

2. A certain group of vehicles is also considered as a system. The measurements are taken for N vehicles according to their forward dimensions.

CONCLUSIONS

As a result of the development of traffic flow theory, realistic, practical models of traffic stopping have been developed to study traffic jams when entering and exiting traffic on highways, footpaths, near the STOP sign, and in narrow lanes. In addition, the theory of traffic flows laid the groundwork for an in-depth study of the "behavior" of individual vehicles moving in a common stream. Probabilistic models, based on this theory, have been developed as a useful tool used by traffic engineers in the study of various traffic situations. Another major application of traffic flow theory is considered to be modeling, already in the process of building more logical models, in itself representing the core of common models.

REFERENCES

1. Abashidze I., Didmanidze I. Mathematical modeling of the movement of three-linked road trains. XXXIII International conference Problems of decision making under uncertainties (PDMU-2019). Abstracts. January 24 – February 1, 2019. Hurgada, Egypt. P. 8–9.
2. Prentice-Hall, INC., Englewood Cliffe, New Jersey Transportation and trafik enjineering handbook. 1981.
3. Indiko Abashidze. Traffic rules vehicle in movement and basics of safe driving 2012.
4. Jozph Susman. Introduction to transportation sistem.

АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СКЛОВАРНОЮ ПІЧЧЮ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Жученко А. І., Ситніков О. В.

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧЬЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

Жученко А. И., Ситников А. В.

ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF A GLASS FURNACE WITH FUZZY LOGIC

Zhuchenko A. I., Sytnikov A. V.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Київ, Україна
o.sitnikov@kpi.ua

В роботі розглянута система керування температурних режимів усіх зон регенеративної скловарної пічі ванного типу з адаптацією параметрів її налаштування. Для адаптації використовуються алгоритми нечіткої логіки. Представлено результати порівняльного аналізу діючих систем керування та запропонованих.

Ключові слова: система керування, скловарна піч, нечітка логіка

В работе рассмотрена система управления температурных режимов всех зон регенеративной стекловаренной печи ванного типа с адаптацией параметров ее настройки. Для адаптации используются алгоритмы нечёткой логики. Представлены результаты сравнительного анализа действующих систем управления и предложенных.

Ключевые слова: система управления, стекловаренная печь, нечёткая логика

The work considers the control system of all zones temperature regimes for a regenerative glass furnace of a bath type with parameters tuning adaptation. Fuzzy logic algorithms are used. The results of comparative analysis of real and proposed systems are presented.

Key words: control system, glass furnace, fuzzy logic

Скловарне виробництво є одним з основних складових промисловості України. Постійно зростаючі вимоги до кількості та якості скловиробів, з одного боку, та невпинно зростаюча вартість енергоносіїв, з другого, обумовлюють потребу підвищення ефективності діючого виробництва. Одним із шляхів розв'язання цієї важливої науково-технічної задачі є визначення та впровадження оптимальних режимів роботи діючого технологічного обладнання, що може бути реалізовано за допомогою сучасних систем керування ним.

Скловарна піч є основним технологічним елементом будь-якого скловарного виробництва. Саме тому у даній роботі розглядається система керування регенеративною скловарною піччю ванного типу. Відомі [1, 2] системи керування скловарними печами не забезпечують потрібної якості керування, тому виникає потреба в удосконаленні існуючих систем.

Скловарна піч з точки зору автоматичного керування є об'єктом нелінійним та нестационарним, властивості якого змінюються в процесі роботи. Ці зміни обумовлені зміною рецептури шихти, завантаженням склобою з різними характеристиками тощо. Для врахування таких змін неможливо використати вимірювальну апаратуру. В той же час вони вимагають переналаштовувати (адаптувати) систему керування скловарною піччю відповідно до змін, що відбулися.

У цій ситуації ефективним методом адаптації системи керування видається використання досвіду експертів, а значить, алгоритмів нечіткої логіки. В основі нечіткого керування покладено практичне використання бази знань кваліфікованих спеціалістів та фахівців, що представлені у вигляді лінгвістичних баз правил [3].

Скловарна піч умовно поділена на 7 зон відповідно до точок вимірювання температури скломаси. Кожна пара пальників у відповідній зоні містить власний регулюючий блок (контур). На рис. 1 представлена структурна схема системи керування скловарною піччю з адаптацією параметрів налаштування за допомогою нечіткої логіки, де об'єкт 1 – пальник, об'єкт 2 – скломаса, регулятор 1 – регулятор стабілізуючого контуру, регулятор 2 – регулятор коригуючого контуру, X – вхід до системи (задане значення температури скломаси на виході з відповідної зони варіння), $Y1$ – вихід об'єкта 1 (температура газу на виході з пальника), $Y2$ – вихід об'єкта 2 (температура скломаси в конкретній точці вимірювання), $U1$ – керуюча дія в контурі стабілізації (контроль витрати газу), $U2$ – керуюча дія контуру коригування (температура газу), R – вектор параметрів, що будуть переналаштовані.

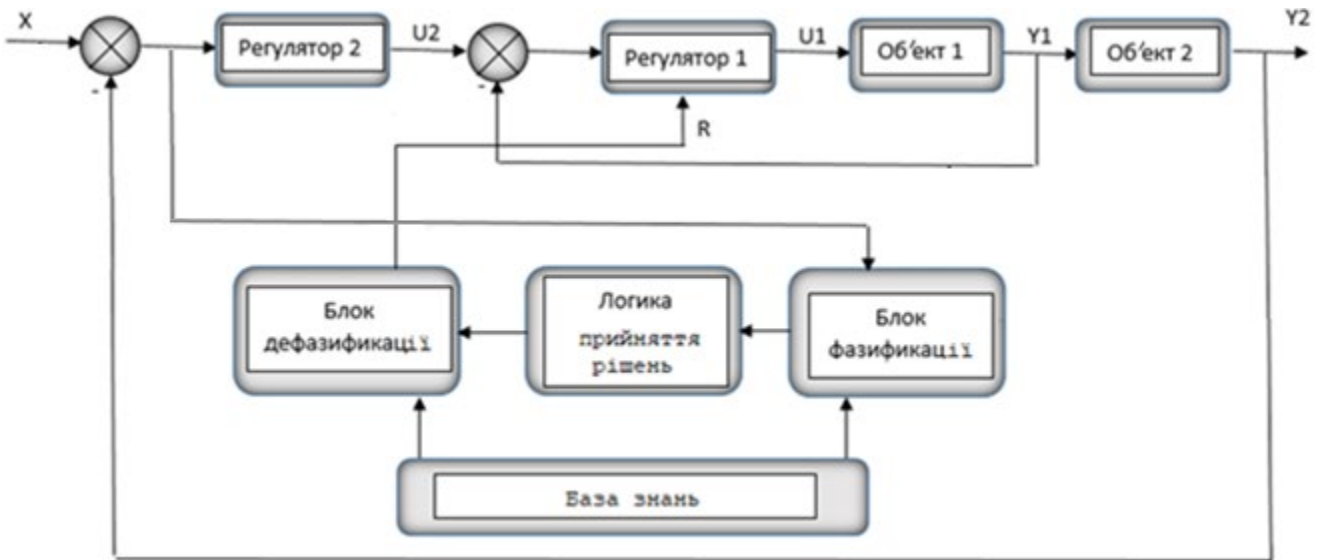


Рис. 1. Структурна схема системи керування скловарною піччю з використанням блоку нечіткого регулятора

Використовуючи *Fuzzy Logic Toolbox* [4], було реалізовано систему нечіткого висновку (рис. 2).

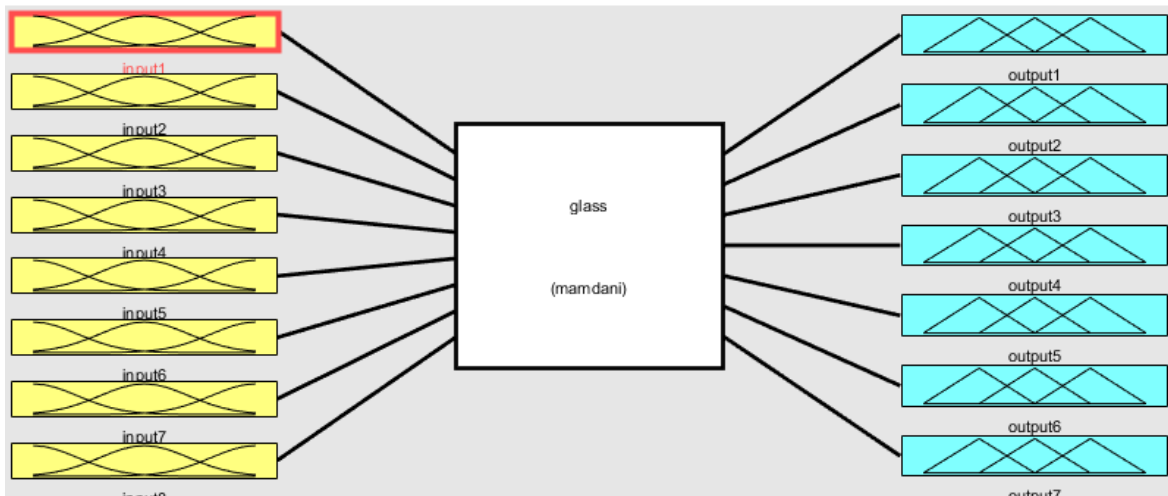


Рис. 2. Графічний інтерфейс редактора FIS

Приклади графіків функцій належності вхідних (*input1* – *input7* відхилення від заданого значення) та вихідних лінгвістичних змінних (*output1* – *output7* представляють собою переналаштований параметр регулятора kr в контурі стабілізації [5]) наведені на рис. 3–5.

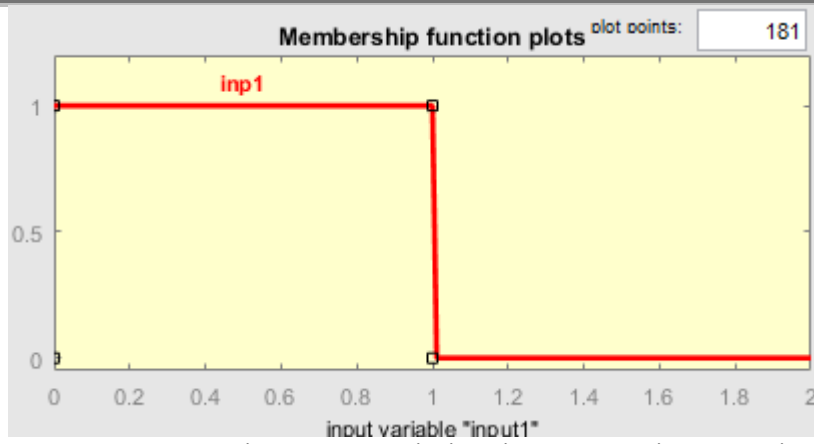


Рис. 3. Функції належності лінгвістичної змінної «вхід №1»

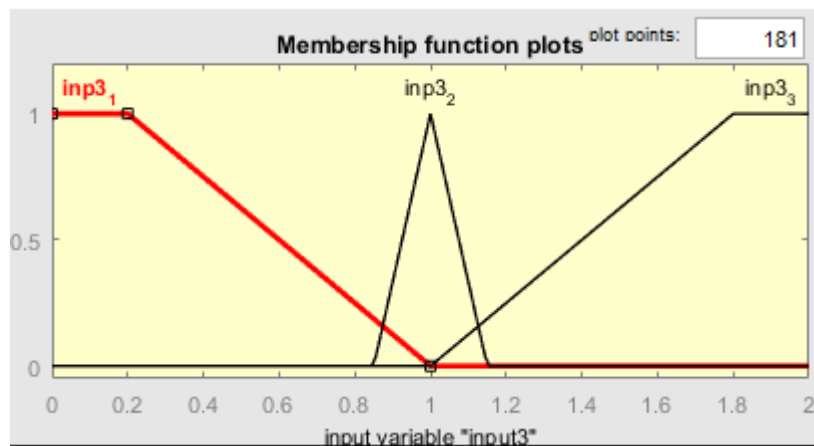


Рис. 4. Функції належності лінгвістичної змінної «вхід №3»

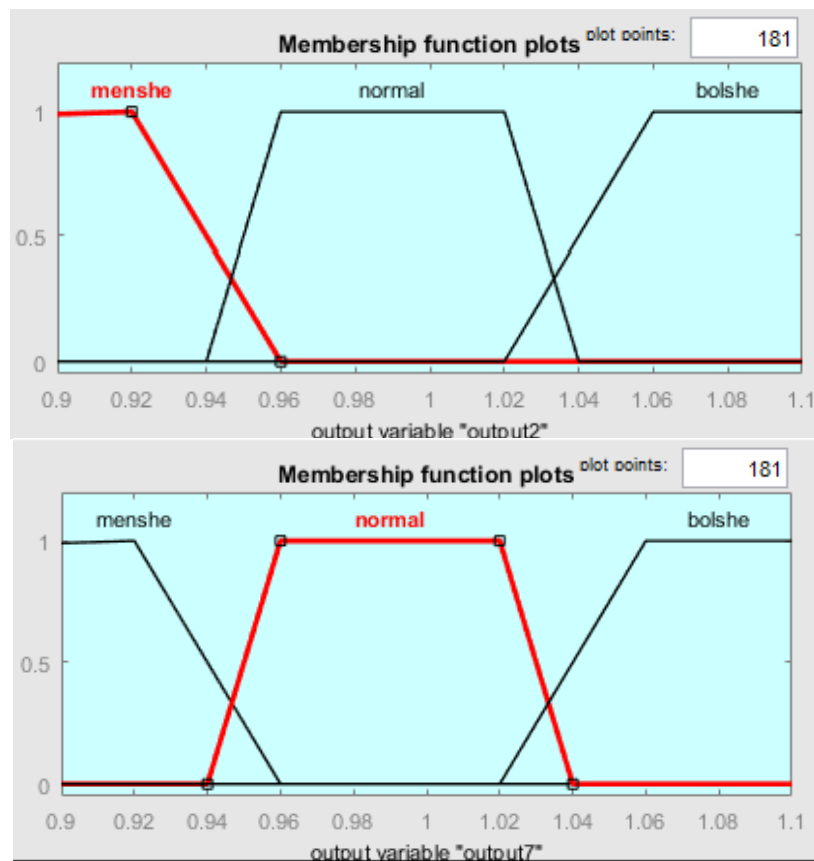


Рис. 5. Результати етапу фазифікації вихідних лінгвістичних

Фрагмент бази правил виду «якщо – то» (*if-then*) представлений на рис.6.

```

1. If (input1 is inp1) and (input2 is inp2_1) then (output1 is bolshe) (1)
2. If (input1 is inp1) and (input2 is inp2_2) then (output1 is normal) (1)
3. If (input1 is inp1) and (input2 is inp2_3) then (output1 is menshe) (1)
4. If (input2 is inp2_2) and (input3 is inp3_2) then (output2 is normal) (1)
5. If (input2 is inp2_3) and (input3 is inp3_3) then (output2 is menshe) (1)
6. If (input2 is inp2_1) and (input3 is inp3_1) then (output2 is bolshe) (1)
7. If (input2 is inp2_1) and (input3 is inp3_3) then (output2 is normal) (1)
8. If (input2 is inp2_3) and (input3 is inp3_1) then (output2 is normal) (1)
9. If (input3 is inp3_1) and (input4 is inp4_1) then (output3 is bolshe) (1)
10. If (input3 is inp3_3) and (input4 is inp4_3) then (output3 is menshe) (1)
11. If (input3 is inp3_2) and (input4 is inp4_2) then (output3 is normal) (1)
12. If (input3 is inp3_1) and (input4 is inp4_3) then (output3 is normal) (1)
13. If (input3 is inp3_3) and (input4 is inp4_1) then (output3 is normal) (1)
14. If (input4 is inp4_1) and (input5 is inp5_1) then (output4 is bolshe) (1)
15. If (input4 is inp4_3) and (input5 is inp5_3) then (output4 is menshe) (1)
16. If (input4 is inp4_2) and (input5 is inp5_2) then (output4 is normal) (1)
17. If (input4 is inp4_1) and (input5 is inp5_3) then (output4 is normal) (1)
18. If (input4 is inp4_3) and (input5 is inp5_1) then (output4 is normal) (1)
19. If (input5 is inp5_1) and (input6 is inp6_1) then (output5 is bolshe) (1)
20. If (input5 is inp5_3) and (input6 is inp6_3) then (output5 is menshe) (1)
21. If (input5 is inp5_2) and (input6 is inp6_2) then (output5 is normal) (1)
22. If (input5 is inp5_1) and (input6 is inp6_3) then (output5 is normal) (1)
23. If (input5 is inp5_3) and (input6 is inp6_1) then (output5 is normal) (1)
    
```

Рис. 6. Фрагмент бази правил

У програмному пакеті *MATLAB* за допомогою середовища *Simulink* [4] була змодельована система, що реалізує діючу систему керування скловарною піччю (рис.7) та запропоновану (рис.8).

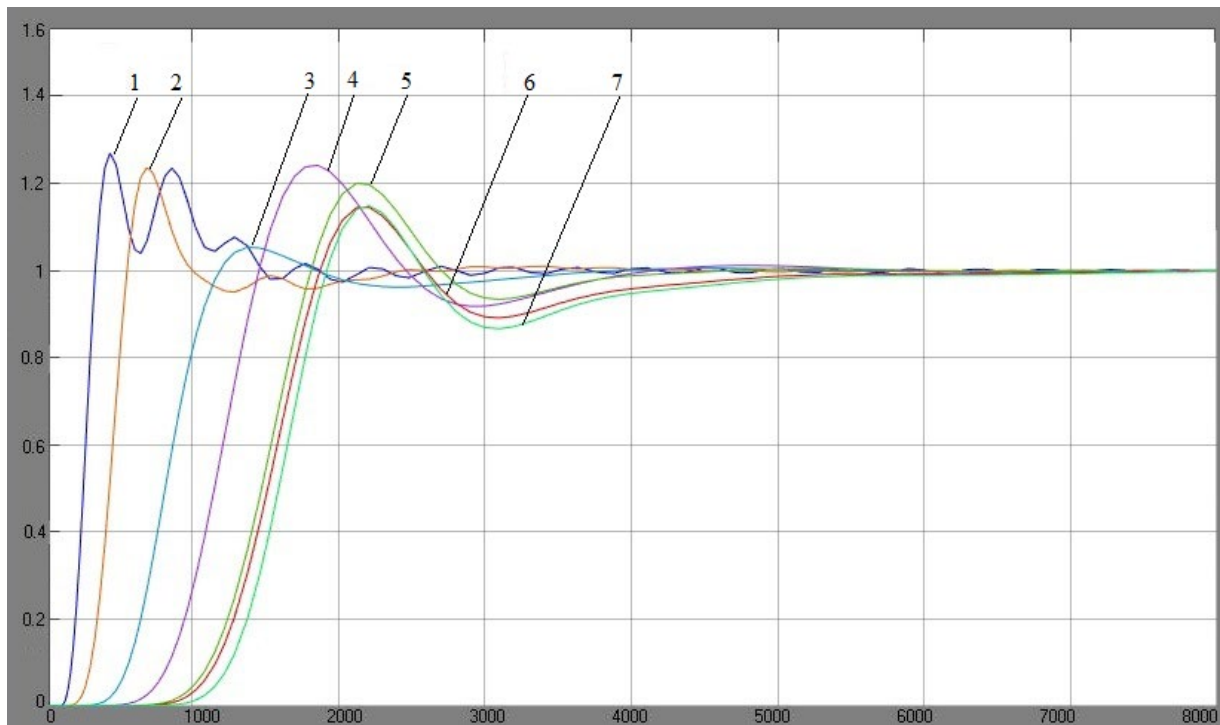


Рис. 7 Графіки переходних процесів діючих систем керування скловарною піччю по всіх зонах печі (1–7 – номер відповідної зони печі)

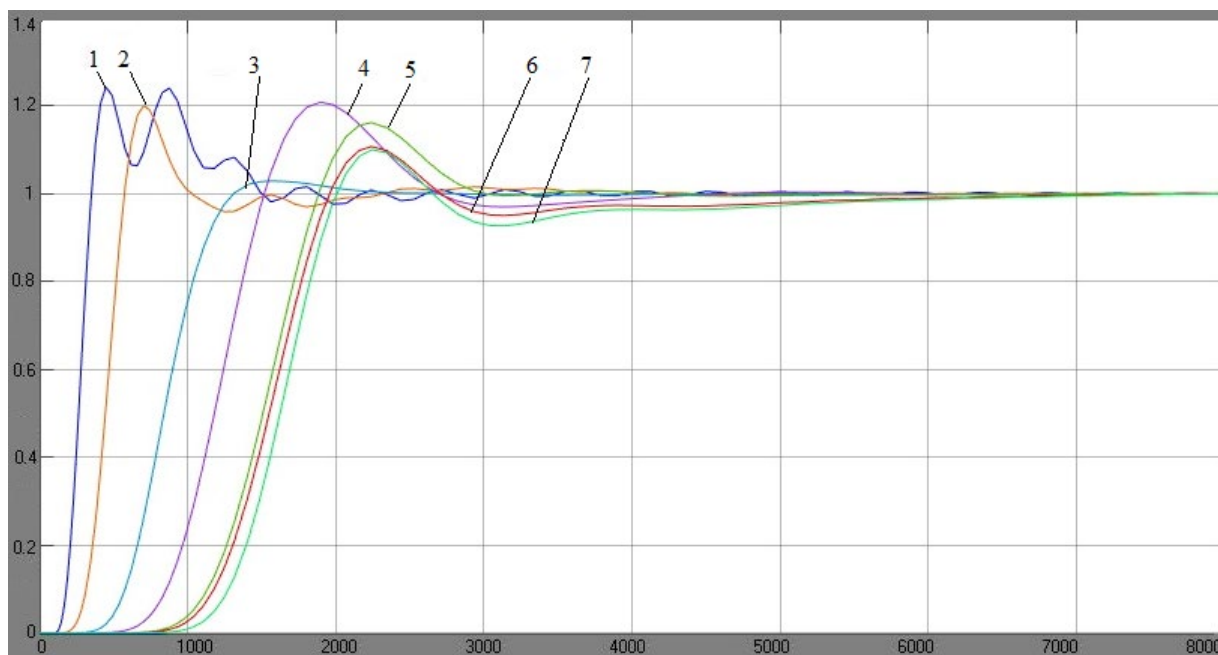


Рис. 8 Графіки перехідних процесів систем керування скловарною піччю з адаптацією параметрів налаштування по всіх зонах печі (1–7 – номер відповідної зони печі)

Результати моделювання, представлені на рис. 7 та 8, свідчать, що запропонована система керування демонструє більш високу швидкодію та зменшене перерегулювання, що, у свою чергу, дозволить зменшити витрати пального.

ЛІТЕРАТУРА

1. Халабузарь Т. А., Куценко В. П. Автоматизированная система управления температурой в стекловаренной печи. *Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг*, Донецк, 2013. С. 663–668.
2. Жученко А. І., Ситніков О. В. Розробка системи керування регенеративною скловарною піччю. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. №4. Том 30(69). 2019. С. 57–61.
3. Суликова В.А. Алгоритм нечёткого управления процессом варки стекла. *Вестник ОГУ*, №3(164), 2014. С. 173–179
4. Гилат А. Теория и практика *MathLab*. Москва: «ДМК Пресс», 2016. 416 с.
5. Куранов С. В., Петров Д. Ю., Иващенко В. А. Нечеткое моделирование в проектировании АСУ ТП варки стекла. *Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-22* : сб. тр. XXII Междунар. науч. конф. : в 11 т. под общ. ред. д.т.н., проф. В.С. Балакирева. Иваново : Изд-во Ивановского гос. хим.-технол. ун-та, Том 11. 2009. С. 272–275.