

УДК 519.876.5

Савченко Т.В., канд. техн. наук, доцент
Васильєв М.С., студентНаціональний університет «Києво-Могилянська академія», sv_t@ukr.net**СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ШОКОЛАДНОГО ВИРОБНИЦТВА
З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖІ ПЕТРІ**

Шоколадне виробництво є однією з найбільш розвинених і масштабованих галузей харчової промисловості, що постійно вдосконалюється з огляду на зростаючий попит на продукцію та потребу у підвищенні ефективності процесів. Стандарти якості, технологічні вимоги, а також варіативність рецептів створюють необхідність точного контролю та оптимізації кожного етапу виробництва.

В умовах конкурентного ринку виробники шукають нові способи зниження витрат, підвищення продуктивності та одночасного збереження якості кінцевого продукту. У цьому контексті системний підхід до аналізу та моделювання виробничих процесів є важливим інструментом для досягнення бажаних результатів.

Моделювання за допомогою мереж Петрі є потужним методом для вивчення складних, динамічних систем [1]. Це дозволяє не лише формалізувати взаємодію етапів виробничого процесу, але й прогнозувати поведінку системи за різних умов. У даному дослідженні розглядається використання мереж Петрі для моделювання виробництва шоколадних батончиків двох типів (темних і молочних), що дає можливість отримати глибоке розуміння роботи виробничої лінії та виявити можливі шляхи її оптимізації.

Метою дослідження є розробка та аналіз моделі виробничого процесу шоколадних батончиків із використанням мережі Петрі для визначення потенційних вузьких місць та можливостей оптимізації виробничої системи.

Виробництво шоколадних батончиків є багатоступеневим процесом, який охоплює як приготування основних інгредієнтів, так і їх обробку, формування готових виробів та пакування. У рамках дослідження розглядається виробництво двох типів батончиків — темних та молочних. Вони мають спільну загальну виробничу лінію, але відрізняються за складом інгредієнтів, температурними режимами та тривалістю окремих операцій. Тому моделювання має враховувати як паралельні, так і розгалужені процеси (рис. 1), що робить застосування мереж Петрі доцільним [2].

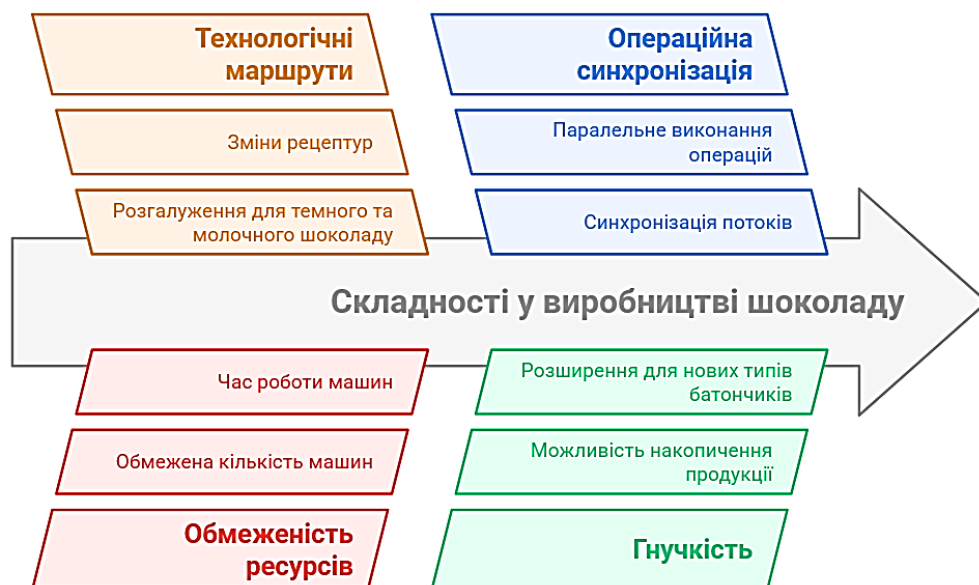


Рис. 1 – Аналіз складностей виробництва шоколаду

Мережа Петрі є математичним інструментом для моделювання дискретно-подійних систем, таких як виробничі процеси. У запропонованій моделі виробництво шоколадних батончиків формалізується у вигляді місць (станів), переходів (подій) та дуг між ними, що представляють логіку переходу між етапами виробництва.

Для побудови моделі виробництва шоколадних батончиків двох типів введемо наступні позначення вхідної сировини: темна (какао, цукор та ін.) – для «Dark»; молочна (какао, цукор, молоко тощо) – для «Milk».

Для основних етапів виробництва доцільно виділити: змішування (Mixing) – на окремих міксерах для темного й молочного; коншування (Conching) – спільна конш-машина (конкуренція за ресурс); темперування (Tempering) – спільна темпер-машина (знову спільний ресурс); формування й охолодження (Forming & Cooling) – залити у форму, потім охолодити у тунелі; пакування (Packaging) – одна пакувальна машина; маркування (Labeling) – один маркувальний автомат.

Кожен тип шоколаду (Dark, Milk) має свою початкову сировину та свій змішувач (MachineMixerDark, MachineMixerMilk). Після змішування обидві маси (Dark, Milk) проходять конкуруючі етапи: коншування, темперування, пакування, маркування – оскільки там одна або однакова машина для обох потоків.

У місцях RawDark та RawMilk лежать по 1 маркеру (або більше, залежно від обсягу партій). У місцях ресурсів (MachineMixerDark, MachineMixerMilk, MachineConch, MachineTemper, MachinePackaging, MachineLabeling) – по 1 маркеру (означає «кожен ресурс вільний»). Усі інші місця (завершені продукти, проміжні стани) ініціально порожні. Кінцеві місця P_LabeledDark, P_LabeledMilk містять по 1 маркеру (або більше, якщо робили кілька партій). Це означає, що продукція (батончики) повністю виготовлена, упакована й промаркована. Етапи змішування для Dark і Milk можуть відбуватися одночасно (якщо різні міксери). На етапах, де машина одна (конш, темпер, пакувальна, маркувальна), виникає конкуренція за ресурс.

На рис. 2 представлений фрагмент моделі виробництва шоколадних батончиків двох типів з використанням мережі Петрі, яка побудована в середовищі PIPE (Platform Independent Petri net Editor).

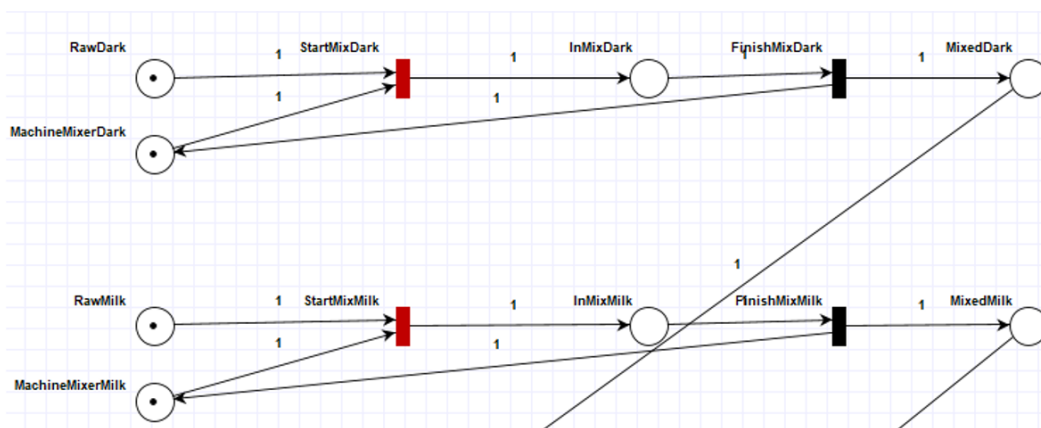


Рис. 2 – Фрагмент моделі виробництва шоколадних батончиків в середовищі PIPE

Розроблена модель мережі Петрі є корисним інструментом для оптимізації ресурсів, оцінки впливу змін у технологічному процесі на загальну продуктивність, прогнозування можливих збоїв у процесі виробництва.

Список посилань

1. Калініна І.О. Моделювання складних систем на основі кольорових мереж Петрі: Навчальний посібник / І.О. Калініна, О.П. Гожий – Херсон: вид-во ФОП Вишемирський В.С., 2021. – 58 с.
2. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посіб. / І.В. Стеценко; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399 с.