

УДК 332.024

DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2020-2-11>**Пістунов І.М.**доктор технічних наук, професор,  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»**Железнякова К.О.**магістр  
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»**Pistunov Igor, Gzelezniakova Kristina**

National Technical University «Dnipro Polytechnic»

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗДРІБНИХ ЦІН

## OPTIMIZATION OF RETAIL PRICES

Метою роботи є розроблення надійної методики, яка б дала змогу в умовах сталої норми прибутковості всього обсягу реалізації збільшити прибуток за рахунок перерозподілу роздрібних цін. Для вирішення поставленого завдання висунуто гіпотезу про те, що визначити оптимальні відпускні ціни можна за допомогою коригування норми прибутковості на кожен позицію окремо так, щоб загальна норма прибутковості точки реалізації залишалася незмінною. Коригування відбувається пропорційно обсягу реалізації кожного товару. Для цього складено систему рівнянь, у якій порівнюється загальна норма прибутковості, що діє у торговому підприємстві, з нормами прибутковості на кожен із товарів. Коефіцієнт коректування кожної часткової норми прибутковості на окремий товар здійснюється як різниці між числом Фібоначчі та відносною частотою споживання цього товару у попередній період. Розроблена методика була запроваджена. Алгоритм показав ефективність на рівні 12–130%.

**Ключові слова:** статистика, норма прибутковості, прибуток, оптимізація, роздрібні ціни, економіко-математична модель.

Целью работы является разработка надежной методики, которая позволила бы в условиях постоянной нормы доходности всего объема реализации увеличить прибыль за счет перераспределения розничных цен. Для решения поставленной задачи была выдвинута гипотеза о том, что определить оптимальные отпускные цены можно с помощью корректировки нормы доходности на каждую позицию отдельно так, чтобы общественная норма доходности точки реализации оставалась неизменной. Корректировка происходит пропорционально объему реализации каждого товара. Для этого составлена система уравнений, в которой сравнивается общая норма доходности, которая действует в торговом предприятии, с нормами доходности на каждый из товаров. Коэффициент корректировки каждой частичной нормы доходности на отдельный товар осуществляется как разница между числом Фибоначчи и относительной частотой потребления этого товара в предшествующий период. Разработанная методика была внедрена. Алгоритм показал эффективность на уровне 12–130%.

**Ключевые слова:** статистика, норма доходности, прибыль, оптимизация, розничные цены, экономико-математическая модель.

The authors of the article identified the problem of retailers in the fact that in the conditions of market saturation of consumer goods, and therefore, with great competition between trade organizations, there is a problem of increasing profits with a stable rate of return of the entire volume of sales. This goal can be achieved by changing the retail prices of the goods being sold. An analysis of recent research and publications has shown that none of these works provides a clear pricing algorithm. The purpose of the work is to develop a reliable methodology that would allow, in the conditions of constant rate of return of the entire volume of sales, to increase profits due to the redistribution of retail prices. To solve this problem, it was hypothesized that the optimal selling prices can be determined by adjusting the rate of return for each position individually, so that the overall rate of return of the point of sale remains unchanged. Adjustment occurs in proportion to the volume of sales of each product. For this purpose, a system of equations was drawn up, which compares the total rate of return of a trading enterprise with the rate of return for each of the goods. The adjustment coefficient of each partial rate of return for an individual commodity is calculated as the difference between the Fibonacci number and the relative

frequency of consumption of that commodity in the previous period. In the optimization problem, the Fibonacci number is a variable factor, but its starting value is taken as 1, 62. The developed method was introduced in the work of one cafe for 4 weeks in November-December 2019. Cold drinks were subject to price changes. The calculation of optimal prices was carried out with the use of data from the Poster POS software, which records the activity of retailers. After forming the initial data table (see, for example, Table 1), the optimal prices were in the MS Excel spreadsheet by the simplex method. Now, starting with the retail trade, it is necessary to determine the prices of goods, increasing their prime cost by the rate of return; After each week of trading, having the data on the sale of goods, prices must be changed according to the algorithm developed; The algorithm showed efficiency at the level of 12-130%.

**Key words:** statistics rate of return, profit, optimization, retail prices, economic and mathematical model.

**Постановка проблеми.** В умовах насиченості ринків товарами широкого вжитку, а отже, за великої конкуренції між торговими організаціями, виникає проблема збільшення прибутку за сталої норми прибутковості всього обсягу реалізації. Досягнення цієї мети може бути здійснене через зміну роздрібних цін на товари, що реалізуються.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботі М.І. Белявцева [1] процесу ціноутворення віддається дуже важлива роль у системі управління доходами торгового підприємства, та він називається найважливішим механізмом економічного розвитку.

Одним із недоліків розглянутого дослідження є неточність сформульованого визначення «механізм ціноутворення». Акцент зміщений у бік управління процесом формування ціни в системі управління діяльністю всього підприємства, не враховуючи при цьому вплив на ціноутворення компанії інших суб'єктів фінансових відносин і чинників мікро- і макросередовища, не розкриваючи їхніх зв'язків у структурі механізму формування ціни.

У роботі розглянуто класичний підхід до формування ціни на товар. Вона підходить для визначення початкової ціни й є досить незручною для розрахунку нової (змінної) ціни, адже вимагає значних витрат часу та обробки великої кількості даних. Тому цю модель не можна вважати гнучкою чи універсальною.

Серед робіт зарубіжних дослідників у сфері механізму ціноутворення на експортну продукцію великий інтерес представляє праця Г. Армстронга і Ф. Котлера [2]. Вони виділили чинники внутрішнього і зовнішнього середовища, що впливають на ціноутворення, аналіз та облік впливу яких дасть змогу компаніям проводити більш гнучку цінову політику.

Недоліком такої послідовності, на думку автора, можна вважати: відсутність етапу прогнозування ціни з урахуванням різних чинників і динаміки ринкової кон'юнктури, що особливо актуально для функціонування компаній на світовому ринку; непридатність циклічності етапів ціноутворення, зумовленої постійним моніторингом і коригуванням ціни

для її оптимізації та проведення максимально гнучкої цінової політики.

Рафі Мохамед [3] вважає найважливішим під час формування ціни на товари чи послуги, положення на ринку та відношення клієнтів відносно конкурентів. Він дає опис, як правильно визначати ціни у разі рецесії, інфляції та появи нового конкурента. Він упевнений, що тільки динаміка прибутку, ріст витрат та кількість нових клієнтів у сукупності можуть свідчити про успішність цінової політики.

Але жодна із цих робіт не дає чіткого алгоритму ціноутворення.

**Метою дослідження** є розроблення надійної методики, яка б дала змогу в умовах сталої норми прибутковості всього обсягу реалізації збільшити прибуток за рахунок перерозподілу роздрібних цін.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для вирішення поставленого завдання висунуто гіпотезу про те, що визначити оптимальні відпускні ціни можна за допомогою коригування норми прибутковості на кожну позицію окремо так, щоб загальна норма прибутковості точки реалізації залишалася незмінною. Коригування відбувається пропорційно обсягу реалізації кожного товару.

Показник норми прибутковості дає можливість визначити ефективність використання всього авансового капіталу, ступінь його прибутковості. Чим вища норма прибутку підприємства, тим ефективніше використовується авансований капітал, тому підприємницькі структури у своїй господарській діяльності прагнуть одержати найвищу норму прибутку. Проте для кожної позиції її потрібно вираховувати окремо, спираючись передусім на попит, щоб споживачі могли купувати продукцію за очікуваною (прийнятною ціною), а продавець міг максимізувати прибуток за рахунок збільшення обсягу продажів.

Як правило, цей показник установлює власник бізнесу як єдиний для всього закладу торгівлі. Такий підхід не можна вважати ефективним, адже в такому разі не враховуються особливості товару та його популярність серед споживачів.

Саме тому норма прибутковості для кожного окремого товару  $НП_i$  буде залежати від частоти придбання кожного товару  $K_i$ . Ця частота знаходиться за певний короткостроковий період (7–14 днів, бо є численна кількість факторів, які змінюються щодня, і дані за більш довгий період будуть уже неактуальними, до того ж є певна циклічність, що залежить від дня тижня).

Знайдемо  $НП$  як:

$$НП = \frac{\sum_{i=1}^n (НП_i \times C_i)}{\sum_{i=1}^n C_i}, \quad (1)$$

де  $n$  – номенклатура товарів закладу торгівлі,  $C_i$  – ціна одиниці товару, ( $1 \leq i \leq n$ ).

Для коригування  $НП$  визначимо вагу кожного товару  $B_i$  у загальній номенклатурі:

$$B_i = \frac{K_i \times C_i}{\sum_{i=1}^n (K_i \times C_i)}, \quad (2)$$

з формули (2) виходить, що сума всіх ваг не зміниться:

$$B = \sum_{i=1}^n B_i = 1.$$

Тоді коефіцієнт коригування  $KK_i$  для кожного товару буде знайдений як:

$$KK_i = НП_i \left( \varphi - \frac{B_i}{\max(B_i)} \right), \quad (3)$$

де  $\varphi$  – число Фібоначчі, приблизне значення 1,62. Точне значення може бути знайдено як рішення рівняння  $\varphi - 1 = \frac{1}{\varphi}$ .

$$- \left[ НП - \frac{\sum_{i=1}^n C_i \left( НП_i \left( \varphi - \frac{\frac{K_i C_i}{\sum_{i=1}^n K_i C_i}}{\max\left(\frac{K_i C_i}{\sum_{i=1}^n K_i C_i}\right)} \right) \right) (1 - НП + НП_i \left( \varphi - \frac{\frac{K_i C_i}{\sum_{i=1}^n K_i C_i}}{\max\left(\frac{K_i C_i}{\sum_{i=1}^n K_i C_i}\right)} \right))}{\sum_{i=1}^n C_i \left( 1 - НП + НП_i \left( \varphi - \frac{\frac{K_i C_i}{\sum_{i=1}^n K_i C_i}}{\max\left(\frac{K_i C_i}{\sum_{i=1}^n K_i C_i}\right)} \right) \right)} \right] \rightarrow \max \quad (8)$$

За обмеження, що  $\varphi \geq 0$ , але перед пошуком оптимуму стартове значення має бути  $\varphi = 1,62$ .

Така форма функціоналу зумовлена необхідністю забезпечити оптимальний розрахунок для будь-яких алгоритмів, які у своїй більшості дають змогу знаходити тільки найбільше значення екстремуму.

Розроблена методика була запроваджена в роботі одного кафе протягом чотирьох тижнів у листопаді-грудні 2019 р. Змінам цін піддавалися холодні напої.

Розрахунок оптимальних цін проводився із застосуванням даних із програмного комплексу Poster POS, що виконує облік діяльності підприємств роздрібною торгівлі.

Після формування початкової таблиці даних (див., наприклад, табл. 1) оптимальні ціни зна-

Тоді, скоригована ціна  $C_{i,кор}$  буде знайдена як:

$$C_{i,кор} = C_i \times (1 - KK_i + НП) \quad (4)$$

Формула розрахунку коригованої норми прибутковості для кожного окремого товару  $НП_{i,кор}$  буде виглядати так:

$$НП_{i,кор} = \frac{C_{i,кор} - CB_i}{CB_i} 100\%, \quad (5)$$

де  $CB_i$  – собівартість  $i$ -го товару, ( $1 \leq i \leq n$ ).

Тоді для того, щоб перевірити виконання умов, потрібно вирахувати середню норму прибутковості на всі товари після коригування ціни  $НП_{кор}$  за формулою:

$$НП_{кор} = \frac{\sum_{i=1}^n (KK_i C_{i,кор})}{\sum_{i=1}^n C_{i,кор}} \quad (6)$$

Оскільки точне значення числа  $\varphi$  не потрібне, адже воно є тільки стартовим значенням пошуку оптимуму, потрібне його коригування, щоб задане значення  $НП$  по всій номенклатурі товарів не змінювалося. Цієї мети можна досягти, сформулювавши задачу оптимізації так:

$$-НП - НП_{кор} \rightarrow \max, \quad (7)$$

де  $НП_{кор}$  розраховується за формулою (1). Змінним фактором у цій задачі буде число  $\varphi$ , для якого встановлюється обмеження  $\varphi \geq 0$ .

Таким чином, модель оптимізації буде складена з формул (1) – (7) і має вигляд:

ходилися у табличному процесорі MS Excel симплекс-методом [4].

Покажемо, як змінювалися поточні ціни на товари протягом періоду дослідження. Для цього вираховуємо відносні зміни ціни на товар кожного тижня окремо  $\Delta_i$  за формулою:

$$\Delta_i = \frac{C_{i,кор} - C_i}{C_i} 100\%, \quad (9)$$

де  $C_{i,кор}$  – скоригована відпускна ціна на наступний тиждень,  $1 \leq i < n$ ;  $n$  – кількість товарів;  $C_i$  – поточна ціна на  $i$ -ий товар.

Таким чином, формула розрахунку загальної відносної зміни цін за тиждень по всіх товарах  $\Delta$  буде виглядати так:

$$\Delta = \sum_{i=1}^n |\Delta_i| \quad (10)$$

Результати розрахунку нових цін на другий тиждень спостережень

Товари	СВ, грн	НП	Ц	К, разів	В	КК	НПкор	Цкор, грн.
Боржомі	23,08	30,0%	30,00	19	0,056	0,371	20,78%	27,88
Компот	25,51	30,0%	33,16	22	0,072	0,347	23,98%	33,36
Ананасовий сік	27,00	30,0%	35,10	12	0,042	0,389	18,48%	31,99
Апельсиновий сік	26,00	30,0%	33,80	68	0,227	0,163	47,75%	38,41
Вишневий сік	27,00	30,0%	35,10	27	0,094	0,325	26,69%	34,21
Гранатовий сік	28,00	30,0%	36,40	15	0,054	0,374	20,42%	33,72
Яблучний сік	26,00	30,0%	33,80	74	0,247	0,139	50,91%	39,24
Соса Сола	4,00	30,0%	5,20	54	0,028	0,405	16,29%	4,65
Лимонад	15,42	30,0%	20,05	44	0,087	0,333	25,69%	19,38
Мохіто	21,42	30,0%	27,85	34	0,094	0,326	26,69%	27,14

У результаті розрахунків за формулою (10) отримуємо такі дані:

$$\Delta_1 = 75,52\%; \Delta_2 = 38,50\%; \Delta_3 = 19,88\%; \Delta_4 = 10,93\%$$

Наглядно видно, що загальна відносна зміна цін кожного тижня зменшувалася протягом

місяця приблизно вдвічі. При цьому найбільш еластичним до попиту виявився товар Соса Сола, зміна ціни якого на підсумковому тижні становить майже половину від загального результату по всіх товарах (5,0% із 10,93%),

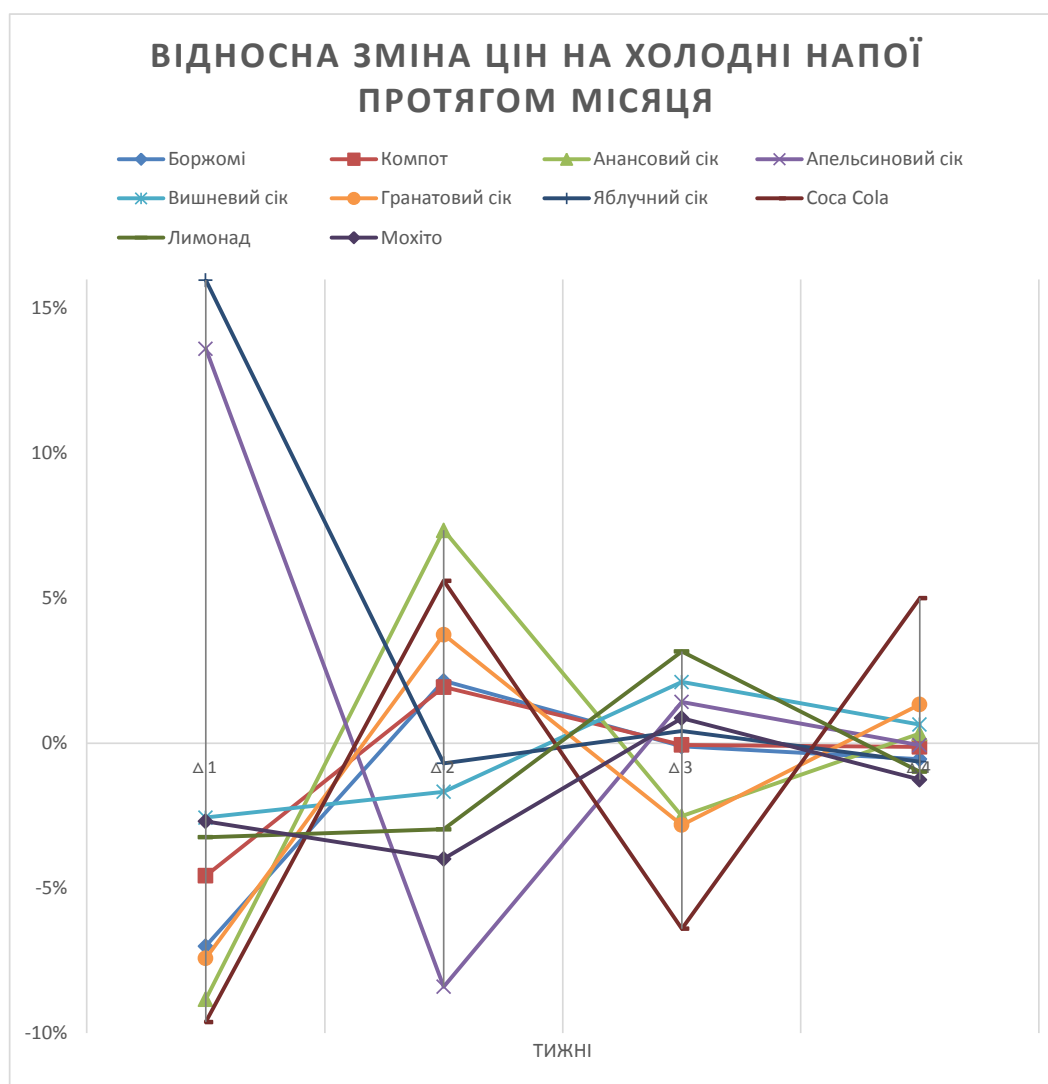


Рис. 1. Графік відносної зміни цін на холодні напої протягом місяця дослідження

Таблиця 2

Зміна показника $\varphi$ та прибутку протягом місяця дослідження			
Тижні	$\varphi$	Прибуток, грн	Ріст прибутку відносно першого тижня дослідження, %
1	1,464	2346,1	-
2	1,603	2738,19	16,71%
3	1,595	2798,08	19,27%
4	1,608	2756,27	17,48%

притому, що зміна ціни на всі інші товари за модулем коливається від 0,07% до 1,34%. Тому можна вважати, що вже на четвертому тижні дослідження ціни почали виходити на відносно сталий рівень. За збереження стратегії й у подальшому чистий прибуток буде зберігатися на рівні 115–120% від стратегії діяльності без упровадження даної моделі. Тому можна вважати, що величина ефективності створеної моделі знаходиться у межах 15–20%.

На рис. 1 представлено графік зміни цін на напої протягом чотирьох тижнів. Як видно з графіка, поступово ціни виходять на рівноважний рівень, тобто зміни ціни стають майже нульовими.

У табл. 2 показано зміни прибутку протягом періоду спостережень. З результатів можна зробити висновок, що прибуток був найбільшим у перші періоди, а потім він зменшується.

Цікаво також, що оптимальне значення числа  $\varphi$  незначно відхиляється від його початкового значення, отже, гіпотеза про його важливість для оптимального ціноутворення підтвердилася.

**Висновки з проведеного дослідження.** Запровадження розробленого алгоритму у

роздрібну торгівлю дає змогу зробити такі висновки:

1. Тепер, починаючи роздрібну торгівлю, потрібно визначити ціни на товари, збільшивши їхню собівартість на норму прибутковості.

2. Після кожного тижня торгівлі, маючи дані з реалізації товару, ціни необхідно змінити згідно з розробленим алгоритмом.

3. Алгоритм показав ефективність на рівні 12–130%.

4. Роздрібні ціни почали наблизитися до одного значення.

5. Один місяць запровадження алгоритму призвів до стабілізації цін.

6. Відвідувачі починають розуміти, що «акційні пропозиції» діють на постійній основі, тільки змінюється їх перелік (помітно знижується ефект новизни та ексклюзивності) – попит трохи знижується.

7. Цінова пропозиція стає максимально близькою до очікувань клієнтів, що сприяє щонайменше підтримці попиту на сталому рівні, як максимум – росту попиту.

8. Варто дослідити запропонований алгоритм для більшої номенклатури товарів.

#### Список використаних джерел:

1. Белявцев М.І., Петенко І.В., Прозорова І.В. Маркетингова цінова політика : навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2005. 332 с.
2. Armstrong G. and Kotler P. Marketing: An Introduction (13th Edition). 2016. 642 p.
3. Mohammed R. The 1% Windfall: How Successful Companies Use Price to Profit and Grow. Milwaukee, 2010. 259 p.
4. Пістунів І.М. Економічна кібернетика : навчальний посібник ; вид. 2-е, випр. і доп. Дніпро : НГУ, 2014. 215 с.

#### References:

1. Belyavtsev MI Marketing pricing policy: tutorial. manual / [Belyavtsev MI, Petenko IV, Prozorova IV]. K.: Center for Educational Literature, 2005. 332 p. (in Ukrainian)
2. Armstrong G. and Kotler P. Marketing: An Introduction (13th Edition). 2016. 642 p.
3. Mohammed R. The 1% Windfall: How Successful Companies Use Price to Profit and Grow. Milwaukee, 2010. 259 p.
4. Pistunov IM Economic Cybernetics [Electronic resource]: textbook tool. / I.M. Pistunov; Nat. mines Univ. An electron. text. data. Second edition, corrected and supplemented. D.: NSU, 2014. 215 p. (in Ukrainian)