

681.5
K65

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
НАН УКРАЇНИ ТА МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ УКРАЇНИ

**«КОНТРОЛЬ І УПРАВЛІННЯ
В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ»
(КУТС-97)**

Книга за матеріалами четвертої
міжнародної науково-технічної конференції
м. Вінниця, 21—23 жовтня 1997 року

Том 1

«УНІВЕРСУМ—Вінниця»

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ПОХИБОК ОБЧИСЛЕННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ СУШКИ МОЛОКА

В.В.Богачук , Б.І.Мокін (Україна, Вінниця)

Підвищення якості продукції, більш повне і раціональне використання сировини, інтенсифікація процесів її переробки відносяться до найбільш актуальних завдань, які стоять перед галузями харчової промисловості. Одним з найважливіших процесів харчової технології являється сушка харчових продуктів. У зв'язку з цим розробка і вдосконалення прогресивних методів сушки сприяють успішному вирішенню задач, що стоять перед промисловістю.

Сушка молочних продуктів - це сукупність процесів переносу теплоти і маси, які супроводжуються переміщенням вологи із твердої фази в газову, а також змінами біохімічних, структурно-механічних і технологічних якостей продукту[1]. Отже, в процесі сушки продукт не тільки збезвожується, але і набуває ряд принципово нових якостей.

Найбільш широке застосування в вітчизняній промисловості по виготовленню сухого молока та інших молочних продуктів знайшли - розпилювальні сушильні установки. Одна із найважливіших позитивних особливостей процесу розпилювальної сушки - це незначна теплова дія на частинки продукту[2].

При автоматизації сушки в розпилювальних установках необхідно забезпечити задану вологість продукту і продуктивність установки. Задана продуктивність установки завше досягається регулюванням температури гарячого повітря, яке надходить з калориферу. При автоматизації сушильної установки можна виділити два основних регулюючих параметри: вологість готового продукту на виході із сушильної башти і температура гарячого повітря на виході із калорифера. На рис. 1 показані основні вхідні і вихідні параметри і збуджуючі дії сушильної башти і калорифера.

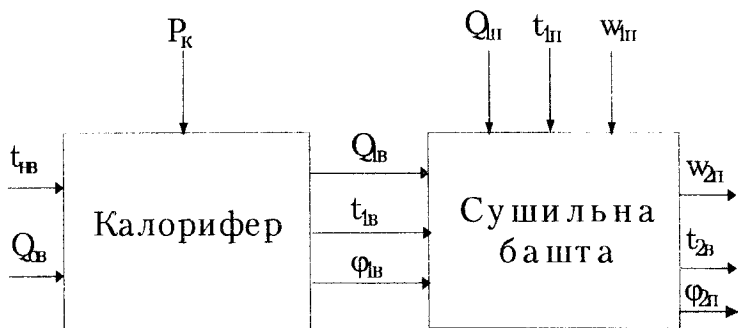


Рис. 1. Структурна схема установки для сушки молока

Вхідними параметрами сушильної башти як об'єкту регулювання є $w_{1п}$ вологість згущеного продукту, його температура $t_{1п}$ і вологовміст $\phi_{1в}$ гарячого повітря - це збуджуючі дії. Управляючими змінними можуть служити витрати згущеного молока $Q_{1п}$, температура $t_{1в}$ і витрати $Q_{1в}$ гарячого повітря. Конструкція установки і небезпечність samozapalennya продукту обмежують використання вхідних параметрів $t_{1в}$ і $Q_{1в}$ в якості управляючих дій, не дивлячись на найбільші коефіцієнти підсилення по цих каналах. Управляючою змінною для об'єкту регулювання, який розглядається, як правило, вибирають вхідний параметр $Q_{1п}$.

Заміряти вологість $w_{2п}$ сухого продукту існуючими засобами вимірювання важко, тому для управління процесом використовують непрямий параметр - температуру $t_{2в}$ вихідного повітря. Вологість $w_{2п}$ сухого молока і температура $t_{2в}$ вихідного повітря взаємопов'язані. Коефіцієнт кореляції між цими величинами зростає при постійних вхідних параметрах гарячого повітря (витрати $Q_{1в}$, вологовміст $\phi_{1в}$, температура $t_{1в}$) [3].

При постійних вхідних параметрах продукту (витрати $Q_{1п}$, вологість $w_{1п}$ і температура $t_{1п}$) цей коефіцієнт близький до одиниці.

Рівняння зв'язку між параметрами $w_{2п}$ і $t_{2в}$ має вигляд [2]:

$$w_{2П} = A - B t_{2В} , \quad (1)$$

де $w_{2П}$ - вологість продукту, %; $t_{2В}$ - температура вихідного повітря, °С.

Для сушильної установки з інтервалом температур 60 - 75 °С при сушці цільного молока залежність (6) набуває вигляду [2]:

$$w_{2П} = 16,5 - 0,2 t_{2В} . \quad (2)$$

В калорифері (рис.1) задана температура $t_{1В}$ гарячого повітря досягається зміною тиску гріючого пару (для парових калориферів). Вхідним параметром є тиск гріючого пару P_K , вихідним - температура $t_{1В}$ гарячого повітря. Збурюючі дії - це температура $t_{нв}$ зовнішнього повітря та витрати $Q_{об}$.

Статична характеристика сушильної башти по каналу $Q_{1П} \rightarrow t_{2В}$:

$$t_{2В} = t_{oc} - K_{пс} Q_{1П} , \quad (3)$$

де $t_{2В}$ - температура вихідного повітря, °С; $K_{пс}$ - коефіцієнт передачі об'єкту, К-г/кг ($K_{пс} = 0,0255$); $Q_{1П}$ - витрати згущеного молока, кг/г; t_{oc} - постійна величина, °С ($t_{oc} = 90$).

Статична характеристика калориферу по каналу $P_K \rightarrow t_{1В}$:

$$t_{1В} = t_{ок} + K_{пк} P_K , \quad (4)$$

де $t_{1В}$ - температура гарячого повітря, °С; $K_{пк}$ - коефіцієнт підсилення об'єкту ($K_{пк} = 34$); P_K - тиск гріючого пару, МПа; $t_{ок}$ - постійна величина, С ($t_{ок} = 126,5$).

Вирази (3) та (4) застосовуються для діапазонів $Q_{1П} = 450 \div 1150$ кг/г і $P_K = 0,32 \div 1,18$ МПа [2].

На жаль математичні моделі (1)+(4) не враховують цілий ряд факторів, а тому реалізація процесу сушки молока з контролем на їх основі може приводити до випуску продукції, яка не буде відповідати стандартам якості.

Нагадаємо, що на попередньому етапі - отриманні згущеного молока використовується молоко, яке надходить з ферм і має по-перше, різний вміст жирів, по-друге, різний вміст мінеральних солей, а по-третє, різну забрудненість.

І хоча ці показники на вході процесу згущення намагаються вирівняти шляхом додавання, очищення та усереднення, вони все ж таки від партії до партії відрізняються.

Тож використання одних і тих же значень коефіцієнтів A , B , $K_{ПС}$, t_{OC} в формулах (1), (3) для різних партій молока буде приводитися до похибки в обчисленнях вологості W_{2H} вихідного продукту - сухого молока.

Ця похибка збільшуватиметься ще й за рахунок динамічної складової.

Адже напруга і частота електричного струму, який живить електроприводи подачі повітря та молока на різних стадіях процесу сушіння протягом доби змінюються і фактично є нестационарними випадковими процесами.

А як реагують калорифер та сушильна башта на зміни Q_{II} та P_K можна побачити з кривих їх розгону (рис.2), отриманих в роботі [2].

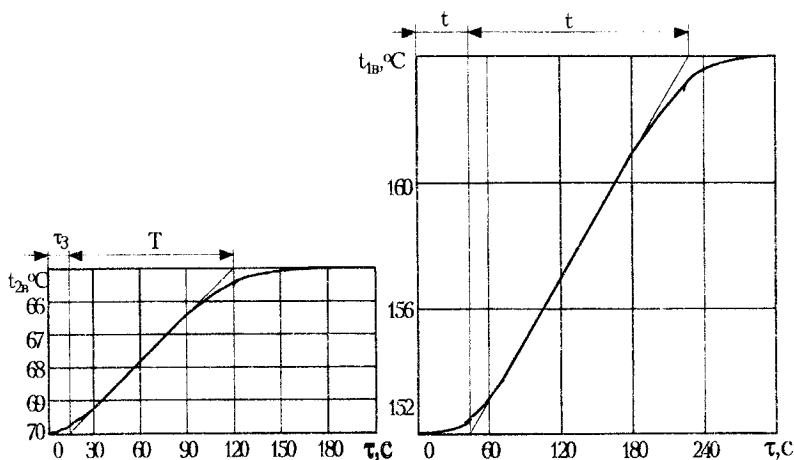


Рис. 2. Криві розгону розпилювальної сушильної установки

Із графіків кривих розгону видно, що сушильна башта і калорифер є ланками, близькими до аперіодичної ланки другого порядку [4]. З достатньою для практичних задач точністю дані об'єкти можуть бути апроксимовані ланкою чистого запізнення і аперіодичною ланкою першого порядку [4]. В цьому випадку для сушильної башти час запізнення $\tau_a = 15$ с, постійна часу $T = 105$ с, а для калорифера $\tau_a = 40$ с і $T = 184$ с.

Вологість отриманого продукту повинна підтримуватись постійною з точністю до $\pm 0,5$ % вологи, що відповідає зміні температури вихідного повітря в межах $\pm 2,5$ °С. При цьому температура вхідного гарячого повітря повинна підтримуватись з точністю $\pm 4,8$ °С, а коливання вологості згущеного молока не повинні перевищувати ± 2 % вологи [2].

Такі вузькі діапазони допустимих змін вологості вихідного продукту (2%) практично не можуть бути досягнутими при використанні для управління процесом сушки лінійних моделей (1)-(4) з постійними коефіцієнтами А, В, $K_{ПС}$, t_{oc} .

Ці моделі є також вразливими до точок виміру температури, адже очевидно, що вона відрізняється в різних точках як калорифера так і сушильної башти, а тому не очевидним є те, виміряну в якій точці температуру треба підставляти в формулу (1) для однозначного визначення вологості сухого молока.

І останнє зауваження відносно моделей (1)-(4).

Вони є лійними, а тому відображають дійсний стан речей лише в вузькому діапазоні зміни основних параметрів, які характеризують процес сушки молока.

На рис. 3 наведені графіки процесу сушки, взяті з роботи, із яких видно, що лінійну модель можна використовувати лише в області II, а основним значенням для нас є значення вологості, що має місце в кінці області III, яка є суттєво нелінійною.

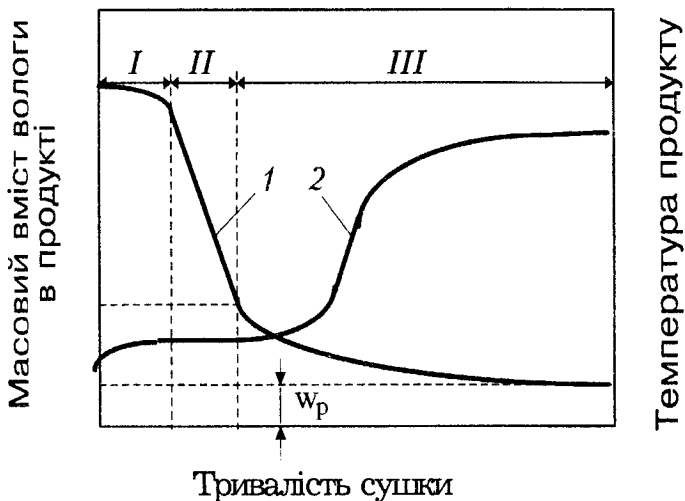


Рис. 3. Криві сушки (1) і нагріву 2 :I, II, III - відповідно періоди нагріву продукту, постійної і падаючої швидкості сушки продукту

Тож без уточнення моделей (6)-(9) та побудови інформаційно - виміральної системи для неперервного контролю за змінами основних параметрів процесу сушки неможливе отримання сухого молока, яке відповідатиме міжнародним стандартам якості і буде конкурентно-спроможним на світовому ринку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Липатов Н.Н., Харитонов В.Д. Сухое молоко.-М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.- 264 с.
2. Харитонов В.Д. Даухстадийная сушка молочных продуктов.-М.:Агропромиздат , 1986.- 215 с.
3. Брусилковский Л.П., Войнсберг А.Я. Автоматизация технологических процессов производства молочных консервов.-М.: Пищевая промышленность, 1975.- 279 с.
4. Куропатин П.В. Теория автоматического управления. - М.: Высшая школа, 1973. - 527 с.