

# МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА КАРАМЕЛЬНИХ ЦУКЕРОК

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*В ході роботи розглянуто технологічний процес виготовлення карамельних цукерок, для цього проведено аналіз етапів виробництва карамельних цукерок та технологічної схеми виробництва для створення вербальної моделі системи. Створено концептуальну модель за допомогою використання UML-діаграм, структурну та інформаційну моделі. А також описано функціональну модель, що складена з дотриманням вимог до варіння карамельних сиропів та способів їх отримання, та на її основі проведено імітаційне моделювання в середовищі SciLab/Xcos.*

**Ключові слова:** технологічний процес, моделювання виробничих систем, імітаційне моделювання.

## *Abstract*

*In the course of the work the technological process of making caramel candies is considered, for this purpose the analysis of stages of production of caramel candies and technological scheme of production for creation of verbal model of system is carried out. A conceptual model was created using UML diagrams, structural and information models. Also, a functional model is described, compiled in compliance with the requirements for cooking caramel syrups and methods for their production, and on its basis simulation was performed in SciLab / Xcos.*

**Keywords:** technological process, modeling of production systems, simulation modeling.

## **Вступ**

Як і раніше, сьогодні виробництво карамельних цукерок не втрачає своєї актуальності і привабливості. Нові види дають простір для творчих ідей, а рентабельність продукту і відгуки власників дають надію на створення власного бізнесу навіть виробникам-початківцям.

І якщо в колишні часи дана солодкість була єдино доступною, то сьогодні навіть при конкуренції у вигляді шоколадних цукерок і інших цукрових виробів популярність карамельних льодяників не зменшується. А нові смаки і форми привертають увагу більшості любителів солодкого.

Введення систем автоматизації виробництва карамелі сприяє збільшенню обсягів виробництва карамелі, розширенню асортименту, зростанню продуктивності праці. Автоматизація виробництва карамелі дозволяє контролювати хід процесів при випаровуванні води з сиропу в вакуум-випарному апараті; дозуванні компонентів, передбачених рецептурою; охолодженні маси в охолоджуючій або на тягнущій машині; підігріві в темперувальній машині; контролю вологості увареної маси і ін.

За рахунок автоматизованим системам управління технологічними процесами карамельного виробництва вдається скоротити час приготування карамельної продукції, забезпечити точну підтримку параметрів технологічних процесів, а також контролювати і управляти процесом виробництва в автоматизованому режимі.

- особливості ринку карамелі;
- велике число виробників на ринку;
- бар'єри проникнення на ринок;
- високий рівень автоматизації;
- різноманітний асортимент карамелі;
- стабільний попит серед покупців;
- великі потенційні можливості.

Сучасні підприємства кондитерської промисловості ведуть виробництво на автоматичних, механізованих і напівмеханізованих поточних лініях. У кондитерському виробництві неприпустимо порушення технології і рецептури приготування карамельної продукції, оскільки такі помилки можуть принести великий збиток виробництву. Ручне управління не виключає втрат, поломок і простоїв обладнання з вини персоналу. Більшість підприємств забезпечені обладнанням для моніторингу і контролю якості продукції, використовують системи управління якістю і безпекою харчових продуктів.

Прагнення керівництва кондитерських фабрик до автоматизації основних і допоміжних операцій

можна пояснити тим, що автоматизація спрямована для поліпшення якості продукції, зниження витрат, розширення асортименту. Кондитерські цехи, що не автоматизовані, не можуть контролювати якість і термін придатності великих обсягів кондитерської продукції, а також демонструвати такий обсяг виробництва карамелі, який необхідний для збереження конкурентоспроможної позиції на ринку. До складу автоматизованих і механізованих потокових ліній з випуску карамелі включають: вакуум-апарати, дозатори, насоси, регулятори, охолоджуючі апарати, датчики, темперуючі машини, обладнання для витягування карамельної маси, варильні апарати, розподільні транспортери, машини для закрутки та ін [1].

### Розробка вербальної моделі

Карамельні цукерки являють собою вироби, виготовлені з карамельної маси (з начинкою і без неї).

В якості основної сировини для виробництва карамелі використовують цукор-пісок, патоку, харчові кислоти, барвники, есенції. Для приготування начинок використовують фруктові-ягідні напівфабрикати, горіхи, мед, какао-продукти, жири, молочні продукти, кава, вина і спиртові напої.

До нетрадиційних видів сировини відносять вторинні молочні продукти (натуральні молочні сироватки), фруктові-ягідні і овочеві порошки, основи з сушених плодів і ягід, концентровані фруктові і ягідні соки, виноградне сусло, продукти екструдованих і підірваних круп, порошоків цукрово-паточні напівфабрикати.

При виробництві карамелі використовують екстракти. Це складні комплекси різних речовин: ефірних масел органічних кислот, поліфенолів, полісахаридів, мінеральних речовин і алкалоїдів. Також використовують натуральні ефірні масла шавлії, анісу, м'яти [2].

Технологічний процес приготування карамелі складається з ряду стадій, що зображені на рисунку 1:

- приготування карамельних сиропів,
- отримання карамельної маси,
- приготування начинок,
- формування,
- охолодження,
- захист поверхні карамелі,
- загортання, фасування, упаковка.



Рис. 1. Технологічна схема виробництва карамельних цукерок

### Розробка імітаційної моделі

Імітаційне моделювання – це метод дослідження, який полягає у відтворенні властивостей реальних об'єктів за допомогою віртуальних об'єктів. Всі розрахунки в комп'ютерній моделі виконуються в так званому системному часі, який відповідає реальному часу функціонування об'єкта дослідження або системи у певному масштабі. Отже, імітаційним моделюванням називають відтворення на комп'ютері розгорнутого в часі процесу функціонування системи з урахуванням її взаємодії із зовнішнім середовищем [3].

Основна задача імітаційного моделювання полягає у декомпозиції системи на відносно прості блоки (підсистеми), аналітичні моделі яких відомі або можуть бути легко отримані; поданні вхідних впливів

на систему у вигляді послідовності числових значень, які надходять з певним інтервалом (інтервалом дискретизації процесів у часі); здійсненні їх перетворень послідовно та відповідно до математичних залежностей, які описують послідовність і зміст перетворення сигналів і даних у реальній системі [26].

Для проведення імітаційного моделювання із функціональної моделі було взято перехідні процеси, що описують залежність температури кипіння цукрового розчину від концентрації при приготуванні цукрово-патокового сиропу, які представлено на рисунку 2.

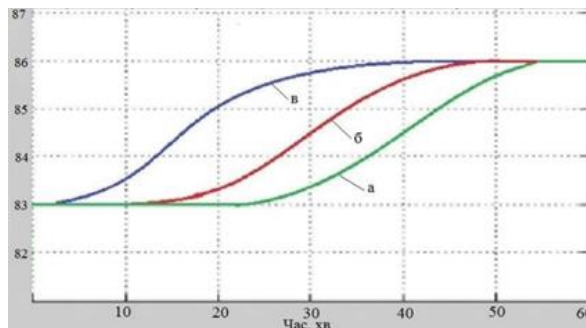


Рис. 2. Перехідний процес, що описує залежність температури кипіння цукрового розчину від концентрації: а) при  $T1=40$  с;  $T2=60$  с; б) при  $T1=80$  с;  $T2=100$  с; в) при  $T1=120$  с;  $T2=140$  с.

Використовуючи систему Scilab було створено імітаційну модель, що ґрунтується на описі функціональної моделі. Імітаційна модель зображена на рисунку 3.

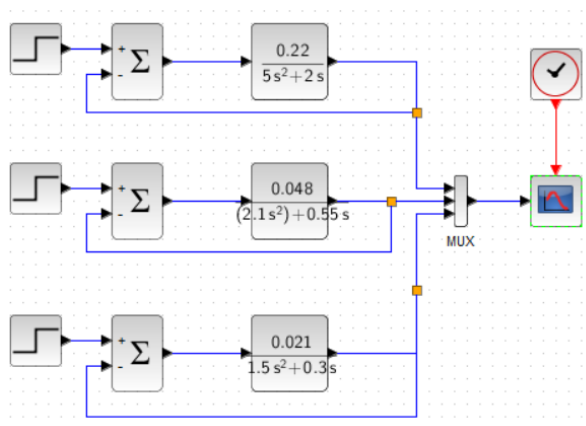


Рис. 3. Імітаційна модель

При імітаційному моделюванні отримано наступні перехідні процеси, що описують залежність температури кипіння цукрового розчину від концентрації при приготуванні цукрово-патокового сиропу, які представлено на рисунку 4.

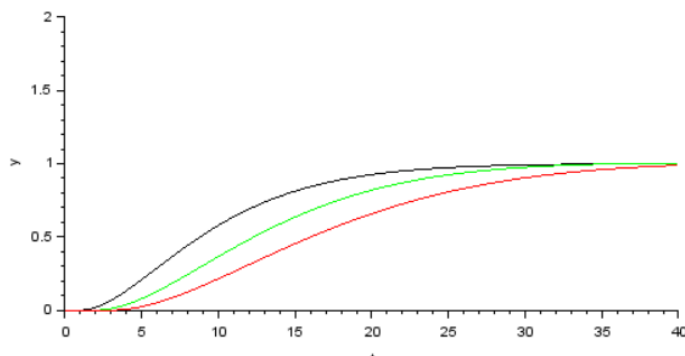


Рис. 4. Перехідний процес імітаційного моделювання

В імітаційній моделі по осі у відкладено концентрацію розчину, по осі x – час.

## Висновки

В ході виконання моделювання виробничої системи виробництва карамельних цукерок було розглянуто технологічний процес, на основі якого було створено вербальну модель виробничої системи виготовлення карамельних цукерок, створено концептуальну модель системи за допомогою UML-діаграм, розроблено структурну модель виробничої системи у вигляді графу, створено матрицю суміжності та інцидентності для математичного опису графу.

На основі функціональної моделі виробничої системи було створено інформаційну модель виробничої системи у вигляді ER-моделі та схеми даних, що описує базу даних усіх складових виробництва, а також створено імітаційну модель етапу виробничої системи, моделювання в інтелектуальній системі моделювання Scilab/Xcos та наведено результати моделювання, за якими зроблено відповідні висновки, наведені необхідні пояснення та рисунки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зубченко, А.В. Технология кондитерского производства: учебное пособие для вузов / А.В. Зубченко. – Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2019. – 432 с.
2. Маршалкин, Г.А. Производство кондитерских изделий / Г.А. Маршалкин. – М.: Колос, 2004. – 272 с.
3. Ерин С. В. Scilab - примеры и задачи: практическое пособие/С. В. Ерин - М.: Лаборатория "Знания будущего", 2017. - 154 с.

**Валерій Вікторович Бровченко** – студент групи ІКН-21мс, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vv.brovchenko@gmail.com

**Brovchenko Valerii** – Department of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: vv.brovchenko@gmail.com