

13. Аналіз часових рядів варочного відділення пивзавода з позиції нелінійної динаміки

Микола Чернецький

Національний університет харчових технологій

Вступ: Технологічний процес варки пива – це проміжна стадія отримання готового продукту пива. Якісні показники пива залежать від фізико-хімічних перетворень, що проходять на стадії затирання та варки сусла. Проблема підтримки технологічних параметрів варочного відділення на належному рівні в умовах, що характеризується віддаленістю від стану термодинамічної рівноваги та утворенням просторово-часових структур дає нам можливість віднести це відділення пивзаводу до складних об'єктів керування.

Матеріали і методи: Всім відомі моделі управління технологічним процесом і аналітичні методи аналізу показників ефективності. Ці методи не дають можливості розв'язати задачу ефективного управління нелінійними системами, вихідні змінні яких сильно відхиляються від стану рівноваги, що суттєво впливає на сам процес [1]. Тому дуже важливо врахувати структурні змінювання системи, передбачати і моделювати швидкі зміни в поведінці технологічного процесу [2]. Останнім часом інтенсивно розвивається підхід до вирішення проблеми нелінійності, який базується на теорії детермінованого хаосу. Цей підхід пропонує зовсім інші, нові алгоритми для аналізу часових рядів. Серед них, метод Грассбергера-Прокаччі дозволяє по-іншому подивитися на проблему аналізу динамічних нелінійних систем, більш глибоко і повно зрозуміти процеси, що відображають ці ряди [3].

Результати: Основна ідея застосування методів нелінійної динаміки до аналізу часових рядів полягає у наступному: хаотична структура містить у собі всю інформацію про систему у вигляді атрактора, може бути відновлена через вимірювання лише однієї спостережуваної характеристики динамічної системи. Процес реконструкції фазового простору та відновлення атрактора системи при аналізі часового ряду зводиться до побудови фазового простору. Детерміновані динамічні системи показують еволюцію системи в часі у деякому фазовому просторі:

$$\Gamma \subset R^d \quad (1)$$

Ці системи можуть бути описані звичайними диференціальними рівняннями:

$$\dot{x} = F(x(t)) \quad (2)$$

або, у випадку дискретності $t=n\Delta t$, різницевиими рівняннями виду:

$$x_{n+1} = f(x_n) \quad (3)$$

Часові ряди, які розглядаються як послідовність спостережень $\{S_n = S(x_n)\}$, створюють багатомірний фазовий простір динамічної системи. Враховуючи ці зауваження, необхідно застосувати деякий технічний прийом, щоб розкрити багатомірну структуру, використовуючи тільки дані часового ряду певної змінної.

Згідно із методом Грассбергера-Прокаччі, процедуру відновлення фазового простору і атратора системи можна звести до побудови відновленого простору за допомогою методу затримки. Вектори в новому просторі сформовані зі значень часового ряду скалярних вимірів з часовим запізнюванням:

$$\bar{S}_n = (S_{n-(m-1)\tau}, S_{n-(m-2)\tau}, \dots, S_n) \quad (4)$$

Число елементів m називається розмірністю вкладення, час τ називається затримкою. У теоремах Такенса і Соєра можна побачити, що якщо послідовність $\{S_n\}$ насправді складається зі скалярних вимірювань структури динамічної системи, тоді, при певних припущеннях, таке відновлення фазового портрета є точною картиною справжньої множини $\{x\}$, якщо, m досить велике. Інакше кажучи, реальний атратор динамічної системи і відновлений атратор у просторі по часовому ряду відповідно до зазначеного вище, при правильному виборі розмірності m , є еквівалентними [1]. Проведені дослідження на технологічних параметрах, таких як: температура в заторних котлах, температура в суловарочному котлі, мутність сула, концентрація цукру в розчині дали можливість встановити прояви атрактивної поведінки динамічної системи заторно-варочного відділення пивзаводу.

Висновки

Результати дослідження є важливими при дослідженні складних об'єктів із великою кількістю параметрів і хаотичною поведінкою, таких як технологічні процеси приготування пивного сула, і створюють необхідні передумови створення систем синергетичного управління такими об'єктами.

Література

1. Grassberger P. Characterization of strange attractors / P. Grassberger, I. Procaccia. – Phys.Rev. Lett. 50, 1983. – 346-349 p.p.
2. Колесников, А.А. Синергетическая теория управления / А.А. Колесников. – Таганрог: ТРТУ, М.: Энергоатомиздат, 1994. – 344 с.
3. Малинецкий, Г. Современные проблемы нелинейной динамики / Г. Малинецкий, А. Потапов. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 328 с.