

УДК 681.518.5

А.П. Ладанюк, проф., д-р техн. наук, Р.О.Бойко, асист., Т.М. Герасименко, асп., Я.В. Смітюх, доц., канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій, м. Київ

Ситуаційне управління складним динамічним об'єктом

В статті наведено результати ситуаційного управління складним технологічним об'єктом – солодосушаркою шахтного типу з використанням апарату нечітких множин. Показано, що процес функціонування солодосушаркою характеризується множиною ситуацій, кожна з яких необхідно ідентифікувати та поставити у відповідність їй певні керувальні дії. Розроблена адаптивна система автоматизації з використанням еталонної моделі та лінгвістичних змінних.

часові ряди, інерційність, ситуаційне управління, солодосушарка, нечіткі множини, Fuzzy-регулятор

А.П.Ладанюк, проф., д-р техн. наук, Р.О.Бойко, асист., Т.М. Герасименко, асп., Я.В. Смітюх, доц., канд. техн. наук

Національний університет пищевых технологий, г.Київ

Ситуационное управление сложным динамическим объектом

В статье приведены результаты ситуационного управления сложным технологическим объектом - солодосушаркой шахтного типа с использованием аппарата нечетких множеств. Показано, что процесс функционирования солодосушаркой характеризуется множеством ситуаций, каждую из которых необходимо идентифицировать и поставить в соответствие ей определенные управляющие действия. Разработана адаптивная система автоматизации с использованием эталонной модели и лингвистических переменных.

временные ряды, инерционность, ситуационное управление, солодосушарка, нечеткие множества, Fuzzy-регулятор

Вступ. В сучасних системах автоматизації складних динамічних об'єктів (СДО), насамперед технологічних, основні традиційні функції та задачі (автоматичного контролю та регулювання) повинні доповнюватись іншими, більш ефективними функціями, основними з яких є оцінка стану об'єкта на допустимій множині функціонування у відповідності до виробничої ситуації. Саме така постановка розширеного управління дає можливість формувати необхідні керувальні дії та забезпечувати досягнення високих техніко-економічних показників функціонування об'єктів з урахуванням виробничих ситуацій та прогнозування їх розвитку[1].

Методика дослідження. В сучасній теорії управління для оцінки спостережності та керованості динамічного об'єкта використовуються математичні моделі в координатах стану, наприклад, для стаціонарного лінійного об'єкта [2]:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu + D_1W, \\ y = Cx + D_2W, \end{cases} \quad (1)$$

де $x(t) \in R^n$ - вектор станів системи;

$u(t) \in R^m$ - управління (керування);

$y(t) \in R^p$ - вихід системи;

$W(t) \in R^{m_1}$ - вхідні сигнали (збурення) або сигнали завдання. Матриці коефіцієнтів диференціальних рівнянь $A \in R^{n \times n}$; $B \in R^{n \times m}$; $D_1 \in R^{n \times m_1}$; $C \in R^{p \times n}$; $D_2 \in R^{p \times m_1}$ (в загальному випадку також залежать від часу t).

Для оцінки зміну стану об'єкта використовуються також диференціальні рівняння з розривною правою частиною:

$$\dot{Z} = A_j Z(t) + B_j U(t), t \in [t_{j-1}, t_j], j = \overline{1, k-1}, \quad (2)$$

$t \in [t_{k-1}, t_k], A_j, B_j, j = \overline{1, k}$ - матриці параметрів моделі об'єкта, які відповідають станам функціонування.

Для визначення стану СДО використовуються результати аналізу часових рядів у вигляді значень технологічних змінних, отриманих на певних часових інтервалах. Для цього використовуються, насамперед, методи статистичного аналізу, в тому числі дескриптивного, а також інтелектуальні методи: вейвлет-перетворення, нечітка логіка, нейронні мережі.

У загальному випадку СДО описується різними математичними моделями, зокрема для опису станів необхідні дискретні моделі. Приймається, що об'єкт не має повного аналітичного опису, нестационарний, нелінійний, функціонує в умовах інтенсивних перешкод та невизначеностей. При моделюванні сукупність траєкторій об'єкта, які реалізуються за різних початкових умов, є навчальною вибіркою.

Прийmemo, що випадковий процес або випадкова функція часу – параметризоване сімейство x_t , $t \in T$ випадкових величин $x_t(\cdot)$, часовий ряд $y(t)$ – випадковий процес на певному інтервалі з дискретними значеннями параметра t (реалізація випадкового процесу).

На першому етапі залучаються додаткові дані, у тому числі експертні оцінки.

Для аналізу часових рядів апріорні дані допомагають визначити:

- простір вибору (область множини функціонування);
- природу випадкових чинників;
- загальні залежності між елементами простору вибору та випадковими чинниками;
- вимоги до результатів оцінок моделювання.

Як правило, при дослідженні роботи об'єкта та розробці систем управління приймаються гіпотези щодо ергодичності та стаціонарності (квазістаціонарності) випадкових процесів і задачі розв'язуються за традиційними методами та схемами. При цьому степiнь нестационарності, як правило, не оцінюється та не приймається до уваги, хоча саме нестационарності характеризують особливості функціонування технологічних об'єктів.

Для інерційних технологічних СДО часові ряди включають компоненти [3]:

- тренду або довготривалого руху $x_T(t)$;
- сезонної компоненти $x_s(t)$;
- циклічної компоненти $x_n(t)$;
- інтервенції $x_i(t)$;
- залишку або випадкового несистематичного ефекту $\varepsilon(t)$.

Модель часового ряду є сумою складових:

$$x(t) = x_T(t) + x_r(t) + x_n(t) + x_i(t) + \varepsilon(t), \quad (3)$$

хоча в конкретному випадку можуть бути не всі складові. Тренд $x_T(t)$ відображає плавні зміни, що характеризує тривалі ефекти. Сезонна компонента $x_r(t)$ дає можливість оцінити зміни, які повторюються регулярно та залежать від періоду – рік, місяць, квартал тощо. Циклічна компонента $x_n(t)$ займає проміжне місце між закономірністю та випадковою складовими часового ряду. Періоди збільшення та зменшення значень часового ряду утворюють цикли різної амплітуди та протяжності. Під інтервенцією $x_i(t)$ розуміють суттєвий короткочасний вплив на часовий ряд. Випадковий несистематичний ефект $\varepsilon(t)$ зумовлений впливом неконтрольованих змінних.

Для умов харчової промисловості суттєве значення мають якісні показники рослинної сировини, зміна яких проявляється у наявності в часових рядах різних компонент. Це, в свою чергу викликає необхідність зміни як технологічних регламентів, так і матеріальних потоків у межах технологічного комплексу та окремих технологічних агрегатів. Одним з підходів до визначення зв'язку між характеристиками часових рядів і станів об'єкта може бути використання методу розпізнавання образів, коли створюється база моделей часових рядів і задача полягає у співставленні обраної моделі та стану об'єкта.

При управлінні СДО в умовах невизначеності використовується нечіткий підхід.

Нечіткі ситуації визначаються на основі множини ознак $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$, значеннями яких описується ситуація (стан об'єкта, зовнішнє середовище, системи управління).

Нечітка ситуація описується нечіткою множиною другого рівня

$$\hat{S} = \{ \langle \mu_s(y_i) / y_i \rangle, y_i \in Y, \quad (4)$$

$$\mu_s(y_i) = \{ \langle \mu_{T_j^i} [T_j^i / T_j^i] \rangle, T_j^i \in T_i,$$

де $\mu(\cdot)$ - відповідні функції належності;

T_i - терм-множина лінгвістичних змінних.

Для опису терм-множин $T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_m^i\}$ формується D_i - базова множина ознак (предметна шкала). Таким чином, нечіткими ситуаціями задаються стани, в яких знаходяться об'єкт, зовнішнє середовище та система управління.

Класифікація станів може здійснюватись по-різному, але на початковому етапі визначається можливість формування класів стану, коли можна виділити множину станів, які мають загальні властивості. Тоді класи станів можуть задаватись певною упорядкованістю за схожістю:

- перерахування членів класів;
- узагальнення засобів;
- кластеризація (наявність вектора ознак).

Один з найбільш поширених алгоритмів кластеризації (нечітких с-середніх) передбачає виконання таких кроків:

- передбачається, що існує X-множина станів об'єкта, $\mu_1(x), \mu_2(x) \dots \mu_K(x)$ -функції належності нечітким кластерам, $F_1, F_2 \dots F_K$, а нечіткі кластери утворюють

нечітке покриття лише в тому випадку, коли $\sum_{i=1}^k \mu_i(x) \geq 1, \forall x \in X$. Якість нечіткого покриття оцінюється характеристикою:

$$J(\mu) = \min \sum_{i=1}^k \sum_{x \in X} (\mu_i(x))^2 \|x - V_i\|^2, \quad (5)$$

де V – центри кластерів;

$V_i \in I$ – векторний простір з нормою II-II, яка породжена скалярним добутком;

- виконується початкова класифікація, а $\mu(x)$, $i=1, k$, характеризує близькість стану x до центру i -го кластера;

- центри кластерів уточнюються, наприклад за виразом:

$$V_i = \frac{\sum_{x \in X} (\mu_i(x))^2 \cdot x}{\sum_{x \in X} (\mu_i(x))^2}, \quad (6)$$

- за допомогою функцій належності визначається відхилення $\mu = \mu(\mu_1, \mu_2 \dots \mu_k)$ від $\mu, \sigma \leq \varepsilon$ – заданий поріг, в протилежному випадку повторюється процедура визначення центрів V_i . Фактично при нечіткій кластеризації визначається не належність стану X кластеру F , а лише степінь належності.

Заключним етапом є формування ситуаційного логічного висновку, який полягає в тому, що нечітка вхідна ситуація S_0 для визначення стану об'єкта порівнюється з кожною нечіткою ситуацією з деякого набору нечітких ситуацій $S = \{S_1^*, S_2^* \dots S_N^*\}$. Для визначення міри близькості нечіткої ситуації S_0^* певній нечіткій ситуації $S_i^* \in S(i \in I) - \{1, 2 \dots N\}$ може використовуватись:

- степінь нечіткого включення ситуації S_0^* в нечітку ситуацію S_i^* ;

- степінь нечіткої рівності $S_0^* \approx S_i^*$;

- степінь нечіткої спільності $S_0^* \cap S_i^*$.

Результати та висновки. Для солодосушарки шахтного типу визначено основні виробничі ситуації, які базуються на аналізі процесу її функціонування.

Для математичної моделі (1) координатами стану x є температура по зонах, вектором вихідних змінних y є вологість, збуреннями - початкова вологість, початкова температура, витрата солоду та характеристики зернового матеріалу.

Для сушарки виділено ситуації, які на початковому етапі можна поділити на такі класи:

- відхилення від розрахункового (оптимального) технологічного режиму;
- порушення роботи енергетичного або технологічного обладнання;
- зміни характеристик зовнішнього середовища.

Ці ситуації характеризуються невизначеністю, насамперед, інформаційних потоків, а також якісним характером оцінок їх параметрів. Наприклад, для робочого діапазону основних змінних можна виділити три лінгвістичних змінних: температура - "низька", "середня", "висока". Різні комбінації лінгвістичних змінних дають можливість оцінити стан об'єкта та виробничу ситуацію. На основі цього в подальшому формуються продукційні правила, типу "Якщо...то".

Розглянемо основні режимні та вхідні параметри автоматичного контролю та сигналізації. Сигналізації підлягають всі параметри, зміна яких може привести до аварійної ситуації або серйозного порушення технологічного режиму і, в кінцевому рахунку, до зміни критерію управління. Параметрами автоматичного захисту є ті параметри, при неприпустимому відхиленні яких повинні спрацювати пристрої автоматичного захисту і не допустити переходу в аварійну ситуацію. Виходячи з цього для ситуаційного управління солодосушаркою були визначені наступні ознаки:

Таблиця 1 – Нештатні ситуації на ділянці

Ознаки	Причини	Висновок, рекомендації
Зупинка роботи калорифера	Виключився парогенератор, відсутність подачі пари, засміченість	Робоче повітря перевищує допустимі межі(змінити середовище надходження повітря)
Температура сушильного агента на вході в сушарку перевищує задане значення (θ_2)	Калорифер працює на повну потужність	Зменшити потужність роботи калорифера
Температура сушильного агента на вході в сушарку нижче заданого значення (θ_2)	Калорифер працює з недостатньою потужністю	Збільшити потужність роботи калорифера
Зупинка роботи вентилятора	Засмічення, вийшов з ладу	Викликати наладчика
Тиск повітря на виході з калорифера вище допустимих меж	Калорифер працює на повну потужність	Зменшити потужність роботи калорифера
Тиск повітря на виході з калорифера нижче допустимих меж	Калорифер працює з недостатньою потужністю	Збільшити потужність роботи калорифера
Температура зернового матеріалу по зонах нижче допустимих меж	Недостатня кількість подачі сушильного агента	Збільшити температуру сушильного агента
Температура зернового матеріалу по зонах вище допустимих меж	Кількість подачі сушильного агента перевищує норму	Зменшити температуру сушильного агента
Вологість матеріалу на виході з апарата перевищує допустиме значення	Температура по зонах не відповідає необхідним мевам	Збільшити час сушки, збільшити температуру сушильного агента

На основі вище викладеного розроблено новий технологічний підхід щодо зневоднення матеріалу, який буде підвищувати роботу вже діючої сушильної установки. Створена системи управління складним об'єктом з використанням адаптивного управління на основі нечіткого підходу (рис. 1).

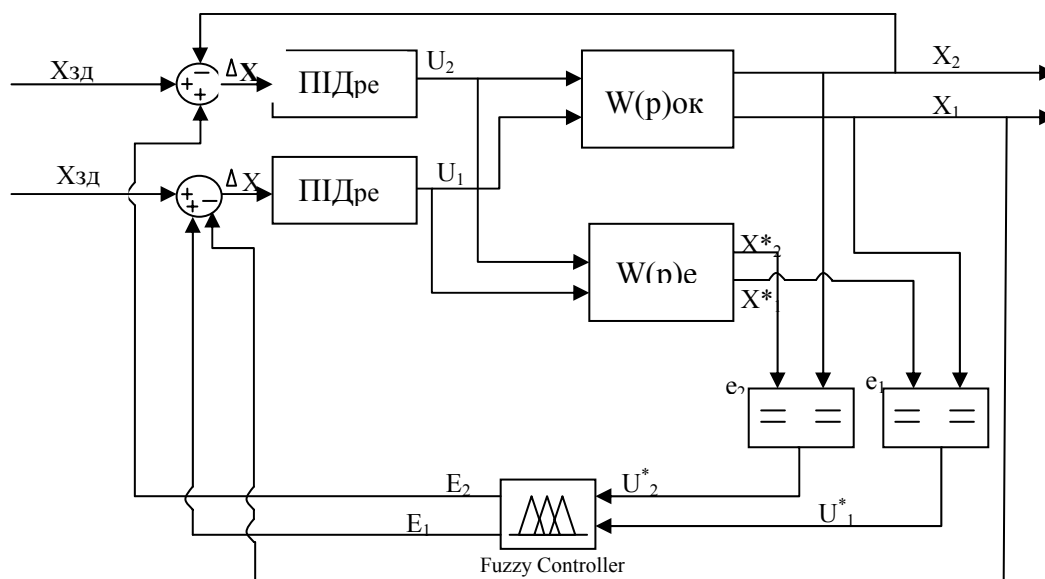


Рисунок 1 – Система адаптивного управління сушаркою солоду на основі нечіткого підходу

де X_{zd} – вектор заданих значень регульованих величини;
 $\Delta X_1, \Delta X_2$ – вектор розузгодження;
 $W_{ок}(p)$ – передаточна функція сушарки;
 $W_{EM}(p)$ – передаточна функція еталонної моделі сушарки;

U_1, U_2 – вектор керуючих дій;

U^*_1, U^*_2 – небаланс;

X_1, X_2 – вектор дійсного значення регульованих величин;

X^*_1, X^*_2 – вектор еталонного значення регульованих величин;

e_1, e_2 – блок порівняння;

E_1, E_2 – величини корегуючих дій.

Система працює наступним чином. Якщо сигнал небалансу (U^*_1, U^*_2) між дійсним значенням об'єкта (X_1, X_2) та еталонним (X^*_1, X^*_2) відмінний від нуля, спрацьовує логічне правило закладене в базі нечітких правил сформованої на основі табл.1. При цьому результат логічного висновку буде додатнім або від'ємним і впливатиме як корегувальна дія (E_1, E_2) на кожен із входів пропорційно-інтегрально-диференціальних регуляторів основних контурів регулювання сушарки.

Технічний результат полягає в тому, що система адаптивного управління сушаркою солоду на основі нечіткого підходу забезпечує більшу швидкодію системи, підвищує якість керування, збільшує точність підтримання технологічних параметрів функціонування технологічного об'єкта, а також зменшує витрати ресурсів.

Список літератури

1. Мусаев А.А. Оперативный автоматизированный анализ динамических и статических характеристик результатов мониторинга технологического процесса/ А.А. Мусаев, В.А.Никитин // Приборы и системы управления, контроль, диагностика, 2004. – №7. – С.4–11.
2. Поляк Б.Г. Робастная устойчивость и управление/Б.Г. Поляк, П.С.Щербаков. –М.:Наука, 2002. – 303с.
3. Математическое обеспечение информационно-управляющих систем. Прогнозирование: учеб.пособ./А.Н. Гуржий, В.М. Левыкин, Б.М. Шамша, Т.Б. Шатовская.-ООО “Компания СМИТ”, 2013. –372с.

A. Ladanyuk, R. Boiko, T.Gerasymenko, Ya. Smityuh

National University of Food Technologies

Situational management of complex dynamic object

This article presents the results of situational management of complicated technological object – drying malt of shaft type with using of indecipherable multiplicity device. Shown that functional process of grist kilt is characterized multiplicity of situations, each of which is necessary to identify and set appropriate managerial acts. Developed adaptive automatization system with using of template model and linguistic variables.

Mathematical model of object in common view is given for ability of observation and management of object evaluation, time component rows are distinguished in trend view, seasonal and cyclic components etc. Formalization of indefinite situations in view of multiplicity of second level is given. The adaptive management system is based on indefinite conclusions.

time rows, lag, situational management, grist kilt, indefinite multiplicity, Fuzzy-regulator

Одержано 02.04.14