

Юрій В. Шерстенников, Тетяна М. Рудянова  
**МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ВПЛИВУ НА ТЕМПИ  
ПРОДАЖУ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА**

*У статті розроблено економіко-математичну модель виробничої діяльності підприємства, яка враховує зв'язок між параметрами виробництва та поточними характеристиками ринку. Виконано модельні дослідження впливу цінової політики підприємства на економічні результати роботи підприємства. Досліджено питання про економічну ефективність розширення мережі роздрібної торгівлі.*

*Ключові слова:* моделювання, розвиток, конкуренція, ринок, стійкість розв'язків.  
*Форм. 13. Табл. 1. Рис. 8. Літ. 10.*

Юрий В. Шерстенников, Татьяна Н. Рудянова  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ НА ТЕМПЫ  
РОСТА ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

*В статье разработана экономико-математическая модель производственной деятельности предприятия. Модель учитывает взаимосвязь между параметрами производства и текущими характеристиками рынка. Выполнены модельные исследования влияния ценовой политики предприятия на экономические результаты работы предприятия. Исследован вопрос об экономической эффективности расширения сети розничной торговли.*

*Ключевые слова:* моделирование, развитие, конкуренция, рынок, устойчивость решений.

Yuriy V. Sherstennykov<sup>1</sup>, Tetyana M. Rudyanova<sup>2</sup>  
**MODELLING OF MECHANISMS TO INFLUENCE THE MARKET  
DEMAND FOR ENTERPRISE PRODUCTION**

*The paper offers an economic and mathematical model of enterprise production activity. The model accounts for interrelation between the parameters of manufacture and current characteristics of the market. Simulation analysis of price policy impact on enterprise economic performance has been conducted. The issue of economic efficiency of retail trade network expansion is investigated.*

*Keywords:* modelling, development, competition, market, stability of solutions.

**Постановка проблеми.** Економічні результати господарської діяльності підприємства залежать від багатьох чинників. Важливу роль у цьому зв'язку мають маркетингові дослідження поточного попиту на продукцію підприємства та його ефективна цінова політика, мета якої полягає в тому, щоб підвищити попит на продукцію та створити умови для розвитку, зокрема для нарошування виробничих потужностей. Другий важіль впливу на ринковий попит на продукцію підприємства – це ступінь розгалуженості мережі роздрібної торгівлі. Для ефективної роботи в ринкових умовах підприємству корисно мати методики розрахунків кількісного впливу обох зазначених чинників на економічні результати.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженими є різні аспекти розвитку підприємства: динаміка інвестиційного розвитку [3; 4]; розвиток підприємства на основі процесів взаємодії [5–7]; ефективність кооперації підприємства [8].

---

<sup>1</sup> Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Ukraine.

<sup>2</sup> Dnipropetrovsk State Financial Academy, Ukraine.

**Невирішені раніше частини загальної проблеми.** Слід зауважити, що у зазначених працях недостатньо розкрито кількісний зв'язок між виробничими потужностями підприємства і поточними характеристиками споживчого ринку – потенційний попит на продукцію підприємства, темпи споживання продукції тощо. Цей недолік сучасної теорії ускладнює дослідження впливу цінової політики на економічну ефективність роботи підприємства. У праці [2] запропоновано модель, яка з принципової точки зору відповідає сформульованим вимогам, тобто дозволяє врахувати детальні характеристики ринку. Але ця модель має суттєвий недолік, тому що призводить до нестійких розв'язків у широкому діапазоні параметрів. Причому параметри, для яких модель має стійкі розв'язки, з економічної точки зору нічим не кращі за параметри, для яких стійких розв'язків (за моделлю) не існує. Цей недолік і є ймовірною причиною того, що перспективна модель у праці [2] не знайшла подальшого розвитку. Одне із завдань запропонованого дослідження – виправити недолік роботи [2].

**Мета дослідження** – розробка економіко-математичної моделі виробничої діяльності підприємства з урахуванням взаємоузгодженого зв'язку між параметрами виробництва та поточними характеристиками ринку; застосування розробленої моделі для кількісного дослідження впливу цінової політики на економічні результати роботи підприємства; дослідження економічної ефективності розширення мережі роздрібною торгівлі.

**Основні результати дослідження.** Робота в умовах конкурентного ринку вимагає від підприємства уваги до розширення власної ринкової ніші або хоча б підтримання її на прийнятному рівні. Один з дієвих засобів цього – ефективна цінова політика, тому побудову моделі починаємо з модельного опису впливу ціни продукції на потенційний попит  $Q$ . Будемо вважати, що вплив ціни на поточний потенційний попит  $Q(t)$  описується лінійною залежністю:

$$Q(t) = Q_0 \times \left( 1 - q_1 \frac{p(t) - p_0}{p_0} \right), \quad (1)$$

де  $Q_0$  – початкове значення потенційного попиту;  $q_1$  – параметр, що характеризує чутливість потенційного попиту до зміни ціни.

Інші рівняння моделі такі:

$$r(t) = n \times R(t) \times [Q(t) - V(t)]; \quad (2)$$

$$\frac{dV}{dt} = r(t) - k_1 \times V(t); \quad (3)$$

$$\frac{dS}{dt} = y(t) - so(t); \quad (4)$$

$$\frac{dR}{dt} = so(t) - r(t); \quad (5)$$

$$\frac{dA}{dt} = ks \times M(t) + \sum_{j=1}^J I_j \times \delta(t - t_j); \quad (6)$$

$$y(t) = f \times A(t); \quad (7)$$

$$M(t) = (1 - kp) \times [(1 - kad) \times p(t) \times r(t) - p(t) \times c \times y(t) - mu \times A(t) - z \times R(t) - k_2 \times S(t)], \quad (8)$$

де  $y$  – темп виробництва товару (кількість одиниць товару, випущених за одиницю часу);  $r$  – темп продажу товару;  $S$  – кількість товару на гуртовому складі;  $R$  – кількість товару в мережі роздрібно́ї торгівлі;  $V$  – кількість товару у споживачів (ще не спожитого);  $M$  – прибуток;  $Q$  – потенційний попит (повна кількість товару, що здатна миттєво задовольнити попит в умовах відсутності ажіотажного попиту);  $p$  – ціна товару;  $k1$  – темп споживання товару (відносний коефіцієнт споживання купленого товару за одиницю часу);  $k2$  – плата за зберігання одиниці непроданого товару за одиницю часу;  $n$  – коефіцієнт швидкості продажу товару;  $so$  – темп перевезень товару з гуртового складу у мережу роздрібно́ї торгівлі;  $A$  – вартість основних виробничих фондів (ОВФ);  $ks$  – частка прибутку, що виділяється на реінвестування;  $f$  – фондовіддача ОВФ;  $kp$  – ставка податку на прибуток;  $kad$  – ставка податку на додану вартість;  $c$  – собівартості в ціні продукції;  $mu$  – коефіцієнт амортизації;  $z$  – плата за зберігання одиниці товару за одиницю часу в мережі роздрібно́ї торгівлі;  $I_j$  – інвестиції, що залучаються в періоді  $t = t_j$ .

Система рівнянь (1)–(8) має розв'язуватись за таких обмежень:

$$0 \leq S(t) \leq Sm, 0 \leq R(t) \leq Rm, \quad (9)$$

де  $Sm$  і  $Rm$  – максимальні значення товару на гуртовому складі та в мережі роздрібно́ї торгівлі.

Обмеження (9) також будемо включати в систему рівнянь моделі. Треба зазначити, що розрахунки виконувались для скінченно-різницевої форми системи рівнянь (1)–(9). Як період дискретизації моделі був обраний один день. Розрахунки за моделлю (1)–(9) виконувались за таких значень параметрів:  $p = 10$ ;  $c = 0,5$ ;  $A_0 = 1,25 \times 10^4$ ;  $f = 4,932 \times 10^{-3}$ ;  $mu = 5,479 \times 10^{-4}$ ;  $S_0 = 220$ ;  $Sm = 300$ ;  $so_0 = 0$ ;  $R_0 = 100$ ;  $Rm = 130$ ;  $y_0 = 6,16$ ;  $Q_0 = 450$ ;  $V_0 = 6,16$ ;  $k1 = 0,5$ ;  $k2 = 0,01$ ;  $r_0 = 3,082$ ;  $n = 1,134 \times 10^{-4}$ ;  $z = 0,031$ ;  $\alpha = 0,02$ ;  $q1 = 0,8$ .

Деталі розрахунків для скінченно-різницевої форми моделі (1)–(9), а також методику врахування обмежень (9) можна знайти в праці [9]. Якщо розрахунки виконувати для скінченно-різницевої форми моделі (1)–(9) буквально, то виникають ті ж проблеми, що і в [2], тобто для широкого діапазону значень параметрів модель призводить до нестійких розв'язків. Втрата стійкості розв'язку проявляється насамперед у наростанні (в часі) амплітуди коливань темпу продажу товару  $r(t)$ , а також амплітуди коливань темпу перевезень товару з гуртового складу у мережу роздрібно́ї торгівлі  $so(t)$ . Причому, якщо в періоді  $i$  ( $i$ -тий день) спостерігається максимум  $r(t)$ , то в  $i + 1$  періоді – мінімум. Така ж поведінка характерна і для  $so(t)$ . До того ж максимума з часом нарастають, а мінімуми зменшуються. Така поведінка темпу продажу (як і темпу перевезень) є суто модельним ефектом. Вона могла б спостерігатися в реальному житті, якщо б споживачі товару дотримувались рекомендацій, які випливають з модельного розв'язку або навіть були б запрограмовані діяти відповідно до даної моделі. У реальному житті споживачі діють випадково і задовольняють свою потребу у товарі не миттєво (як вона виникає відповідно до моделі), а протягом певного часу – коли їм зручно придбати товар. Це означає, що при

розрахунках за моделлю (1)–(9) треба виконувати усереднення темпів продажу  $r$  і перевезень  $SO$  на певному часовому інтервалі:

$$\bar{r}_i = \langle r \rangle_{i-ps}^i, \dots, \overline{SO}_i = \langle SO \rangle_{i-ps}^i, \tag{10}$$

де  $ps$  – часовий інтервал усереднення.

При розрахунках за моделлю (1)–(9) усереднення (10) виконувалось, починаючи з 4 періоду для  $ps = 4$ . Чисельними розрахунками було встановлено, що для всіх значень параметрів модель (1)–(9) (з урахуванням (10)) призводить до стійких розв'язків. Правило (10) також включатимемо в систему модельних співвідношень.

Таким чином, отримана модель (1)–(10) поєднує в собі основні ідеї праць [2; 9]. Модель має стійкі розв'язки для всіх значень параметрів і є принципово новою.

Далі досліджуватимемо проблему впливу ціни на економічні результати роботи підприємства на основі моделі (1)–(10). Зміну ціни опишемо за допомогою параметра  $d$ :

$$p = p0 * (1 - d). \tag{11}$$

Спочатку розглянемо роботу підприємства в стабільних умовах протягом попереднього року. Стабільні умови відповідають відсутності зовнішніх інвестицій, реінвестування і сталому значенню ціни  $p = p0$ , тобто  $l = 0$ ,  $ks = 0$ ,  $d = 0$ . Для наведених вище значень параметрів будуть отримані результати, які відображені на рис. 1–4.

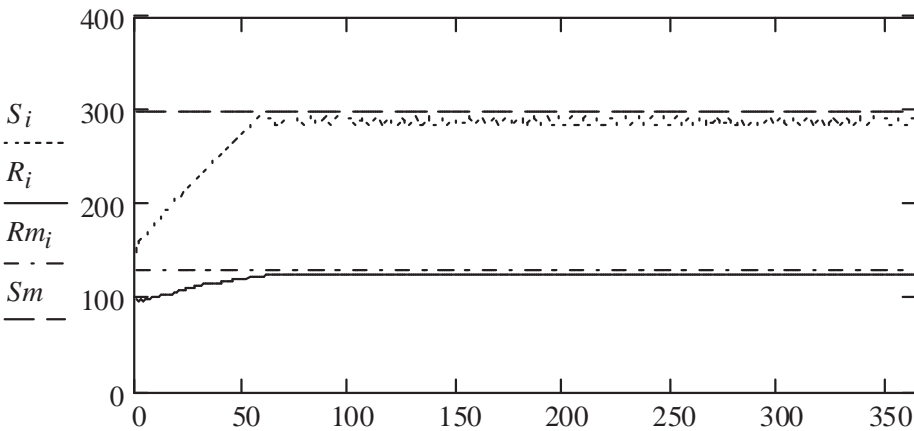


Рис. 1. Поточні кількості товару на гуртовому складі  $S_i$  і в мережі роздрібною торгівлі  $R_i$  протягом попереднього року, авторська розробка

З рис. 1 видно, що темпи продажу товару відстають від темпів виробництва. Розрахунки показують, що темпи продажу стабілізуються на рівні  $r = 4,6$  (рис. 2). Це призводить до переповнення складських приміщень, як видно з рис. 1. Обмеження (9) призводять до того, що виробництво в певні періоди зупиняється (рис. 3).

З рис. 4 видно, що зупинки виробництва негативно впливають на прибуток підприємства.

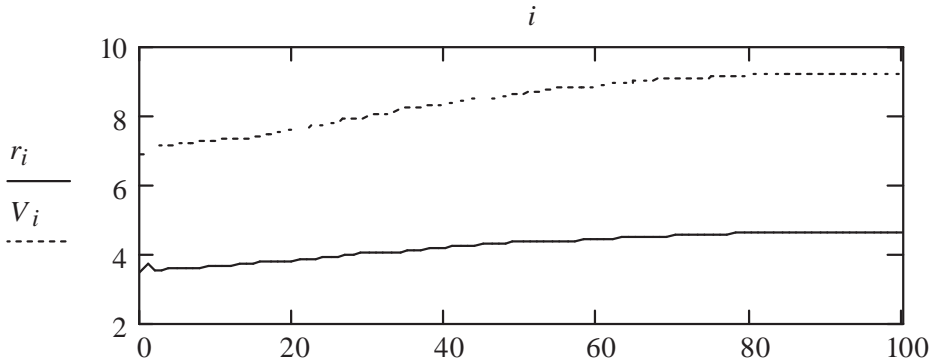


Рис. 2. Поточні значення темпу продажу  $r_i$  і кількості товару у споживачів  $V_i$  протягом попереднього року, авторська розробка

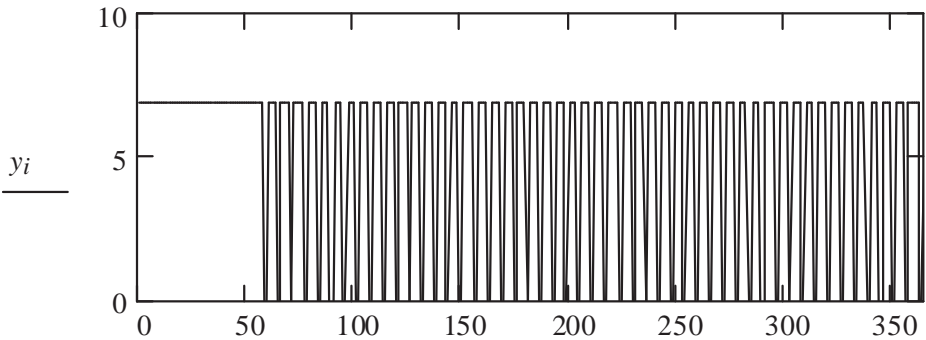


Рис. 3. Поточні значення темпу виробництва  $y_i$  протягом попереднього року, авторська розробка

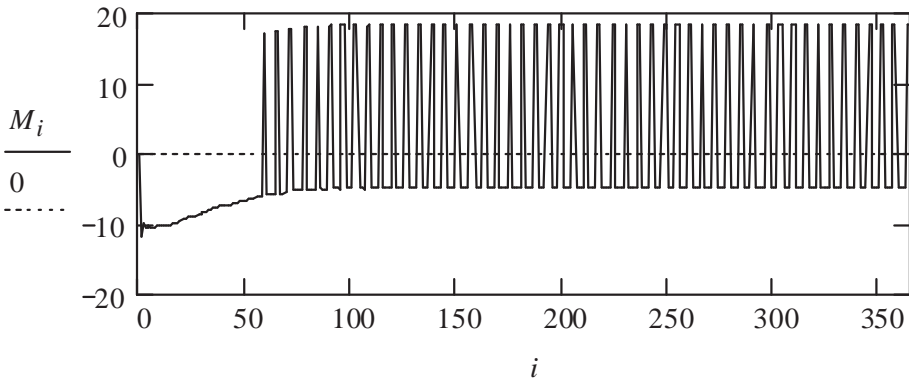


Рис. 4. Поточні значення прибутку  $M_i$  протягом попереднього року, авторська розробка

Економічні результати, які були отримані протягом попереднього року, не влаштовують керівництво підприємства, тому керівництво приймає рішення збільшити потенційний попит на продукцію за рахунок зниження ціни продукції. Відповідно до формул (1) і (11) це означає, що параметр  $d$  має бути до-

датним. Як основний економічний показник діяльності підприємства, тобто як цільова функція, обраний показник:

$$PM = \sum_{i=0}^{365} M_i + (1 - kp) \times (1 - kad) \times p \times (1 - c) \times (S_i - S_0). \quad (12)$$

У табл. 1 наведено результати розрахунків за моделлю (1)–(10). З табл. 1 видно, що цільова функція досягає максимального значення  $PM = 1651,4$  при ціні  $p = 5,841$ . При цьому потенційний попит становить  $Q = 492,13$

Таблиця 1. Результати розрахунків за моделлю (1)–(10)

$d$	$p$	$Q$	$PM$
0	9	300	880,5
0,1	8,1	350	1142
0,2	7,2	403,7	1293
0,3	6,3	461,3	1524
0,348	5,868	490,3	1644
0,35	5,85	491,5	1649,2
0,351	5,841	492,13	1651,4
0,352	5,832	492,8	1649,4
0,353	5,823	493,4	1645
0,355	5,805	494,6	1638
0,36	5,76	497,7	1614
0,37	5,67	503,9	1562
0,4	5,4	522,7	1373

Подальше зниження ціни, як це видно з табл. 1, є недоцільним, оскільки призводить до погіршення економічного результату. Отже, значення ціни  $p = 5,841$  є оптимальним.

За умови обрання оптимальної ціни, розрахунки динаміки кількості товару на гуртовому складі  $S_i$  і в мережі роздрібною торгівлі  $R_i$  призводять до результату, що показано на рис. 5.

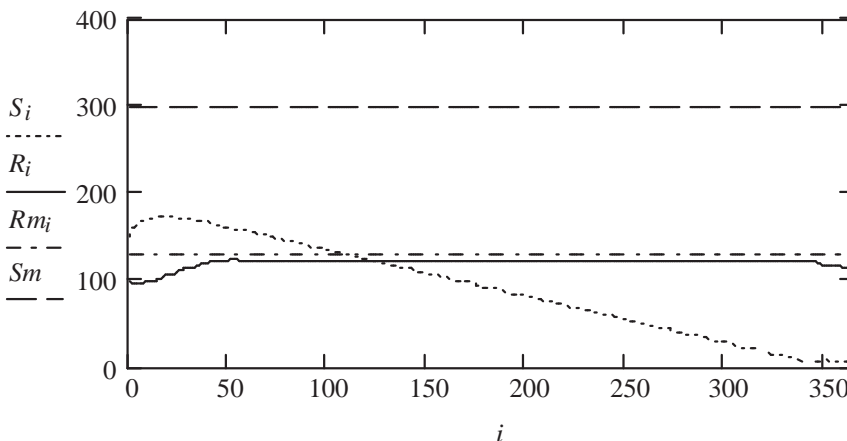


Рис. 5. Поточні кількості товару на гуртовому складі  $S_i$  і в мережі роздрібною торгівлі  $R_i$  за оптимальної ціни товару, авторська розробка

Відмінність динаміки запасу товару на гуртовому складі і в мережі роздрібною торгівлі обумовлена тією обставиною, що темп продажів за оптимальної ціни стабілізується на рівні  $r_{opt} = 7,38$ , що значно перевищує темп продажів мину-

лого року ( $r = 4,6$ ). При темпі продажів 7,38 вже не відбувається переповнення складських приміщень і, як наслідок, виробничі потужності підприємства задіюються повністю, що призводить до зростання економічних показників.

Розглянемо ще одну можливість подолання труднощів, пов'язаних з недостатньо високим рівнем потенційного попиту. Якщо мова йде про виробництво й споживання продукції повсякденного попиту, то ефективним важелем підвищення потенційного попиту є нарощування розгалуженості мережі роздрібної торгівлі. Для приклада візьмемо виробництво і збут хлібних виробів. Коли потенційний покупець заходить до крамниці, він змушений робити вибір хлібного батона з тієї номенклатури, що представлена в даному магазині. Покупець навряд чи піде шукати певний сорт хлібного виробу в інших магазинах, тому для збільшення потенційного попиту в даному випадку, як і в багатьох інших, підприємству достатньо просто охопити більшу кількість магазинів, у які воно поставляє свій товар.

Нехай потенційний попит є пропорційним кількості товару в мережі роздрібної торгівлі (МРТ), тоді рівняння (1) (ціну вважаємо незмінною –  $p(t) = p(0)$ ) замінюється рівнянням:

$$q(t) = U \times R(t). \tag{13}$$

Для узгодження з результатами, що отримані вище, приймаємо:  $U = 3$ .

У разі, якщо підприємство зіштовхнеться з труднощами, що показані на рис. 1 (тобто збут продукції відстає від виробництва), керівництво може прийняти рішення (замість зменшення ціни, що було розглянуто вище) збільшити кількість товару в МРТ  $R(t)$ . Слід зазначити, що збільшення товару в МРТ означає пропорційне збільшення кількості полиць-місць, де цей товар представлений, а отже, й відповідне збільшення потенційного попиту.

Нехай прийняте рішення збільшити кількість товару в МРТ, починаючи з періоду  $i = 100$  на 15%, тоді динаміка поточних кількостей товару на гуртовому складі і в мережі роздрібної торгівлі буде відповідати рис. 6. Кінцева кількість товару на гуртовому складі є  $S_{365} = 166,6$ , що є близьким до початкової кількості  $S_0 = 150$ .

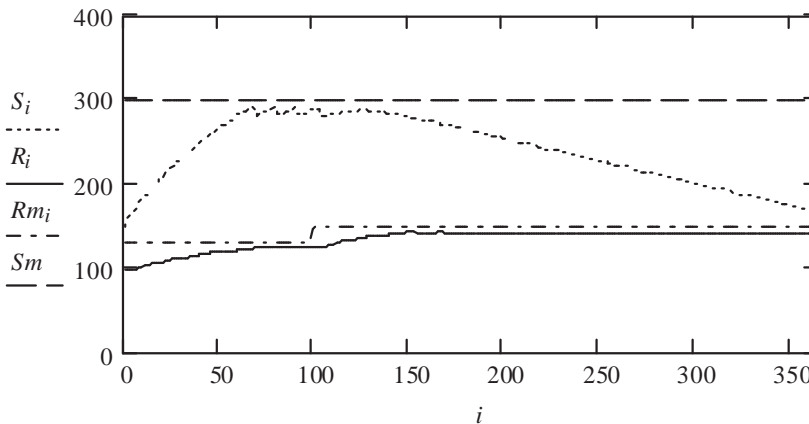


Рис. 6. Поточні кількості товару на гуртовому складі  $S_i$  і в мережі роздрібної торгівлі  $R_i$  при розширенні МРТ, авторська розробка

На рис. 7 представлена динаміка темпу виробництва  $y_i$  для випадку, що розглядається. Порівняння з рис. 3 дає змогу стверджувати, що в даному випадку вдається значно покращити показники економічної діяльності. Цей висновок підтверджується також рис. 8.

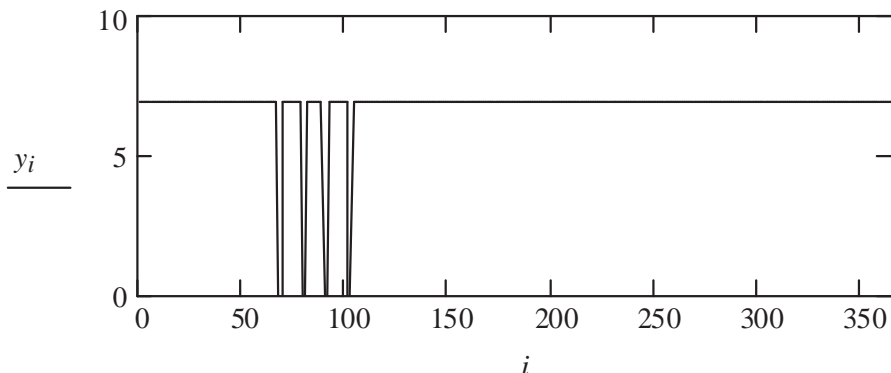


Рис. 7. Динаміка темпу виробництва  $y_i$  при розширенні МРТ, авторська розробка

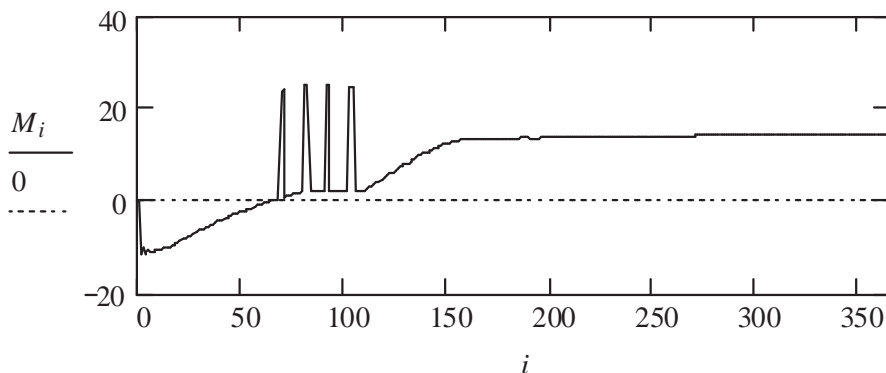


Рис. 8. Поточні значення прибутку  $M_i$  при розширенні МРТ, авторська розробка

Розрахований за (12) показник економічної діяльності підприємства такий:  $PM = 3254,4$ . Цей результат є значно кращим порівняно з результатом, який може бути досягнутий за оптимальне (до рівня  $p = 5,841$ ) зниження ціни – 1651,4 (табл. 1). Така значна різниця в економічному результаті обумовлена різницею цін на продукцію. Нагадаємо, що результат  $PM = 3254,4$  отримано за умови, що ціна товару є незмінною –  $p = 9$ . При цьому слід мати на увазі, що зменшення ціни товару не вимагає від підприємства жодних додаткових витрат, тоді як створення більш розгалуженої МРТ потребує певних вкладень. Потрібні будуть також додаткові витрати на транспортне обслуговування більшої за масштабом МРТ, тому кінцевий висновок про те, який з механізмів треба задіяти, керівництво підприємства має обирати, враховуючи баланс додаткових прибутків і витрат для кожного з двох розглянутих методів приведення темпу продажів у відповідність до темпу виробництва.



Підсумовуючи вищевикладене, можна зробити такі **висновки**:

1. Запропонована в дослідженні модель містить розгорнуту інформацію про характеристики підприємства і ринкові умови, в яких працює підприємства.

2. Модель дає змогу дослідити принципові механізми впливу рекламної кампанії на розвиток підприємства і визначити кількісні параметри цього впливу. Детальна інформація про ринкові умови, що міститься у моделі, дає змогу виконувати оптимізацію рекламної кампанії і досягати бажаного економічного результату.

3. Запропонована модель дає змогу дослідити питання економічної ефективності розширення мережі роздрібною торгівлі.

Даний модельний підхід може бути використано для дослідження впливу рекламної діяльності на економічні результати діяльності підприємства.

1. *Вітлінський В.В.* Моделювання економіки: Навч. посібник. – КНЕУ, 2005. – 408 с.
2. *Горский А.А., Колпакова И.Г., Локишин Б.Я.* Динамическая модель процесса производства, хранения и сбыта товара повседневного спроса // Известия РАН.– Серия: Теория и системы управления.– 1998.– №1. – С. 144–148.
3. *Егорова Н.Е., Беленький В.З., Хачатрян С.Р.* Моделирование динамики развития малых предприятий с учетом инвестиционного фактора: Препринт # WP/2003/157. – М.: ЦЭМИ РЛН, 2003. – 58 с.
4. *Егорова Н.Е., Хачатрян С.Р.* Применение дифференциальных уравнений для анализа динамики развития малых предприятий, использующих кредитно-инвестиционный ресурс // Экономика и математические методы.– 2006.– №1. – С. 50–67.
5. *Пушкар О.І., Бондар І.О.* Концепція моделювання розвитку малого виробничого підприємства // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сборник. – Вып. 70. – К.: Техніка, 2006. – С. 37–84.
6. *Пушкар О.І., Бондар І.О.* Моделювання розвитку малого підприємництва на основі процесів взаємодії // Економічна кібернетика.– 2008.– №5–6. – С. 4–14.
7. *Пушкарь А.И.* Модели управления развитием производственно-экономических систем: Монография. – Харьков: ХГЭУ, 1997. – 268 с.
8. *Серіков А.В., Сіромаха Н.С.* Економіко-математичне обґрунтування необхідності кооперації малих підприємств України // Актуальні проблеми економіки.– 2005.– №1. – С. 162–167.
9. *Шерстенников Ю.В.* Імітаційна модель інвестиційного розвитку малого підприємства // Економічний простір: Збірник наук. праць. – Вип. 58. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2012. – С. 266–274.
10. *Школа І., Корольчук О., Дронь В.* Оптимізаційна модель життєвого циклу франчайзингу // Економіка України.– 2005.– №6. – С. 50–58.

Стаття надійшла до редакції 1.04.2013.