

УДК 681.51:666.11

Цанар В.С.

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

Жученко О.А.

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

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРА СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ В УМОВАХ ДІЇ ВИПАДКОВИХ ЗБУРЕНЬ

Розроблена структура схема та програмне забезпечення автоматичної системи підтримки рішень оператора скловарної печі в умовах дії випадкових збурень. Сформована експертна база даних правил нечіткої системи у складних виробничих ситуаціях. Передбачена можливість навчання нечіткої системи. Наведена модель нечіткої системи в Simulink. Наведені приклади роботи діалогового вікна розробленої експертної системи.

Ключові слова: скловарна піч, система автоматизації, нечітка система, база даних, експертна система.

Постановка проблеми. З точки зору керування, скловарна піч є дуже складним технологічним об'єктом. Ця складність зумовлена наведеними нижче обставинами.

У процесі роботи скловарна піч піддається дії численних збурень, які змінюються як повільно (число Редокса, склад шихти, кількість та якісний склад доданого склобою тощо), так і швидко (локальні зміни температури та тиску, зміни аеродинамічних потоків у результаті переключення пальників тощо).

Визначальним режимом роботи скловарної печі є тепловий режим, але його стабілізація не означає забезпечення потрібних техніко-економічних показників виробництва та якості готової продукції. Це пояснюється як діючими збуреннями, так і необхідністю технологічного переоснащення виробництва в умовах переходу на інший вид продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сучасному етапі є різні підходи до розробки системи керування скловарною піччю з використанням інформаційних технологій. Одним із найпростіших є створення систем керування на базі SCADA-систем. Використання останніх дає змогу забезпечити роботу оператора максимальною інформацією про хід процесу. Зокрема, у роботі [1, с. 663] мова йде про систему збору та обробки інформації щодо температурного

режиму скловарної печі, з формуванням відповідного керуючого впливу, проте ця система не має зворотного зв'язку з якості отримуваної продукції, відповідно, може використовуватись як допоміжна під час керування процесом скловаріння. Робота [2, с. 462] описує підхід до створення системи керування скловарною піччю на базі нечітких регуляторів, цей підхід значно спрощує саму процедуру синтезу системи керування, проте необхідні вичерпні дані від авторитетних експертів, котрі б забезпечували повну інформацію з урахуванням даних щодо якості готової продукції.

Постановка завдання. Названі вище обставини зумовлюють потребу розробки програмного комплексу підтримки рішень оператора скловарної печі в умовах дії випадкових збурень.

Виклад основного матеріалу дослідження. При керуванні складними об'єктами, зокрема скловарною піччю, доволі часто виникають ситуації, коли ідеальне дотримання заданого теплового режиму не завжди дає змогу отримувати якісну продукцію. Для того, щоб уникнути таких ситуацій, необхідно забезпечити змогу керувати тепловим режимом скловарної печі з урахуванням показників якості. Основними показниками якості, які регламентовані державним стандартом, є кількість бульбашок та свиль у готовій продукції. Утворення бульбашок та свиль у готовій про-

дукції часто є результатом процесів, котрі здатен проаналізувати тільки досвідчений технолог.

Як свідчить багаторічний досвід експлуатації скловарних печей, у реальних умовах виробництва при стаціонарних режимах роботи, коли заданий технологічний режим дотримується повністю, у результаті можна отримати брак. Це означає, що для реагування на таку ситуацію вплив системи керування на процес скловаріння має додатково оцінюватись технологом [3, с. 83].

Розв'язання цієї задачі покладається на систему підтримки прийняття рішень у процесі керування температурним режимом скловарної печі, схема якої наведена на рисунку 1.

Згідно з наведеною схемою, адаптація бази правил нечіткої системи керування може відбуватися двома способами: вручну та автоматично.

В автоматичному режимі на основі відомих результатів керування скловарною піччю, за використання критеріїв оцінювання ефективності керування, відбувається коригування бази

правил відповідно до технологічної ситуації, що склалася. Критерії оцінювання ефективності керування можуть формуватися як статистичні гіпотези з подальшою їх перевіркою відомими статистичними методами [4, с. 154].

У ручному режимі пропонується використовувати систему, структурна схема якої представлена на рис. 2.

У цю систему входять такі блоки:

1. Інтерфейс користувача, через який реалізується діалоговий режим між користувачем та базою знань (користувач відповідає на пропозиції експертної системи щодо змін у технологічному процесі). Приклади роботи інтерфейсу користувача наведені на рис. 3.

2. Модуль збору вхідної інформації – цей модуль збирає дані з температурних датчиків, що знаходяться всередині печі, а також дані, які стосуються якості склотари (кількість бульбашок та свиль), що вносяться в систему керування в лабораторії.

Таблиця 1

База знань експертної системи

N_b , шт	N_c , шт	T_1 , °C	T_{kv} , °C	T_d , °C	Рекомендація
≤8	2...3	1400	1500	850	підвищення витрати палива на перший пальник на 8%
9...14	≤1	1500	1400	800	підвищення витрати палива на другий пальник на 5%
9...14	2...3	1400	1400	800	підвищення витрати палива на 1 і 3 пальники на 4 і 5% відповідно
>14	2...3	1400	1200...1400	600...800	підвищення витрати палива на 1 пальник на 10%
9...14	>3	1200...1400	1200...1400	600...800	підвищення витрати палива на другий пальник на 15%
>14	>3	1200...1400	1200...1400	600...800	зменшення тиску у печі на 5%

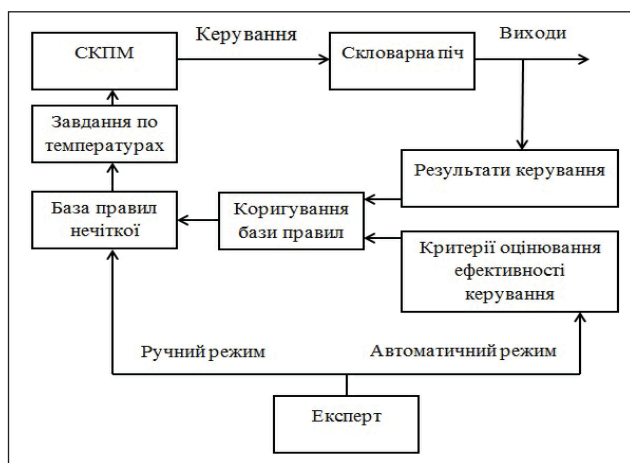


Рис. 1. Структурна схема системи керування

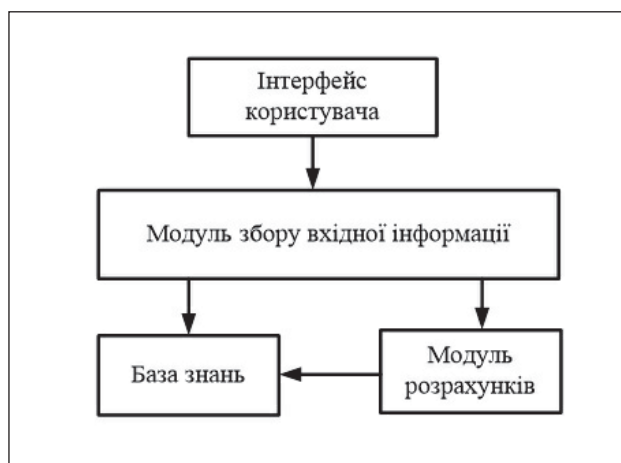


Рис. 2. Структурна схема системи у ручному режимі

3. Модуль розрахунків – програмний модуль, що виконує необхідні розрахунки, які потрібні для визначення зміни контрольованого параметру (наприклад витрати палива) для досягнення потрібного приросту температур.

4. База знань – сукупність знань про показники технологічного процесу та рекомендації при тому чи іншому тепловому режимі, що записана у формі, зрозумілій користувачу та експерту. Складається на основі довідкової літератури цієї предметної області та знань (досвіду) експерта. Частина бази знань наведена у таблиці 1.

Джерелами інформації для оновлення бази знань є система збору інформації від установлених датчиків чи результатів іспитів устаткування, а також від ручного вводу результатів про якість кінцевої продукції. Цю інформацію можна

отримати від сучасних систем збору інформації SCADA-systems (Supervisory Control and Data Acquisition System). Переваги такої системи полягають у тому, що вона дає змогу об'єднати усі необхідні функції АСУТП скловарною піччю в одне ціле, має уніфікований доступ до бази знань та змогу отримувати необхідну інформація про об'єкт із будь-якого робочого місця завдяки застосуванню WEB-технологій.

Із метою забезпечення заданого теплового режиму скловарної печі застосовується система керування з прогнозуючою моделлю (СКПМ). Управління з прогнозуючими моделями особливо доцільне при управлінні системами з багатьма входами та виходами (МІМО-системи), що містять тісні взаємозв'язки та в яких потрібно враховувати численні обмеження. Так, при управлінні

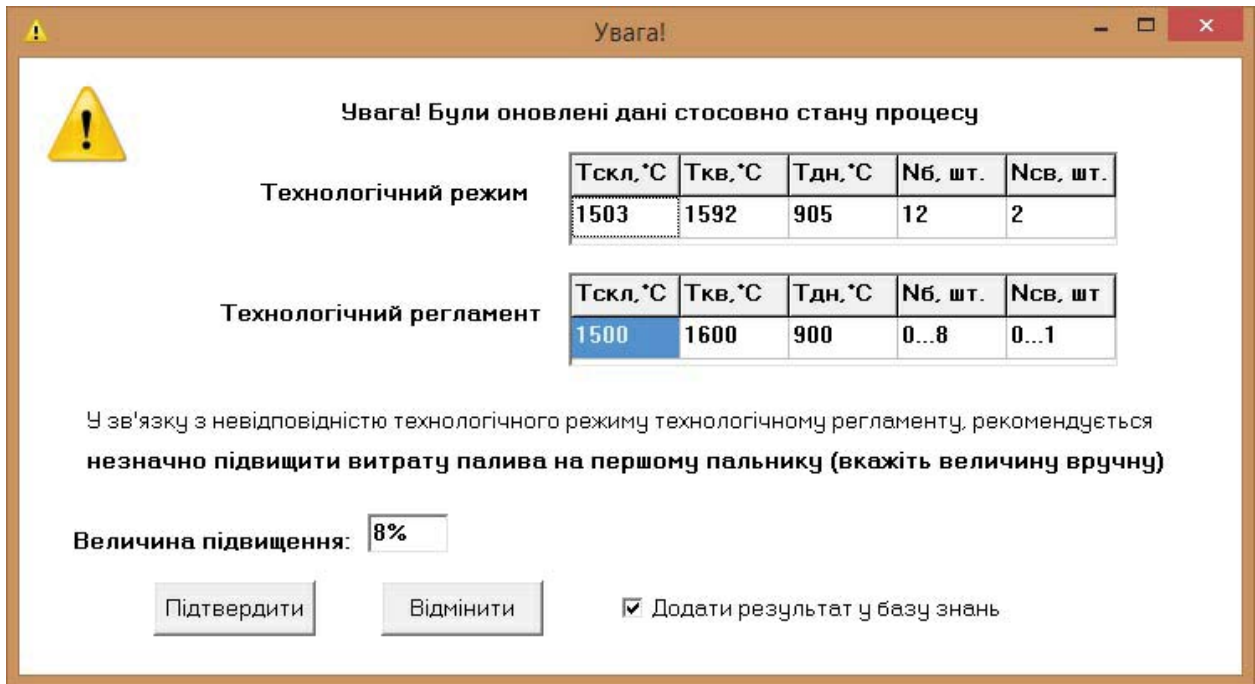


Рис. 3. Приклад роботи інтерфейсу користувача

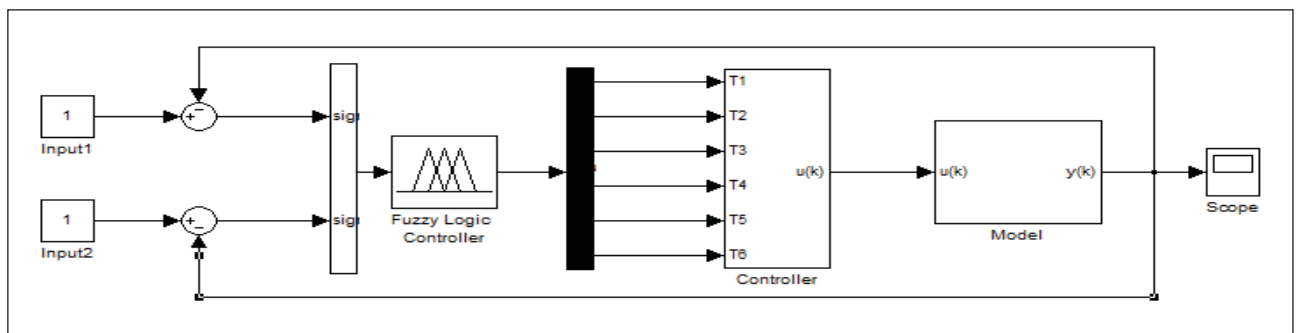


Рис. 4. Схема системи що складається із СКПМ та нечіткої системи в Simulink

скловарною пічкою зміни витрати палива та потужності додаткового електричного нагріву впливають як на температуру в гарячих точках, так і на температуру під насипом шихти. На кожному k-му такті регулятор із прогнозуючою моделлю робить пошук таких майбутніх змін витрати палива та потужності додаткового електричного нагріву, які б призвели до потрібних змін температур. У процесі пошуку регулятор також враховує обмеження.

Оскільки на оперативному рівні системи керування скловарною пічкою знаходиться система керування з прогнозуючою моделлю, завданням для якої є вектор температур у певних точках скловарної печі, то цілком логічно постає задача для нечіткої системи керування – нечітка система, отримуючи на вході дані по кількості бульбашок та свиль, на виході має формувати вектор температур, котрий, враховуючи технологічний регламент, стане завданням для СКПМ.

Для реалізації цього підходу у програмному пакеті MATLAB за допомогою Fuzzy Logic Toolbox було створено систему нечіткого висновку.

У середовищі Simulink була змодельована система, що реалізує систему керування, котра вклю-

час в себе СКПМ та нечітку систему. Систему зображено на рисунку 4.

Нечітке керування засноване не стільки на використанні аналітичних або теоретичних моделей, скільки на практичному застосуванні знань кваліфікованих фахівців, представлених у формі лінгвістичних баз правил. Нечітке керування ефективно у разі недетермінованості параметрів об'єктів, коли існує певний досвід експертів з управління та налаштування автоматизованої системи регулювання (АСР). Теорія нечіткої логіки дає змогу використовувати знання фахівців-налаштовувачів із метою поліпшення процесів управління та надання рекомендацій (супервізорний режим) із налаштування типових регуляторів.

Висновки. Побудована нечітка система керування якісними характеристиками готової продукції, результатом роботи якої є формування вектора завдань для СКПМ.

Розроблені структура та програмне забезпечення експертної системи, задачами якої є формування керуючих дій та адаптація бази правил нечіткої системи у складних виробничих ситуаціях. Наведені приклади роботи діалогового вікна розробленої експертної системи.

Список літератури:

1. Халабузарь Т.А., Куценко В.П. Автоматизированная система управления температурой в стекловаренной печи. Системный анализ и управление организационными и техническими объектами. 2013. С. 663–668.
2. Han X., Chen J. The research of glass furnace commutation control system which is based on fuzzy neural network. Applied mechanics and materials. 2014. № 462. P. 510–513.
3. Цапар В.С., Арсеничев А.Л. Разработка иерархической системы управления стекловаренной печью. Автоматизация технологических та бизнес-процесів. 2015. № 7. Ч. 1. С. 83–86.
4. Шорохова И.С., Кисляк Н.В., Мариев О.С. Статистические методы анализа. Екатеринбург, 2015. 300 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРА СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Разработаны структура схемы и программное обеспечение автоматической системы поддержки решений оператора стекловаренной печи в условиях действия случайных возмущений. Сформирована экспертная база данных правил нечеткой системы в сложных производственных ситуациях. Предусмотрена возможность обучения нечеткой системы. Приведены модель нечеткой системы в Simulink и примеры работы диалогового окна разработанной экспертной системы.

Ключевые слова: стекловаренная печь, система автоматизации, нечеткая система, база данных, экспертная система.

SOFTWARE SUPPORT SOLUTIONS OF THE WINDSCREEN OPERATOR IN THE CONDITIONS OF ACTION OF ACCIDENTAL DAMAGES

The structure structure and software of the automatic system of support of solutions of the glass furnace operator in the conditions of the action of random perturbations are developed. The expert database of rules of the fuzzy system in complex production situations is formed. The possibility of studying the fuzzy system is foreseen. The model of fuzzy system in Simulink is presented. The examples of the work of the dialog of the developed expert system are given.

Key words: glass furnace automation system, fuzzy system, database, expert system.