

С. С. Шаруда, канд. техн. наук;  
В. Д. Кишенько, канд. техн. наук, доц.

## ІМІТАЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ХЛІБОЗАВОДУ

*Розглянуто доцільність використання імітаційного моделювання під час дослідження технологічних процесів хлібозаводу. Наведено структурну схему імітаційної моделі. Здійснено порівняльний аналіз моделей традиційної системи управління та системи, побудованої з використанням сценаріїв управління.*

### Вступ

Для хлібопекарського виробництва як об'єкта управління характерними особливостями є: високий ступінь невизначеності, велика розмірність, латентність показників якості сировини та напівфабрикатів, багаточільова поведінка, коли пріоритетність цілей залежить від ситуації, яка виникає в залежності від обстановки на об'єкті управління. Імітаційне моделювання є найпотужнішим способом дослідження таких складних динамічних систем, за допомогою якого можна визначити числові характеристики систем тоді, коли аналітичні моделі неможливо побудувати.

В наш час існує велика кількість засобів візуального моделювання, за допомогою яких кваліфікований інженер чи технолог має можливість створювати моделі технологічних процесів. Разом з цим в порівнянні з іншими методами імітаційне моделювання висуває високі вимоги до обчислювальних ресурсів, недостатність яких примушує дослідника приймати спрощені гіпотези щодо поведінки об'єкта. Для адекватного відтворення перебігу технологічних процесів хлібопекарського виробництва необхідний синтез підходів — імітаційна модель повинна ґрунтуватись на змістовному аналізі закономірностей поведінки об'єкта. В процесі управління технологічними процесами хлібопекарського виробництва доцільно використовувати системи підтримки прийняття рішень [1]. Серед інструментів, що входять до їх складу, важливе місце займає імітаційне моделювання як основа багатоваріантного прогнозування та аналізу складних систем. Його застосування припускає два етапи — побудову комплексу динамічних імітаційних моделей і виконання аналітичних і прогнозних розрахунків. Важливе місце тут займає сценарний підхід, що дозволяє проводити багатоваріантний ситуативний аналіз модельованої системи. Сценарій є деякою оцінкою можливого розвитку системи та пов'язує зміну зовнішніх умов з результатними змінними [2]. Сценарії дозволяють з певним рівнем достовірності виявити можливі тенденції розвитку подій, взаємозв'язки між діючими факторами, сформувати карту станів, до яких може привести ситуація під впливом тих чи інших дій чи недотримання технологічного регламенту.

### Результати дослідження

Застосування імітаційного моделювання і сценарного підходу дозволяє будувати ефективні системи підтримки прийняття рішень, призначені для розв'язання таких задач: прогнозування та аналіз наслідків рішень у ході управління, дослідження ефективності та порівняння дій під час управління технологічними процесами, вибір або побудова оптимального рішення.

Для повної оцінки ефективності інтелектуальної підсистеми з урахуванням дій оперативного персоналу системи автоматизованого управління хлібозаводу у разі усунення конфліктних ситуацій в склад імітаційної моделі необхідно включити блок імітації дій оперативного персоналу.

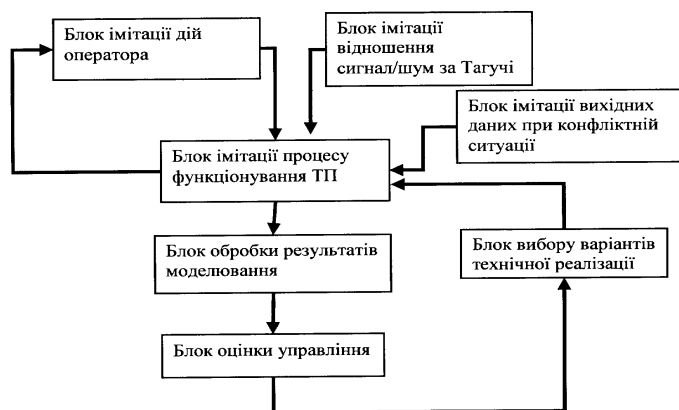


Рис. 1. Структурна схема імітаційної моделі

Центральним блоком моделі є блок імітації процесу функціонування алгоритмів інтелектуальної підсистеми. Узагальнена структурна схема імітаційної моделі наведена на рис. 1.

Структура імітаційної моделі складається з таких блоків: імітатор вхідних дій; модель мікропроцесорної системи локального регулювання окремих параметрів; експертна система сценарного управління; блок подання та інтерпретації результатів моделювання.

Для дослідження ефективності роботи системи автоматизованого управління була побудована імітаційна модель в підсистемі Simulink середовища Matlab (рис. 2). Кожний з виділених фрагментів на рис. 2 є підсистемою, яка деталізується у ході моделювання.

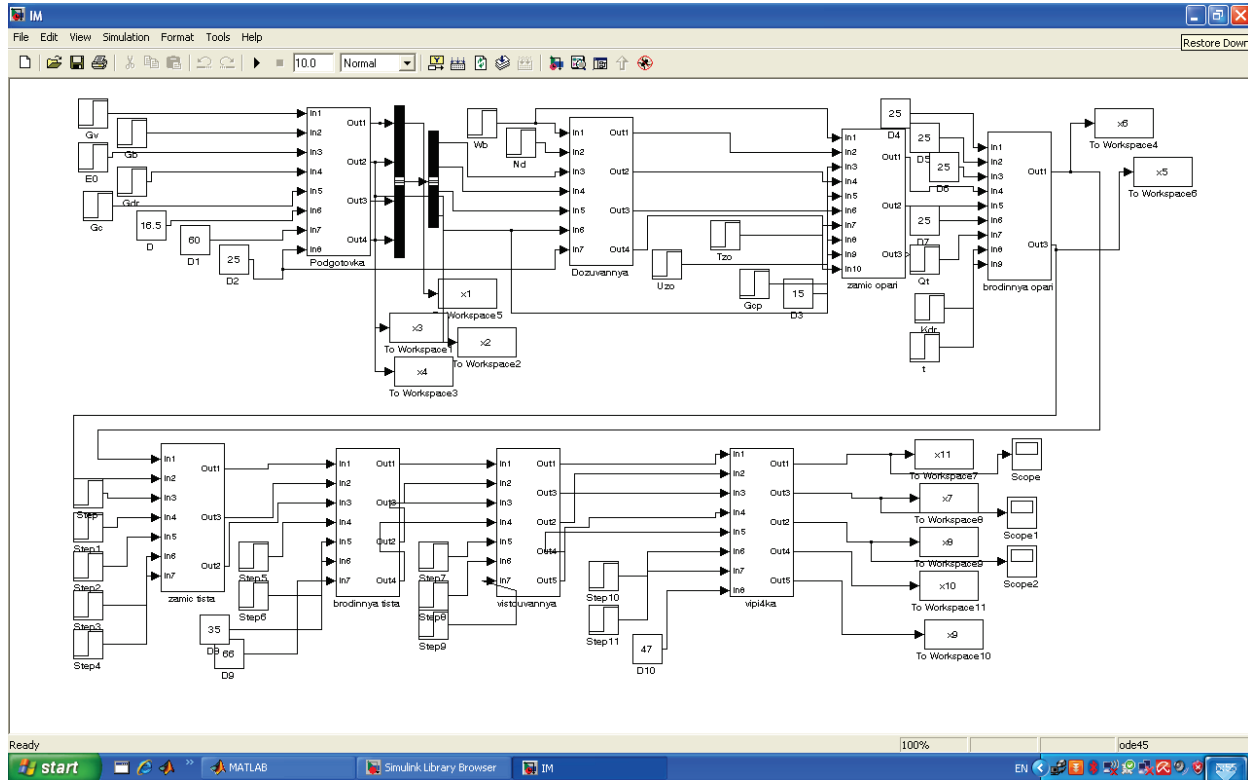


Рис. 2. Структура імітаційної моделі хлібозаводу в середовищі Matlab

Формування вхідних дій здійснювалось за допомогою робастних планів експерименту Тагучі, які дозволяють зімітувати не тільки зміну основних параметрів, а й збурень (показники якості борошна, параметри навколишнього середовища та ін.) шляхом зміни відношень сигнал—шум як «менше—краще» (less—good) і «більше—краще» (more—good) [3].

Результати імітаційного моделювання за різних значень сигнал—шум на ділянці приготування опари наведені в табл.

**Результати імітаційного моделювання**

Відношення сигнал—шум, $(Eta_{less-good})$ і $(Eta_{more-good})$ Середньоквадратичне відхилення, $\sigma$	Моделі традиційної системи управління			Моделі, побудовані з використанням сценаріїв		
	Якість, бали	Втрати, %	Продуктивність, кг/год	Якість, бали	Втрати, %	Продуктивність, кг/год
$Eta_{less-good} = -10 \cdot \log_{10}(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2)$	—	—4,60	—	—	—4,26	—
$Eta_{more-good} = -10 \cdot \log_{10}(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{y_i^2})$	82,6	—	421	89,5	—	462
$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2}$	5,78	0,23	25,63	4,27	0,16	17,9

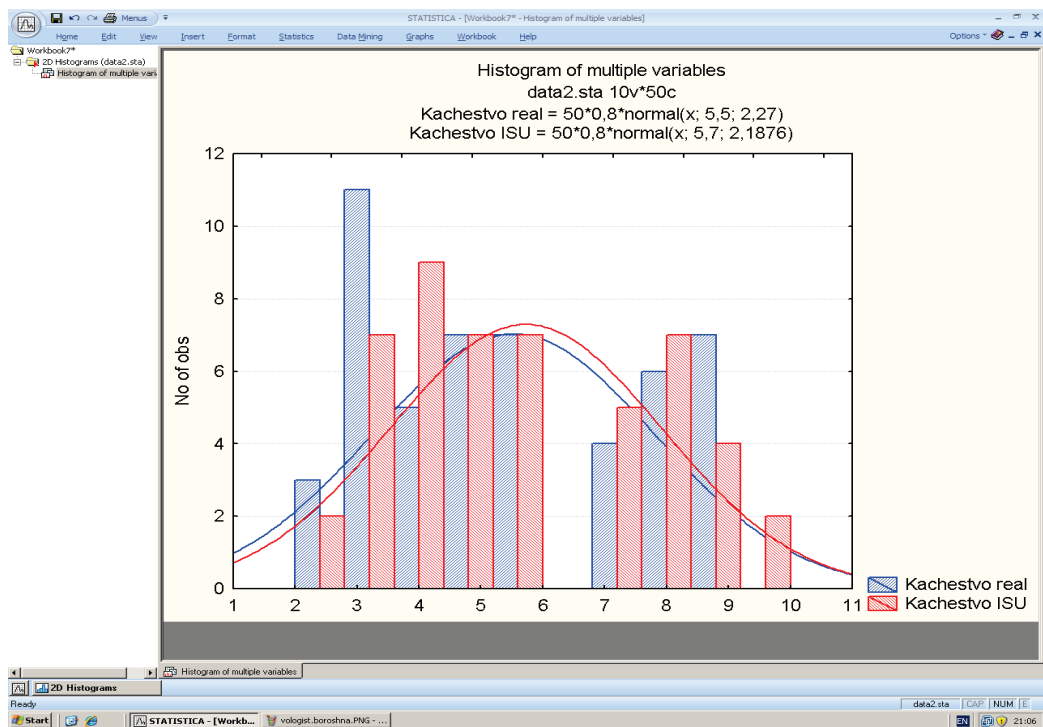


Рис. 3. Зміна якості готового продукту

Збільшення відношення сигнал—шум вказує на підвищення стійкості системи до дії випадкових шумів, отже доцільно використовувати сценарний підхід під час управління технологічним комплексом хлібозаводу. На рис. 3. наведено гістограму зміни якості готового продукту у разі звичайного перебігу технологічного процесу та за використання сценарних алгоритмів.

Імітаційним моделюванням підтверджено ефективність розроблених алгоритмів (якість готової продукції підвищилась в середньому на 6 % (в бальній оцінці), втрати сухих речовин борошна зменшились на 0,3 %, продуктивність обладнання збільшилась на 5,8 %).

### Висновки

В статті наведено структуру та реалізацію імітаційної моделі, в якій відтворені можливі ситуації за різних режимів функціонування хлібопекарського підприємства, змінюючи якісні характеристики (сировини, напівфабрикатів) як лінгвістичні змінних, що показало можливість підвищення ефективності управління об'єктом в порівнянні з традиційними методами управління.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шаруда С. С. Інтелектуальна система сценарного управління хлібопекарським виробництвом / С. С. Шаруда, В. Д. Кишенько // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2010. — № 5/3(47). — С. 66—70.
2. Шаруда С. С. Сценарний підхід в управлінні хлібопекарським підприємством / С. С. Шаруда, В. Д. Кишенько // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2009. — № 2 (83). — С. 13—16.
3. Силов В. Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В. Б. Силов. — М. : ИНПРО-РЭС. — 1995. — 228 с.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики

Стаття надійшла до редакції 25.02.11

Рекомендована до друку 21.03.11

**Шаруда Світлана Сергіївна** — старший викладач, **Кишенько Василь Дмитрович** — доцент.

Кафедра автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій, Національний університет харчових технологій, Київ