивно. Технологічні ситуації, що виникають під час пуску, практично не повторюються, що не дозволяє створити програмну систему керування [2].

Останнім часом для автоматизації процесу пуску екструдерів застосовують

нечіткі системи керування [3-5]. У роботі [6] запропонована нечітка система керування режимом пуску процесу екструзії полімерів. Ця система, як і будь-яка інша система керування, має бути найкращим чином налаштована для забезпечення найбільш ефективної її роботи.

На відміну від параметричних регуляторів, для яких наперед відомі параметри налаштування і при наявності заданого критерію якості можна відносно легко знайти їх оптимальні значення [7-10] для нечітких регуляторів ця задача не є тривіальною. Це, перш за все, пов'язане з тим, що наперед назвати параметри налаштування неможливо.

Якщо говорити про фактори налаштування нечітких регуляторів, то до таких треба віднести: вибір лінгвістичних змінних та діапазонів їх зміни, формулювання термів лінгвістичних змінних, визначення видів функції належності, формування бази правил, вибір алгоритмів фаззифікації та дефаззифікації. Даний перелік свідчить про суттєву складність задачі налаштування нечіткого регулятора. У певному розумінні на сьогоднішній день розв'язання даної задачі є «мистецтвом проектувальника» нечіткої системи керування. Але, незважаючи на наведені вище труднощі, дана задача повинна бути розв'язана, причому розв'язана на етапі проектування системи керування.

**Мета роботи.** Метою даної роботи є налаштування нечіткої системи керування [6] режимом пуску процесу екструзії полімерів.

**Структурна схема системи керування, що досліджується.** Для проведення дослідження впливу названих вище факторів налаштування на ефективність системи керування режимом пуску процесу екструзії полімерів з метою визначення на етапі проектування їх найкращих кількісних і якісних характеристик потрібно скористатися моделлю режиму пуску. Така модель запропонована у роботі [7] і базується на штучних нейронних мережах.

Отже, структурна схема системи керування, що досліджується, представлена на рис. 1.

На рис. 1 використовуються

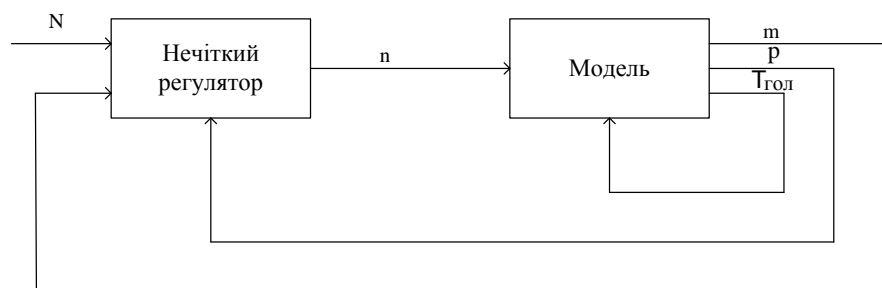


Рис. 1 – Структурна схема нечіткої системи керування такі позначення:  $N$  – кінцеве (регламентне) значення швидкості обертання шнеку екструдера;  $n$  – поточна швидкість обертання шнеку;  $P$  і  $T_{гол}$  – відповідно тиск і температура у головці екструдера;  $m$  – момент на валу привода шнеку.

Подальше дослідження було проведено за такими напрямками: а) налаштування функції належності; б) чутливість системи керування по відношенню до бази правил; в) залежність якості керування від діапазону вхідних і вихідних змінних.

**Налаштування функцій належності.** При формуванні функції належності для кожної лінгвістичної змінної потрібно враховувати наступні фактори: 1) кількість термів; 2) вид функції (трикутна, трапеційдальна та ін.); 3) чисельні діапазони кожного терму.

- У загальному випадку дана задача має нескінченну кількість розв'язків. Тому, по-перше, обмежимося трикутними і трапеційдальними функціями належності. По-друге, будемо вважати, що вхідні лінгвістичні змінні мають:

а) три терми; б) п'ять термів.

У результаті дослідженню підлягають такі варіанти функцій належності: для змінної  $m_1$  (рис. 2), яка згідно [6] пропорційна  $m\%$  -  $n\%$  ( $m\%$  - відношення, виражене у відсотках, поточного моменту до максимально допустимого;  $n\%$  - відношення, виражене у відсотках, поточної швидкості обертання шнеку до кінцевого (регламентованого) значення).

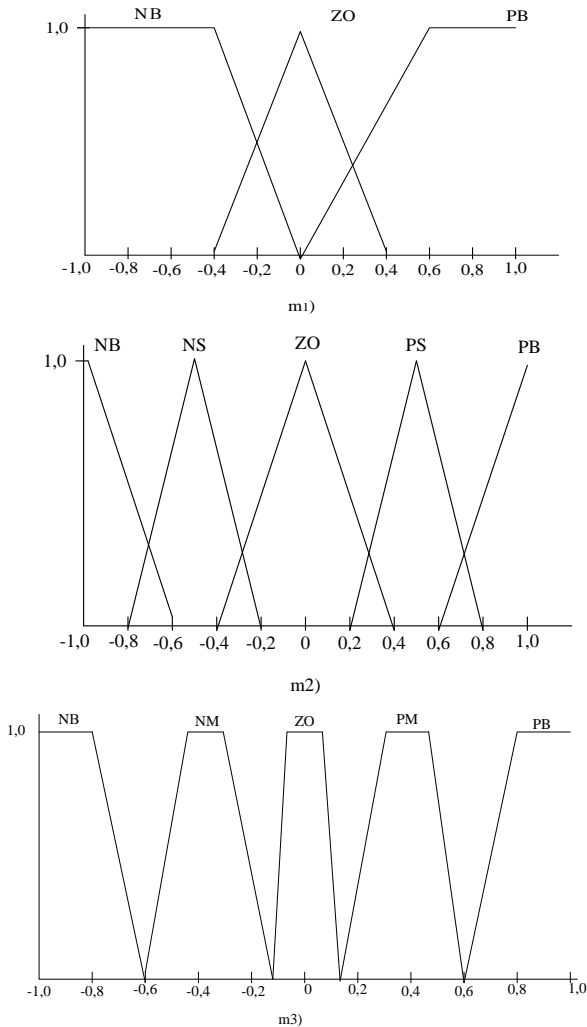


Рис. 2 – Варіанти  $m_1$ ,  $m_2$  та  $m_3$  функцій належності для змінної  $m_1$  для змінної  $n_1$  (рис. 3), яка згідно [6] пропорційна  $n-N$  ( $N$  – задане кінцеве значення швидкості обертання шнеку)

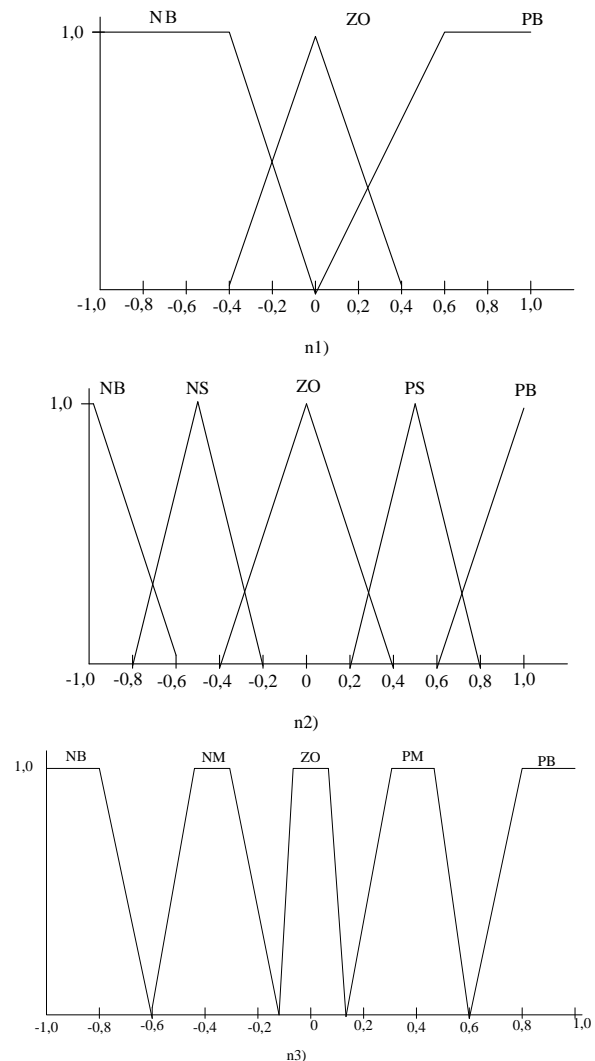


Рис. 3 – Варіанти  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  функцій належності для змінної  $n_1$

На рис. 2 та 3 використано такі позначення: NB – від'ємне велике, NS – від'ємне мале, ZO - норма, PS – додатне мале, PB – додатне велике.

Результати моделювання показані на рис. 4.

Як видно з представлених графіків непрацездатною взагалі виявляється система керування, яка використовує 3 терми лінгвістичних змінних  $m_1$  і  $n_1$  у будь-якому з розглянутих варіантів (рис. 4 а - д).

Малопрацездатним є і варіант застосування трикутних функцій належності для обох вхідних лінгвістичних змінних (рис. 4 е). Варіантами комбінацій функцій належності, які в принципі можуть бути використані  $m_2$ - $n_3$  (рис. 4ж) та  $m_3$ - $n_2$  (рис. 4з). Але процес пуску дуже затягнутий у часі за рахунок «зворотних» рухів.

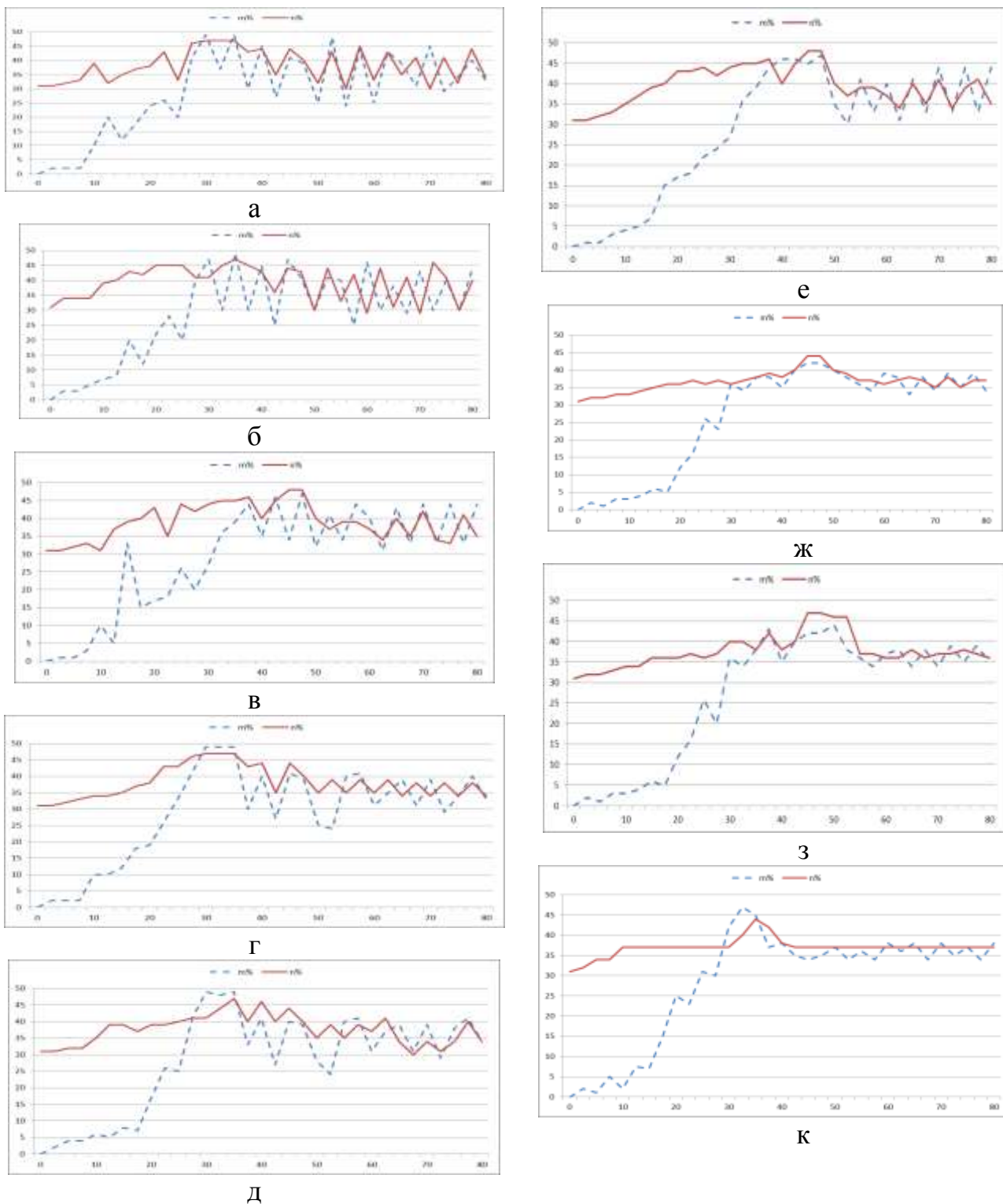


Рис.4 – Результати моделювання системи керування режимом пуску для різних комбінацій функцій належності вхідних змінних: а -  $m_1-n_1$ ; б -  $m_1-n_2$ ; в -  $m_1-n_3$ ; г-  $m_2-n_1$ ; д -  $m_3-n_1$ ; е -  $m_2-n_2$ ; ж -  $m_2-n_3$ ; з -  $m_3-n_2$ ; к -  $m_3-n_3$ .

Із усіх комбінацій функцій належності, що розглядалися, повністю працездатною є комбінація  $m_3-n_3$  (рис. 4 к). Цей варіант системи керування забезпечує досягнення заданої швидкості обертання шнеку (37%) за приблизно 40 хвилин без будь-якого блокування. При цьому  $n\%$  трошки перевищує  $m\%$ .

Для подальших досліджень комбінацію  $m_3-n_3$  взяли за базову.

**Дослідження чутливості системи керування по відношенню до елементів бази правил.** Вище наведене дослідження можливості застосування різних комбінацій функцій належності вхідних змінних у системі керування режимом пуску процесу екструзії полімерів. Кожній з розглядуваних комбінацій відповідає своя база правил у структурі нечіткого регулятора. Наведемо лише базу правил для найбільш вдалої комбінації  $m_3-p_3$  (табл. 1).

Таблиця 1 - База правил нечіткого регулятора

Лінгвістична змінна $m_1$	NB	NS	ZO	PS	PB
Лінгвістична змінна $p_1$					
NB	+3 $\Delta$	+ 2 $\Delta$	+2 $\Delta$	+ $\Delta$	0
NS	+2 $\Delta$	+ $\Delta$	+ $\Delta$	- $\Delta$	-2 $\Delta$
ZO	0	0	0	- $\Delta$	-2 $\Delta$
PS	- $\Delta$	- $\Delta$	- $\Delta$	- $\Delta$	-2 $\Delta$
PB	-2 $\Delta$	-2 $\Delta$	-2 $\Delta$	-3 $\Delta$	-4 $\Delta$

У табл. 1  $\Delta$  означає величину стандартної зміни швидкості обертання. У даному дослідженні значення  $\Delta$  дорівнювало 1% від діапазону зміни швидкості. Треба зазначити, що ця величина також залежить від частоти внесення керувальних діянь: чим частіше вносяться зміни у сигнал керування, тим меншою має бути величина  $\Delta$ . Це пов'язано з небезпекою блокування шнеку, що призводить до значних ремонтних робіт.

З метою дослідження чутливості системи керування до змін у базі правил були внесені наступні корективи: 1) якщо  $p_1 \in NB$ , а  $m_1 \in ZO$ , то вихід буде + $\Delta$  (замість +2 $\Delta$ ); 2) якщо  $p_1 \in NS$ , а  $m_1 \in NS$ , то вихід буде +2 $\Delta$  (замість + $\Delta$ ). Результати моделювання на рис. 5.

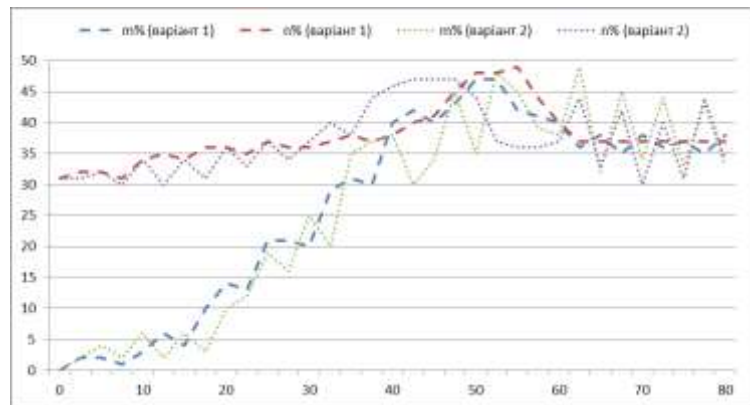


Рис. 5. – Результати моделювання системи керування в умовах внесення коригувань у базу правил

Як свідчать отримані результати, перше коригування (графік 1 на рис. 5) призводить до несуттєвого збільшення тривалості пускового режиму. Другий варіант коригування бази правил викликає більш негативні результати – з'являється небажаний коливний режим, що призводить до значного збільшення тривалості режиму пуску.

Вище розглянуто непринципові коригування бази правил. Спроба змінити правила принципово (наприклад, якщо  $p_1 \in NS$ , а  $m_1 \in PS$ , то вихід буде + $\Delta$ ) потенціально приводить до блокування шнеку екструдера.

**Дослідження впливу величини діапазону вхідних та вихідної змінної на якість системи керування.** Як показано у роботі [6], зміни діапазонів входів і виходів нечіткого регулятора у системі керування режимом пуску процесу екструзії полімерів регулюються масштабними коефіцієнтами  $K_m$ ,  $K_n$  та  $K_N$  (перші два – для вхідних змінних, третій – для вихідної). У табл. 2 наведені значення масштабних коефіцієнтів для різних випадків, які досліджувались у даній роботі.

Таблиця 2 – Значення масштабних коефіцієнтів

№ випадку	$K_m$	$K_n$	$K_N$
1	0,0384	0,035	10
2	0,0417	0,035	10
3	0,0384	0,035	5
4	0,300	0,035	10

Результати моделювання представлені на рис. 6.

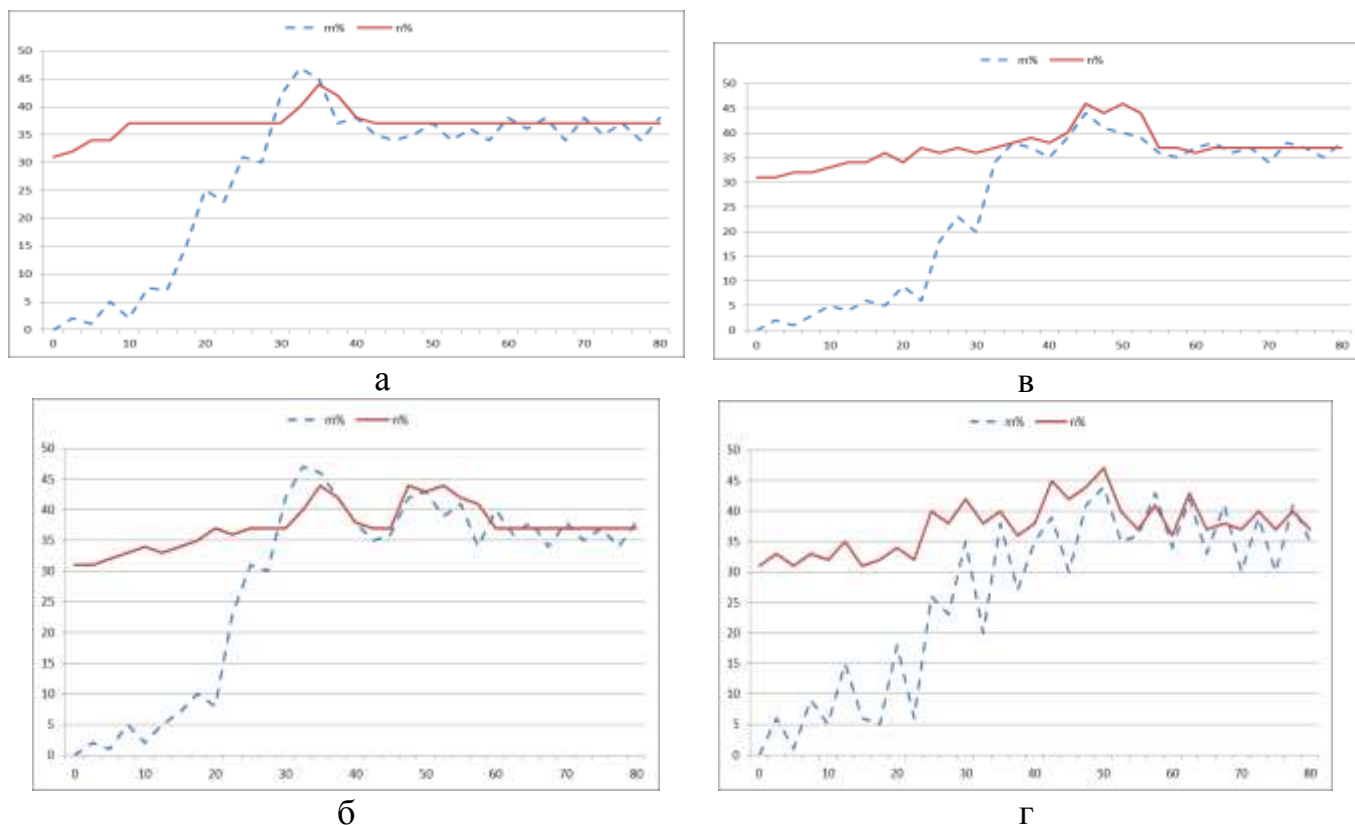


Рис. 6 – Результати моделювання системи керування для різних значень масштабних коефіцієнтів: а - випадок 1; б - випадок 2; в - випадок 3; г - випадок 4

Із отриманих результатів зрозуміло, що якість системи керування режимом пуску екструдера суттєво залежить від правильного вибору масштабних коефіцієнтів. Невірний вибір коефіцієнтів може призвести не тільки до погіршення якості системи керування, як показано на рис. 6б та 6в, а й до неможливості її застосування (рис. 6 г).

**Висновки.** Синтез нечіткої системи керування режимом пуску процесу екструзії полімерів є нетривіальною задачею, яка передбачає вибір термів лінгвістичних змінних, побудову ефективних функцій належності, формування бази правил, визначення діапазонів вхідних та вихідних змінних.

Проведене дослідження показало важливість правильного визначення всіх названих вище факторів налаштування нечіткої системи керування.

У даній роботі показано, яким чином можна налаштувати нечітку систему керування у «ручному» режимі. Безумовно, це дуже складна задача, яка вимагає значного часу для її розв'язання, причому нема ніякої гарантії, що отриманий кінцевий результат є глобальним оптимумом. Навпаки, є велика ймовірність що цей результат є локальним оптимумом.

У зв'язку з цим у подальших дослідженнях доцільно залучити сучасні методи еволюційного моделювання, зокрема, генетичні алгоритми, для розв'язання задачі налаштування нечітких систем керування режимом пуску процесу екструзії полімерів.

**Список літератури:** 1. Труфанова, Н. М., Плавление полимеров в экструдерах [текст] / Н. М. Труфанова, А. Т. Щербинин., В. И. Янков // – Изд-во: Ник «Регулярная и хаотическая динамика», Ин-т компьютерных исследований, 2009. – 332 с. 2. Popescu, O., A new approach to modeling and control of a food extrusion process using neural networks and expert system [текст] / O. Popescu, D. C. Popescu, J. Wilder, M. V. Karwe //– Journal of Food Process Engineering. – 2001, 24(1), pp. 17–36. 3. Le, S. J. Application of fuzzy control to start-up of twin screw extruder [текст] / S. J. Le, C. G Hong., T. S. Han, J. Y. Kang, Y. A. Kwon // – Food Control, 2002, 13, pp. 301–306. 4. Ferdinand, J. M., Monitoring and optimization of the extrusion cooking process [текст]. J. M. Ferdinand, M. L. Holly, E. H. A. Prescott, P. Richmond, A. C. Smith // In M. Renard & J. J. Bimbenet (Eds.), Automatic control and optimization of food process (pp. 519–530). London: Elsevier Applied Science, 1988 5. Ferdinand, J. M., Monitoring and control of the extrusion cooking process [текст]. J. M. Ferdinand, M. L. Holly, E. H. A. Prescott, P. Richmond, A. C. Smith // In R. W. Field & J. A. Howell (Eds.), Process engineering in the food industry: development and opportunities (pp. 77–93). London: Elsevier Applied Science, 1989 6. Жученко, О. А. Нечітка система керування режимом пуску процесу екструзії полімерів [текст] // О.А. Жученко. Інтегровані технології та енергозбереження №1,- 2013. с. 96-100 7. Жученко, О. А. Моделювання режиму пуску процесу екструзії полімерів [текст] // О.А. Жученко. Вісник НТУУ «ХПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, №2 – 2013.

Надійшла до редколегії 02.06.2013

УДК 681.5

**Налаштування нечіткої системи керування режимом пуску процесу екструзії полімерів / Л. Д. Ярошук, О. А. Жученко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.44-50. – Бібліогр.: 7 назв.**

Представлены результаты настройки нечеткой системы управления режимом пуска процесса экструзии полимеров. Показано, что факторами, которые наиболее влияют на качество системы управления, является количество термов лингвистических переменных и соответствующие функции принадлежности, диапазоны входных переменных, а также составные базы правил. Предложенные направления последующих исследований.

**Ключевые слова:** нечеткая система, полимер, экструдер, режим пуска.

Results of fuzzy control system tuning of start-up phase of polymers extrusion process are presented. It is shown that the most influential factors on control system quality are terms quantity of linguistic variables and corresponding membership functions, scaling factors and rule base. Directions of future researches were proposed.

**Keywords:** fuzzy control, polymer, wood, extruder, start-up phase.

УДК 518.9+681.51.011

**М. Б. МУНИБ**, соискатель, Таврический национальный университет им.В.И.Вернадского, Симферополь

## **НЕЙРОСЕТЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ЗАДАЧАХ ПРЕСЛЕДОВАНИЯ**

Задачи преследования решаются на основе нейросетевого управления. Нейросетевая система управления строится на основе нейросетевого контроллера, который состоит из трех слоев нейронов прямого распространения. Предлагаются примеры реализации нейросетевого управления в задачах преследования. Приводятся результаты обучения системы.

**Ключевые слова:** нейросетевое управления, задачи преследования, нейросетевой контроллер, прямое распространение, алгоритмы обратного распространения ошибки.

© М. Б. МУНИБ, 2013