

## РОЗДІЛ II

### Економіка України

УДК 338.439

**О. Л. Тоцька** – старший викладач кафедри фінансів підприємств і кредиту Волинського державного університету імені Лесі Українки

#### Імовірно-автоматне моделювання діяльності хлібопекарського підприємства

*Роботу виконано на кафедрі фінансів підприємств і кредиту ВДУ ім. Лесі Українки*

У статті автор будує імовірно-автоматну модель діяльності хлібопекарського підприємства. Отримана модель дає змогу імітувати динаміку замовлень на продукцію та її виробництва, а також витрат, поповнення і рівня запасів основної сировини.

**Ключові слова:** імовірно-автоматна модель, імітація, виробництво продукції.

**Totska O. L. Submachine Probabilistic-Gun Design of Activity of Bread-Making Enterprise.** In the given article an author builds the submachine probabilistic-gun model of activity of bread-making enterprise. The got model allows to imitate the dynamics of orders on products and its productions, and also charges, addition and level of supplies of basic raw material.

**Key words:** submachine probabilistic-gun model, imitation, production of goods.

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Характерною особливістю сучасного розвитку економічної науки є широке використання математичних методів і моделей для аналізу соціально-економічних явищ і процесів, виявлення наявних там закономірностей та пошуку оптимального напрямку їх розвитку. Вони сприяють вивченню в нерозривному зв'язку кількісних та якісних сторін досліджуваних об'єктів.

Одним із методів наукового пізнання є моделювання, тобто дослідження певного об'єкта шляхом побудови його моделі. Згідно з економічною енциклопедією, модель – це матеріальний (фізичний) або уявний (абстрактний, знаковий) об'єкт, який у процесі дослідження реального об'єкта замінює його таким чином, що дослідження об'єкта-замінника дає нові знання про об'єкт-оригінал [4, 453]. А походить цей термін від лат. *modulus*, що означає “міра”, “зразок” [22, 109].

Моделювання почали використовувати дуже давно. Застосовується цей метод коли:

- 1) досліджуваний об'єкт безпосередньо вивчити неможливо;
- 2) об'єкта ще немає;
- 3) дослідження потребує значних затрат коштів і часу;
- 4) потрібно перевірити гіпотези [21, 6].

Сучасна економічна наука також широко використовує моделювання, зокрема імітаційне (від лат. *imitatio* – підробка, наслідування), для вивчення соціально-економічних явищ і процесів. Свідченням цьому може слугувати навіть кількість термінів, які використовують для позначення імітаційного моделювання: “цифрове”, “машинне”, “програмне”, “статистичне”, “імовірнісне”, “автоматне” чи “динамічне моделювання”, а також “метод машинної імітації”. У зарубіжній літературі цьому терміну відповідають *computer simulation* та *digital simulation* [6, 70]. Іноді імітаційне моделювання називають симулятивним [2, 78].

Імітація дає змогу тестувати моделі та процеси без їх фізичного створення. При цьому заощадження часу та витрат є досить значними. Симуляція може застосовуватись для синтезу й

оцінювання проблем процесу, а також для передбачення роботи моделі. Багато видів аналізів типу “що буде, якщо ...” може бути виконано в короткий термін і з надійними результатами [25, 126].

А виник цей напрямок моделювання в 60-х роках, напередодні появи електронно-обчислювальних машин третього покоління, що дало необхідну базу для його практичної реалізації [3, 9].

**Аналіз останніх досліджень.** Проблематиці імітаційного моделювання присвятили публікації такі українські науковці, як О. О. Бакаєв, Е. П. Карпець, О. Г. Кононенко, О. Кононець, Н. І. Костіна, К. С. Марахов, Л. О. Позднякова, В. А. Ревін, С. В. Сучок, Л. Тарангул, П. Черняховська, М. В. Яровицький та ін. [1; 8–20; 23], а також зарубіжні вчені Г. В. Беляєв, К. А. Власова, Р. В. Дума, О. А. Ємельянов, Дж. Клейнен, Дж. Нейман, В. Ф. Петроченко, Є. В. Прошлякова, Н. А. Саломатін, Р. Шеннон [5–7; 24].

За допомогою побудови імітаційних моделей вони розв’язували такі завдання, як масове обслуговування клієнтів [1], моделювання діяльності багатопрофільних фірм [8; 9], відтворення діяльності комерційного банку [10], моделювання діяльності акціонерного підприємства [11], прогнозування надходження готівкових грошей до установи комерційного банку [12; 20], відтворення динаміки місцевих ринків праці [13], сплата прибуткового податку з громадян [14], моделювання фондового ринку України [15], визначення величини ризику [16], оптимізація кількості комерційних банків [17], прогнозування грошово-кредитних процесів [18], прогнозування податкових надходжень [19], оптимізація страхового підприємництва [23] тощо. Але, як бачимо, у працях вони більшою мірою зосереджували увагу на аспектах функціонування фінансових організацій та багатопрофільних фірм.

**Мета та завдання статті.** Метою статті є побудова імовірно-автоматної моделі діяльності одного з хлібопекарських підприємств Волині, яка відобразатиме динаміку замовлень на продукцію та її виробництва, а також витрат, поповнення і рівня запасів основної сировини.

Для її досягнення ми розв’яжемо такі завдання:

- 1) визначимо внутрішні стани автоматів моделі;
- 2) зобразимо граф міжавтоматних зв’язків;
- 3) задамо матричний опис структури моделі;
- 4) визначимо систему функції виходів;
- 5) зобразимо умовні функціонали переходів;
- 6) задамо вектор початкових станів автоматів;
- 7) визначимо систему розподілів незалежних випадкових величин;
- 8) проведемо 20 ітерацій моделі з їх подальшим аналізом.

**Виклад основного матеріалу.** Для того щоб спланувати випуск продукції на будь-якому підприємстві, спочатку потрібно спрогнозувати показники його діяльності на певний період. Зокрема слід передбачити в динаміці характеристики такого ланцюжка: замовлення продукції → витрати основної сировини → виробництво продукції → поповнення основної сировини → рівень запасів основної сировини, де кожен наступний елемент залежить від попередніх. Для розв’язання такого завдання можна використати імовірно-автоматний метод моделювання, розроблений в Інституті кібернетики НАН України. Слід зазначити, що цей Інститут створено в 1962 році, трансформувавшись із комп’ютерного центру Академії [26, 148].

На відміну від звичайних методів математичного моделювання, таких як статистичний аналіз випадкових факторів та перевірка ступеня їх залежності (регресійний аналіз), апарат імовірно-автоматного моделювання є:

- гнучким, бо дає змогу модифікувати модель при зміні в постановці задачі, конкретизації певних аспектів системи або виникненні деякого принципово різного набору даних;
- достатньо формалізованим для того щоб будувати моделі взаємодії внутрішніх факторів системи та факторів впливу зовнішнього середовища;
- наочним і простим для розуміння, оскільки не містить формул інтегрального й диференціального числення, а зв’язок між характеристиками системи здійснюється за допомогою арифметичних операцій [19, 36].

Будь-яка імовірно-автоматна модель відображається за допомогою таких п’яти характеристик:

- 1) вектора початкових станів (ВПС) – задає внутрішні стани автоматів у початковий момент часу;

2) матриці алфавітів (МА) – деталізує, які значення можуть приймати внутрішні стани автоматів, їхній вхідний і вихідний сигнали;

3) системи функцій виходів (СФВ) – є сукупністю систем, за якими відбувається перерахування вихідних сигналів автоматної моделі;

4) таблиці умовних функціоналів-переходів (ТУФП) – за її допомогою виконується обчислення внутрішніх станів автоматів моделі в наступний  $(t + 1)$  момент часу на основі даних, отриманих у попередній момент часу  $(t)$ ;

5) системи розподілу незалежних випадкових величин (СРНВВ) – у ній представлено всі випадкові величини, які впливають на зміну внутрішніх станів моделі [17, 130].

Вважається, що імовірісно-автоматна модель задана, якщо визначені всі її автомати і вказано наявність або відсутність зв'язків для кожної впорядкованої пари автоматів системи. При цьому імовірнісним автоматом вважається об'єкт, який володіє внутрішнім станом, здатний сприймати вхідний сигнал і видавати вихідний. Цей автомат є дискретним ініціальним імовірнісним автоматом Мура з детермінованими виходами. Зміна станів автоматів і видача вихідних сигналів виконується винятково в цілі моменти часу, імовірнісний фактор бере участь тільки у формуванні внутрішнього стану автомата; початковий стан автомата є закріпленим, значення вихідного сигналу залежить від значення вхідного сигналу тільки через внутрішній стан [12, 253].

Для зображення автоматної моделі найзручніше скласти таблицю умовних функціоналів переходів, яка будується на підставі змістового опису економічної системи і її статистичного дослідження [20, 18].

Отже побудуємо імовірісно-автоматну модель діяльності хлібопекарського підприємства, яка відобразатиме динаміку замовлень на продукцію та її виробництва, а також витрат, поповнення і рівня запасів основної сировини. Така модель буде імітаційною, оскільки відтворюватиме не тільки структуру і статичний взаємозв'язок складових елементів системи, а й імітуватиме динаміку її розвитку у часі.

Припустимо, що хлібопекарське підприємство кожного дня формує на основі укладених договорів (замовлень) наряди на виготовлення  $j$ -го виду ( $j = 1, 2, \dots, 12$ ) основної продукції (а саме: 1 – хліб домашній (0,7 кг), 2 – хліб софіївський (0,6 кг), 3 – хліб білий 1 г (0,7 кг), 4 – хліб козацький (0,5 кг), 5 – хліб ситний (0,6 кг), 6 – батон нарізний (0,4 кг), 7 – плетінка з маком (0,4 кг), 8 – булка севастопольська (0,4 кг), 9 – булка з маком (0,3 кг), 10 – завиванець (0,4 кг), 11 – плюшка московська (0,2 кг), 12 – ватрушка сирна (0,1 кг)) у цех та випікає хлібобулочні вироби. Запаси  $i$ -го виду ( $i = 1, 2, 3$ ) основної сировини (а саме: 1 – пшеничне борошно вищого гатунку, 2 – пшеничне борошно першого гатунку, 3 – житнє борошно) на складі поповнюються одночасно за всіма видами декілька разів на місяць. Обсяги нарядів на виготовлення продукції  $j$ -го виду – це випадкові величини від  $\xi_1$  до  $\xi_{12}$ , а обсяги поповнення борошна – випадкові величини  $\eta_1$ ,  $\eta_2$  та  $\eta_3$ .

*Внутрішні стани автоматів* моделі зобразимо так:

$a(t)$  – проміжок часу від моменту  $t$  до моменту поповнення запасів основної сировини;

$b_j(t)$  – величина наряду (замовлень) на виготовлення продукції  $j$ -го виду на момент часу  $t$ , шт;

$c_j$  – вага  $j$ -го виду виробу, кг;

$d_{ij}$  – нормативні витрати  $i$ -го виду основної сировини на виготовлення однієї тонни продукції  $j$ -го виду, кг;

$f(t)$  – загальний випуск основної продукції на момент часу  $t$ , т;

$v_1(t)$  – витрати пшеничного борошна вищого гатунку на сумарне виготовлення продукції згідно нарядів на момент часу  $t$ , кг;

$v_2(t)$  – витрати пшеничного борошна першого гатунку на сумарне виготовлення продукції згідно з нарядами на момент часу  $t$ , кг;

$v_3(t)$  – витрати житнього борошна на сумарне виготовлення продукції згідно з нарядами на момент часу  $t$ , кг;

$p_1(t)$  – поповнення запасів пшеничного борошна вищого гатунку на момент часу  $t$ , кг;

$p_2(t)$  – поповнення запасів пшеничного борошна першого гатунку на момент часу  $t$ , кг;

$p_3(t)$  – поповнення запасів житнього борошна на момент часу  $t$ , кг;

$z_1(t)$  – запаси пшеничного борошна вищого гатунку на складі на момент часу  $t$ , кг;

$z_2(t)$  – запаси пшеничного борошна першого гатунку на складі на момент часу  $t$ , кг;

$z_3(t)$  – запаси житнього борошна на складі на момент часу  $t$ , кг.

Предметніше зв'язки між автоматами покажемо за допомогою графа міжавтоматних зв'язків на рис. 1.

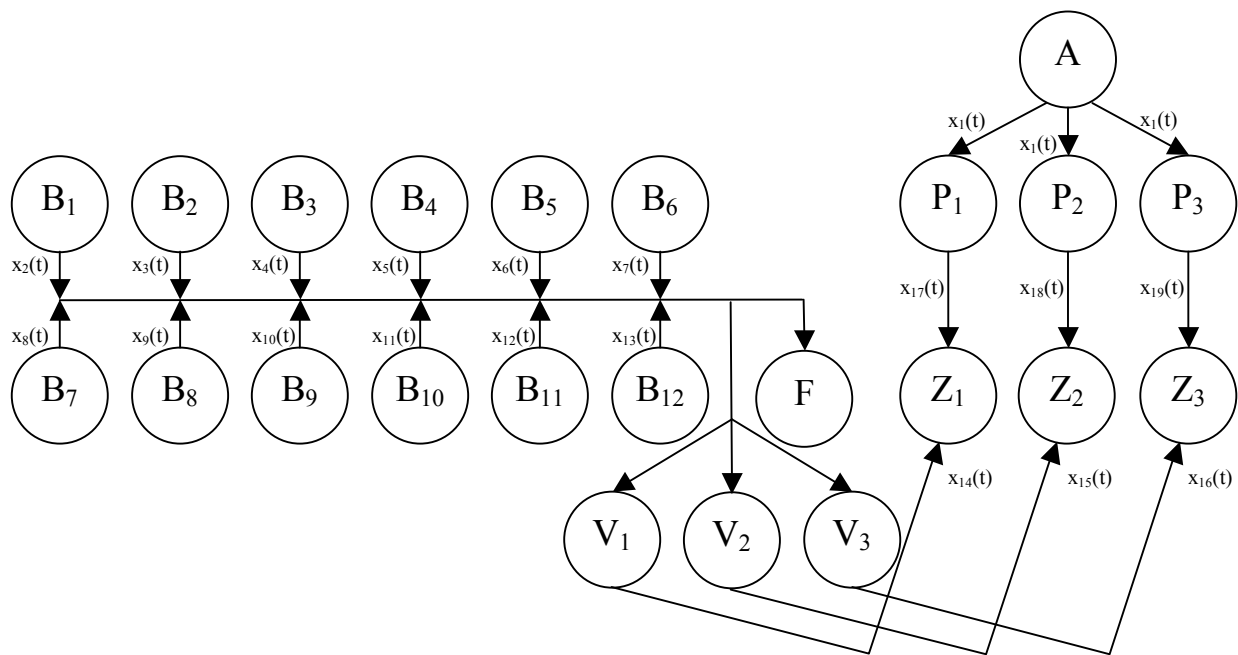


Рис. 1. Граф міжавтоматних зв'язків:

$A$  – автомат, який показує час, що залишився до моменту поповнення запасів основної сировини;  $B_1 \div B_{12}$  – автомати, які показують величини нарядів на виготовлення певних видів продукції;  $F$  – автомат, що показує загальний випуск основної продукції;  $V_1 \div V_3$  – автомати, які показують величини витрат борошна різних видів та гатунків на сумарне виготовлення продукції згідно з нарядами;  $P_1 \div P_3$  – автомати, що показують величини поповнення запасів борошна різних видів та гатунків;  $Z_1 \div Z_3$  – автомати, що показують величини запасів борошна різних видів та гатунків;  $x_1(t) \div x_{19}(t)$  – сигнали, що показують функції виходів автоматів системи на момент часу  $t$ .

Для складних систем із великою кількістю автоматів і міжавтоматних зв'язків зручнішим є матричний опис структури. Для цього будується квадратна матриця структури системи, порядок якої збігається з кількістю автоматів системи [1, 65]. У ній внутрішній алфавіт автомата міститься на діагоналі, вхідний – у стовпці, а вихідний – у рядку з іменем автомата.

Структуру матриці алфавітів описаної вище системи зобразимо на рис. 2.

	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>10</sub>	B <sub>11</sub>	B <sub>12</sub>	F	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>
A	P <sub>0</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	Д	Д	Д	∅	∅	∅
B <sub>1</sub>	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>2</sub>	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>3</sub>	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>4</sub>	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>5</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>6</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>7</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>8</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>9</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>10</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>11</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	∅	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
B <sub>12</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P	P	P	P	P	∅	∅	∅	∅	∅	∅
F	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
V <sub>1</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅
V <sub>2</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅	∅	∅	∅	∅	R
V <sub>3</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅	∅	∅	∅	R
P <sub>1</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P <sub>0</sub>	∅	∅	P <sub>0</sub>
P <sub>2</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P <sub>0</sub>	∅	P <sub>0</sub>
P <sub>3</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	P <sub>0</sub>	P <sub>0</sub>
Z <sub>1</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R	∅
Z <sub>2</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R
Z <sub>3</sub>	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	R

Рис. 2. Матриця алфавітів

На цьому рисунку P – множина всіх додатних цілих чисел, P<sub>0</sub> – множина всіх додатних цілих чисел з нулем, R – множина всіх раціональних невід’ємних чисел, Д – двійковий алфавіт (множина, яка складається із двох символів: 0 та 1), ∅ – порожня множина (відсутній зв’язок).

Система функції виходів матиме такий вигляд:

$$x_1(t) = \begin{cases} 1 \text{ при } a(t) = 1 \\ 0 \text{ при } a(t) > 1 \end{cases} \text{ – сигнал приймає одиничне значення, коли в наступний момент часу}$$

відбудеться поповнення основної сировини й нульове значення в іншому випадку;

$$\begin{aligned} x_2(t) &= b_1(t); & x_7(t) &= b_6(t); & x_{12}(t) &= b_{11}(t); & x_{17}(t) &= p_1(t+1); \\ x_3(t) &= b_2(t); & x_8(t) &= b_7(t); & x_{13}(t) &= b_{12}(t); & x_{18}(t) &= p_2(t+1); \\ x_4(t) &= b_3(t); & x_9(t) &= b_8(t); & x_{14}(t) &= v_1(t+1); & x_{19}(t) &= p_3(t+1). \\ x_5(t) &= b_4(t); & x_{10}(t) &= b_9(t); & x_{15}(t) &= v_2(t+1); \\ x_6(t) &= b_5(t); & x_{11}(t) &= b_{10}(t); & x_{16}(t) &= v_3(t+1); \end{aligned}$$

Умовні функціонали переходів зобразимо в табл. 1.

Ця таблиця складається з двох стовпчиків: лівий містить ім’я автомата, внутрішній стан якого змінюватиметься за певним правилом; правий – саме правило. Це правило іноді може бути представлене у вигляді двох рядків: верхній є умовою зміни стану, нижній – значенням, якого набуде внутрішній стан автомата при істинності цієї умови. Уцьому разі у наступний момент часу  $t+1$  внутрішнє значення  $a(t+1)$  автомата A зміниться так:

1) якщо в попередній момент часу  $t$  значення внутрішнього стану було більшим за одиницю ( $a(t) > 1$ ), то в наступний момент часу воно зменшиться на одиницю ( $a(t) - 1$ );

2) якщо ж значення внутрішнього стану в попередній момент часу дорівнювало одиниці ( $a(t) = 1$ ), то в наступний момент часу воно буде реалізацією деякої випадкової величини  $\eta$ .

Якщо правило не містить рядка умови зміни стану, то це означає, що умова виконується завжди. У цьому разі значення внутрішнього стану автомата  $B_1$  у наступний момент часу  $t + 1$  дорівнюватиме реалізації випадкової величини  $\xi_1$ .

Вектор початкових станів автоматів системи має такий вигляд:  $a(0) = 1$ ,  $b_1(0) = 4555$ ,  $b_2(0) = 3232$ ,  $b_3(0) = 2983$ ,  $b_4(0) = 463$ ,  $b_5(0) = 91$ ,  $b_6(0) = 506$ ,  $b_7(0) = 353$ ,  $b_8(0) = 370$ ,  $b_9(0) = 574$ ,  $b_{10}(0) = 30$ ,  $b_{11}(0) = 146$ ,  $b_{12}(0) = 295$ ,  $f(0) = 8,125$ ,  $v_1(0) = 1590,67$ ,  $v_2(0) = 3293,10$ ,  $v_3(0) = 1180,76$ ,  $p_1(0) = 0$ ,  $p_2(0) = 0$ ,  $p_3(0) = 0$ ,  $z_1(0) = 50310$ ,  $z_2(0) = 62134$ ,  $z_3(0) = 21778,4$ .

Таблиця 1

Умовні функціонали переходів

A	$a(t) > 1$	$a(t) = 1$
	$a(t) - 1$	$\eta$
B <sub>1</sub>		$\xi_1$
B <sub>2</sub>		$\xi_2$
B <sub>3</sub>		$\xi_3$
B <sub>4</sub>		$\xi_4$
B <sub>5</sub>		$\xi_5$
B <sub>6</sub>		$\xi_6$
B <sub>7</sub>		$\xi_7$
B <sub>8</sub>		$\xi_8$
B <sub>9</sub>		$\xi_9$
B <sub>10</sub>		$\xi_{10}$
B <sub>11</sub>		$\xi_{11}$
B <sub>12</sub>		$\xi_{12}$
V <sub>1</sub>	$\sum_{j=1}^{12} b_j(t) \times c_j / 1000 \times d_{1j}$	
V <sub>2</sub>	$\sum_{j=1}^{12} b_j(t) \times c_j / 1000 \times d_{2j}$	
V <sub>3</sub>	$\sum_{j=1}^{12} b_j(t) \times c_j / 1000 \times d_{3j}$	
F	$\sum_{j=1}^{12} b_j(t) \times c_j / 1000$	
P <sub>1</sub>	$a(t) > 1$	$a(t) = 1$
	0	$\eta_1$
P <sub>2</sub>	$a(t) > 1$	$a(t) = 1$
	0	$\eta_2$

Закінчення таблиці 1

$P_3$	$a(t) > 1$	$a(t) = 1$
	0	$\eta_3$
$Z_1$	$z_1(t) - v_1(t+1) + p_1(t+1)x_1(t)$	
$Z_2$	$z_2(t) - v_2(t+1) + p_2(t+1)x_1(t)$	
$Z_3$	$z_3(t) - v_3(t+1) + p_3(t+1)x_1(t)$	

Систему розподілену за нормальним законом незалежних випадкових величин подаємо в табл. 2.

Таблиця 2

## Система розподілів незалежних випадкових величин

Випадкова величина	Математична ймовірність, $m_x$	Дисперсія, $\sigma_x^2$
$\eta$	14	2
$\xi_1$	4 500	60
$\xi_2$	3 200	45
$\xi_3$	2 920	35
$\xi_4$	480	20
$\xi_5$	90	5
$\xi_6$	500	10
$\xi_7$	350	10
$\xi_8$	350	20
$\xi_9$	535	35
$\xi_{10}$	26	3
$\xi_{11}$	135	10
$\xi_{12}$	270	20
$\eta_1$	27 000	1 000
$\eta_2$	50 000	2 000
$\eta_3$	20 000	7 000

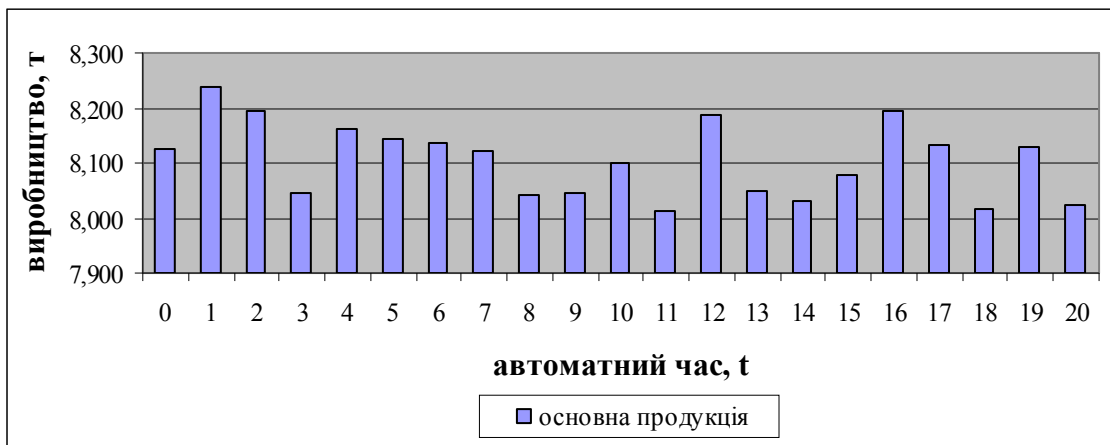


Рис. 3. Динаміка загального виробництва основної продукції





Результати проведення 20 ітерацій моделі зобразимо в табл. 3. У ній за одиницю автоматного часу візьмемо один день. Динаміку загального виробництва основної продукції зобразимо на рис. 3, витрат основної сировини – на рис. 4, а рівня її запасів – на рис. 5.

Із рис. 3–5 видно, що середній рівень випуску продукції становить 8,105 т. Найбільше за день витрачається пшеничного борошна 1 г (у середньому 3264,801 кг), менше – пшеничного борошна в/г (у середньому 1600,778 кг), найменше – житнього борошна (у середньому 1183,455 кг). Середній рівень запасів пшеничного борошна вищого та першого гатунку й житнього борошна відповідно становить 67 468,77 кг, 92 748,23 кг та 35 504,15 кг.

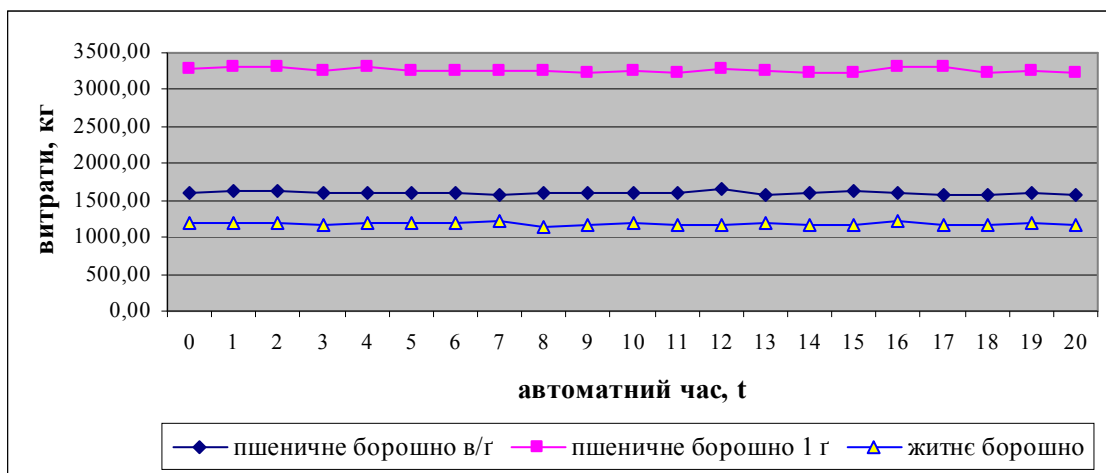


Рис. 4. Динаміка витрат основної сировини

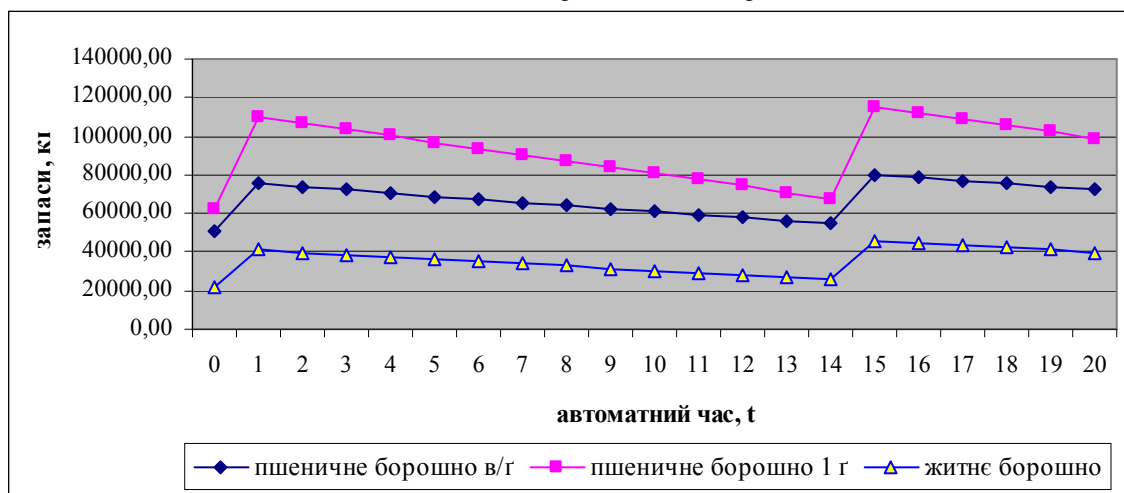


Рис. 5. Динаміка рівня запасів основної сировини

Отже, створена імовірно-автоматна модель дає змогу імітувати динаміку замовлень на продукцію та її виробництва, а також витрат, поповнення і рівня запасів основної сировини. Її автоматизація може відбуватися за допомогою табличного процесора *Microsoft Excel*.

**Висновки і перспективи досліджень.** У межах цієї статті ми побудували імовірно-автоматну модель діяльності хлібопекарського підприємства. На основі отриманих результатів проведення ітерацій моделі фахівці з управління виробництвом можуть планувати випуск продукції на певний період часу, а також обсяги поповнення запасів сировини.

Ця модель придатна також для використання на виробничих підприємствах харчової чи інших галузей промисловості, але потребує попередньої зміни кількості автоматів відповідно до кількості видів продукції та використовуваних ресурсів.

Що ж до подальших наукових досліджень у сфері економіко-математичного моделювання випуску продукції хлібопекарськими підприємствами, то їх, на нашу думку, доцільно проводити за допомогою використання в імовірно-автоматній моделі нових автоматів, які відображатимуть інші аспекти діяльності таких підприємств.

*Література*

1. Бакаев А. А., Костина Н. И. Яровицкий Н. В. Имитационные модели в экономике.– К.: Наук. думка, 1978.– 304 с.
2. Вітлінський В. В. Моделивання економіки: Навч. посіб.– К.: КНЕУ, 2003.– 408 с.
3. Дубров Я. О., Бойда Л. В., Рабик В. М. Принципы побудови систем економіко-математичних моделей: Препр. / Ін-т економіки АН УРСР.– К., 1976.– 67 с.
4. Економічна енциклопедія: У 3 т.– Т. 1 / С. В. Мочерний та ін.– К.: Вид. центр “Акад.”, 2000.– 864 с.
5. Емельянов А. А., Власова Е. А., Дума Р. В. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособ. / Под ред. А. А. Емельянова.– М.: Финансы и статистика, 2002.– 368 с.: ил.
6. Имитационное моделирование в оперативном управлении производством / Н. А. Саломатин, Г. В. Беляев, В. Ф. Петроченко, Е. В. Прошлякова.– М.: Машиностроение, 1984.– 208 с., ил.
7. Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании: Пер. с англ. / Ю. П. Адлер, К. Д. Аргунова, В. Н. Варыгин, А. М. Талалай / Под ред. и с предисл. Ю. П. Адлера и В. Н. Варыгина.– М.: Статистика, 1978.– Вып. 1.– 221 с., ил.– (Математико-статистические методы за рубежом).
8. Кононенко О. Г. Економіко-математичне моделювання діяльності багатoproфільних фірм: Автореф. дис. ... канд. екол. наук.– К.: ТОВ “ВІТУС”, 2004.– 21 с.
9. Кононенко О. Г., Ревін В. А. Комп’ютерне імітаційне моделювання діяльності багатoproфільних компаній // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем: Зб. наук. пр.– К.: Міжнар. наук.-навч. центр ЮНЕСКО інформаційних технологій і систем НАН та МОН України.– 2003.– Вип. 4.– С. 46–54.
10. Костіна Н. І. Гроші та грошова політика: Навч. посіб.– К.: НІОС, 2001.– 224 с.
11. Костіна Н. І., Алексєєв А. А., Василик О. Д. Фінансове прогнозування: методи та моделі: Навч. посіб.– К.: Т-во “Знання”, КОО, 1997.– 183 с.
12. Костіна Н. І., Антонов В. М., Білоус В. Т. Менеджмент: перспективні інформаційні технології.– Ірпінь: Нац. акад. держ. податкової служби України, 2002.– 374 с.
13. Костіна Н. І., Карпець Е. П. Деякі фінансові аспекти моделювання динаміки місцевих ринків праці // Фінанси України.– 1996.– № 10.– С. 38–42.
14. Костіна Н., Кононець О., Сучок С. Моделивання прибуткового податку з громадян за допомогою системи імовірнісних автоматів // Економіст.– 2002.– № 9.– С. 56–59.
15. Костіна Н. І., Марахов К. С. Імітаційне моделювання фондового ринку України // Актуальні проблеми економіки.– 2003.– № 11.– С. 55–62.
16. Костіна Н. І. Сучок С. В. Застосування імовірнісно-автоматного методу для обчислення Value at Risk // Фінансово-кредитне стимулювання економічного зростання: Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Тези доп. (3–5 черв. 2005 р.)– Луцьк: РВВ “Вежа”, 2005.– С. 718–719.
17. Костіна Н. І. Сучок С. В. Оптимізація кількості комерційних банків на основі ймовірнісно-автоматної моделі // Актуальні проблеми економіки.– 2005.– № 2.– С. 128–139.
18. Костіна Н. І., Сучок С. В. Прогнозування грошово-кредитних процесів методом імовірнісних автоматів // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки.– 2005.– № 1.– С. 152–157.
19. Костіна Н., Тарангул Л., Сучок С. Застосування автоматних моделей для прогнозування податкових надходжень // Економіст.– 2002.– № 2.– С. 36–39.
20. Костіна Н., Черняхівська П. Прогнозування надходження готівкових грошей до установи комерційного банку // Банківська справа.– 2000.– № 1.– С. 17–20.
21. Миненко С. Н., Гамазина Г. И. Экономико-математическое моделирование: Учеб. пособ.– М.: МГИУ, 2001.– 156 с.
22. Пашута М. Т. Прогнозування та програмування економічного і соціального розвитку: Навч. посіб.– К.: ЦУЛ, 2005.– 408 с.
23. Позднякова Л. О. Оптимізація страхового підприємництва на основі імітаційного моделювання // Актуальні проблеми економіки.– 2003.– № 11.– С. 107–112.
24. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука: Пер. с англ. / Под ред. Е. К. Масловского.– М.: Мир, 1978.– 418 с.
25. Erhorn C., Stark J. Competing by design: creating value and market advantage in new product development.– Oliver Wight publications, Inc., 1994.– 287 p.
26. Selected contributions of Ukrainian scholars to economics / I. S. Koropeckyj, editor.– Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1984.– 229 p.

Статтю подано до редколегії  
15.05.2007 р.