Н.В. **Слушаєнко**, канд. фіз.-мат. наук, доц.
К.К. **Писанець**, ас.

МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ ЦІНИ В МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

В статті запропонована математична модель визначення ціни на вітчизняний товар при наявності потужного потоку подібного імпортного товару та визначення зв'язку величин заробітних плат у робітників, зайнятих у національній економіці та за її межами. Розрахунки оптимальної ціни проводяться при врахуванні таких факторів, як витрати, споживання, технології, наука. Показано переваги математичного моделювання при аналізі великих економічних систем.

The article suggests the mathematical model of price forming on consumer goods under influence of intensive stream of similar foreign wares and connection of people salary, who works in the economy and outside. Calculations of optimal prices were made taking into account the influence of such factors as costs, consumption, technologies, defense and science. Advantages of mathematical modeling were showed by making the analysis of big economic systems.

Ключові слова: математична модель, формування ціни, макроекономічні дослідження, споживчий товар, методи ціноутворення, відкрита економіка, витрати, споживання, технології.

Key words: mathematical model, pricing, macroeconomic research, consumer products, methods of pricing, open economy, consumption, costs, technologies.

Вибір конкретного способу ціноутворення залежить від багатьох факторів. При моделюванні формування ціни враховують розмір фірми, кон'юнктуру на ринку, зовнішні чинники тощо. Так, в невеликих фірмах ціни зазвичай встановлюються лише вказівками керівництва без здійснення ґрунтовних маркетингових досліджень. У великих - навпаки, регіональними керівниками або відповідальними особами за окремі групи промислових товарів, часто із залученням маркетингової служби. У галузях, де ціна є визначальним фактором (аерокосмічні, нафтові компанії), часто змушені жорстко стабілізувати ціни, або слідувати принципу «як інші» [1,2].

Розглянемо існуючі методи ціноутворення, що за своєю суттю, визначають цінову стратегію суб'єктів господарювання та мають значний вплив на ринок. Найпростішим методом формування ціни є прейскурантний, що являє собою додавання до розрахованої собівартості одиниці товару величини, що відповідає заданому відсотку прибутку. Це так звана первинна ціна, у регулюванні якої полягає зміст цінової стратегії маркетингу. Найпростіша формула для визначення первинної продажної ціни має вигляд:

$Ц = \frac{B}{1 - Нп}$, де:

$Ц$ – ціна продажу;

B – витрати виробництва (прямі та непрямі) та оборот;

$Нп$ – планована норма прибутку в десяткових частках від ціни продажу.

Дана формула може бути ускладнена, якщо розкрити параметр «витрати виробництва», включити вплив зовнішніх факторів (інфляції, сезонності) тощо. Прейскурантний метод ціноутворення є простим у застосуванні: дозволяє керівництву фірми створити чіткі правила для прийняття рішення при встановленні та зміні цін. Окрім того, вважається, що такий метод є надійним і для продавця, і для покупця, оскільки при збільшенні попиту покупець «захищений» від спроб взяти із нього зайве, а продавці забезпечені гарантією повернути вкладений капітал. Ще одна перевага такого підходу лежить у збереженні суттєвої залежності ціни від величини витрат виробництва. Проте, існують недоліки такого методу, оскільки він не враховує величини поточного попиту і не дає можливості встановити оптимальну ціну на ринку [2,3].

Окрім того, ціна може бути орієнтована на прискорення обороту капіталу. В цьому випадку виробник повинен передбачити, що обсяг продаж може не досягнути запланованого рівня, і важко визначити який обсяг продаж забезпечує беззбитковість. Тут визначальну роль відіграє інформація про постійні витрати та витрати, що знаходяться в залежності від обсягу виробництва та продажу [3].

Встановлення конкурентної ціни - це формування цін у відповідності з існуючими нормами ринка, з орієнтацією на ціни, встановлені конкурентами. Цей підхід особливо поширений в олігополізованих галузях промисловості . Використовується він і у стратегії “слідування за лідером”. В деяких випадках фірми можуть застосовувати невеликі надбавки чи скидки, але із відомою обережністю[1,3].

Метод поточної ціни приваблює компанії, які у своїй роботі бажають йти за лідером, який уже має тверді позиції на ринку. При цьому припускається, що фірма, яка має досвід роботи, знає ціни, прийняті для даного ринку. До такого методу вдаються і в тих випадках, коли рівень витрат важко виміряти. В такому разі припускають, що ціна, яка встановилась на ринку, є результатом оптимального спільного рішення фірм даної галузі промисловості. Така ціна дозволяє досягти прийнятого рівня окупності капіталовкладень. В першу чергу цей метод використовується на ринку однорідних товарів, таких, як харчові продукти, сировинні матеріали. Тут в умовах дуже сильної конкуренції фірмам навіть не доводиться приймати рішень по цінах. Основним їх завданням є контроль власних витрат виробництва. На олігополістичному ринку рівень цін визначається метою, яку ставить перед собою домінуюча на ринку фірма або негласна угода між всіма учасниками. За цієї ситуації компанія, яка бажає збільшити свою частку на ринку, повинна користуватися іншими, ніж цінова конкуренція, засобами для збільшення попиту на свій товар. Збільшення частки ринку можна досягнути, наприклад, за допомогою реклами, поліпшення сервісного обслуговування, підвищення надійності виробів, внесення інших змін, що впливають на рішення покупця про купівлю. Істотним недоліком цього методу

є те, що компанія практично відмовляється від проведення самостійної цінової політики, прирікаючи свій маркетинговий апарат на пасивне наслідування інших.

Ціни можуть встановлюватися у розрахунку на максимізацію математичного очікування прибутку. Такий метод часто застосовується, якщо необхідно експериментальним шляхом знайти оптимальну ціну продажу товару, аналоги якого відсутні на ринку. Припустимо, що відносно низька ціна продукту дає невеликий прибуток з високою імовірністю здійснення продажу; тоді математичне очікування прибутку може бути оцінене відповідною величиною. При збільшенні ціни одиниці товару прибуток від його продажу збільшується, проте імовірність продажу явно знизиться. Достатньо збудувати дещо більш детальний графік і можна буде знайти ціну, при якій очікування прибутку максимізується .

Для формування ціни можна застосовувати і математичні моделі. Такі моделі було побудовано з метою визначення оптимальної ціни при врахуванні таких факторів, як витрати, споживання, технології. Недоліком таких моделей можна вважати велику кількість припущень та їх обмеженість, а перевагою – можливість знаходження розв'язків у складних ситуаціях.

Метою статті є визначення ціни на споживчий товар при наявності потужного потоку подібного імпортного товару та визначення зв'язку величин заробітних плат у робітників, зайнятих у заданій економіці та за її межами. Також варто зазначити, що дана модель може мати адекватне практичне застосування лише для фірм, що працюють в умовах досконалої конкуренції, або наближених до них.

Розглянемо деякий аспект функціонування відкритої економіки, тобто економіки, що обмінюється товарами з іншими агентами.

Нехай існує економічна система, що надалі буде позначатися індексом g , та її зовнішня частина, що позначимо індексом S .

Нехай система має наступні сектори:

R – сектор виробництва базового ресурсу, $R(t)$ –обсяг випуску продукції у рік t .

X – сектор виробництва суспільного споживання, $X(t)$ – обсяг випуску продукції у рік t .

Y – сектор виробництва особистого споживання, $Y(t)$ – обсяг випуску продукції у рік t .

Функціонування кожного із секторів описується за допомогою лінійних виробничих функцій [3]:

$R(t) = \alpha_R \cdot R_R(t-1)$, $X(t) = \alpha_X \cdot R_X(t-1)$, $Y(t) = \alpha_Y \cdot R_Y(t-1)$, і $\alpha_k = const$ при $k = R, X, Y$.

R_k – об'єм вихідного ресурсу, спрямованого в галузь k . Коефіцієнт α_k показує в яку кількість продукту k -го сектору перетворюється одиниця сировини.

Початкові умови: $R(0) = R_0$, $X(0) = Y(0) = 0$.

Величини $R_k(t) = \gamma_k(t) \cdot R(t)$, $\sum_k \gamma_k(t) \le 1$, $\forall t$, де параметри $\gamma_k(t)$ на практиці знаходяться емпіричним шляхом.

У моделі припускається, що потреба у праці сектору k у рік t визначається: $l_k(t) = \beta_k \cdot R_k(t)$, де β_k – коефіцієнти витрат праці кожного з секторів k. Також вважається, що приріст праці у часі є відомим і рівний: $\Delta l = l_0 \cdot e^{\xi \cdot t}$, де l_0 – початкова потреба у праці, ξ – випадкова величина.

Нехай $w_g(t)$ – гроші, що отримує один зайнятий у економіці g, які у момент t отримуються на власне споживання. У економіці S, у момент t кожен зайнятий отримує на власне споживання $w_S(t)$ коштів. Для спрощення у моделі робиться припущення, що заробітна плата, податок та платоспроможний попит однакові для усіх людей в усіх секторах економіки g. Те ж саме вірно і для економіки S. До того ж відомо яку частку заробітної плати люди витрачають на споживання.

Нехай y_g та y_S – питомі особисті споживання в економіках g та S відповідно, $L_k(t)$ – пропозиція праці, а $l_k^{real}(t)$ – реальна кількість зайнятих на інтервалі $(t, t+1)$ у секторі k економіки g.

Нехай $l_g(t)$ та $l_S(t)$ – загальні чисельності зайнятих у g – та S – економіках відповідно, а C_{gY} – ціна особистого споживання в економіці g, C_{SY} – ціна особистого споживання в економіці S.

Проаналізуємо ситуацію, коли всі виробники знаходяться на спадній гілці графа залежності прибутку від ціни. По-перше, потрібно продавати все вироблене, а по-друге, намагання виробників максимізувати прибуток означає, що вони зацікавлені в розширенні виробництва і відповідно у зростанні обсягів випуску.

Витрати на виробництво у моделі визначають питоме споживання, від якого залежить пропозиція праці. Будемо вважати, що робітники, що роблять вибір між економіками g та S орієнтуються, до того ж однаково, на співвідношення заробітних плат: $p = \frac{w_S(t)}{w_g(t)}$.

Визначимо сукупну пропозицію праці $L(t) = \sum_k L_k(t) = \Gamma(p) \cdot \sum_k l_k(t)$, $\Gamma(p) \in (0,1)$, $\frac{\partial \Gamma(p)}{\partial p} < 0$, де $\Gamma(p)$ – Гама-функція з параметром p.

Нехай e_g та e_S – відповідно частки витрат від w_g і w_S, що виділяються на власне споживання, що має місце в економіці g. У такому разі рівновага попиту і пропозиції на особисте споживання у економіках g та S дає наступні вирази:

$$\begin{cases} e_g \cdot w_g \cdot l_g + e_S \cdot w_S \cdot l_S = C_{gY} \cdot Y_g, \\ (1-e_g) \cdot w_g \cdot l_g + (1-e_S) \cdot w_S \cdot l_S = C_{SY} \cdot Y_S. \end{cases}, \text{ при } e_g, e_S \in [0,1].$$

Необхідно відзначити, що спроба усіх споживачів почати купувати там, де дешевше, лише призведе до росту ціни через збільшення грошової маси, що пропонується за відповідний об'єм товару. Отже, ціни C_{gY} та C_{SY} залежать від e_g і e_S.

З умов рівності попиту та пропозиції випливає:

$$\begin{cases} C_{gY} = \dfrac{e_g \cdot w_g \cdot l_g + e_S \cdot w_S \cdot l_S}{Y_g}, \\ C_{SY} = \dfrac{(1-e_g) \cdot w_g \cdot l_g + (1-e_S) \cdot w_S \cdot l_S}{Y_S}. \end{cases}$$

Після отримання цін, знайдемо вирази для визначення питомого споживання. Таким чином, отримаємо:

$$y_g = \frac{e_g \cdot Y_g}{e_g \cdot l_g + p \cdot e_S \cdot l_S} + \frac{(1-e_g) \cdot Y_S}{(1-e_g) \cdot l_g + p \cdot (1-e_S) \cdot l_S},$$

$$y_S = \frac{p \cdot e_S \cdot Y_g}{e_g \cdot l_g + p \cdot e_S \cdot l_S} + \frac{p \cdot (1-e_S) \cdot Y_S}{(1-e_g) \cdot l_g + p \cdot (1-e_S) \cdot l_S}.$$

Отже, у результаті ми отримуємо складну динамічну систему, що дозволяє формувати ціни на споживчі товари та визначити питоме споживання. Для проведення розрахунків було обрано $t = 20$, $R(0) = 20000$, $l = 450$ [4]. Результати проведених розрахунків представлено у Таблиці 1 та Таблиці 2.

Таблиця 1. Технологічні особливості секторів відновлення ресурсів, суспільного та особистого споживання

t	$R_R(t)$	$R_X(t)$	$R_Y(t)$	$R(t)$	$X(t)$	$Y(t)$	$l_R(t)$	$l_X(t)$	$l_Y(t)$	Δl	ξ	p
0	6600	6600	6600	20000	0	0	1650	2178	4026	450,0	-	1,5
1	6534	6534	6534	19800	3300	1650	1634	2156	3986	452,9	0,006	1,5
2	6469	6469	6469	19602	3267	1634	1617	2135	3946	450,1	0,000	1,5
3	6404	6404	6404	19406	3234	1617	1601	2113	3906	451,6	0,001	1,5
4	6340	6340	6340	19212	3202	1601	1585	2092	3867	459,4	0,005	1,5
5	6277	6277	6277	19020	3170	1585	1569	2071	3829	453,6	0,002	1,5
6	6214	6214	6214	18830	3138	1569	1553	2051	3790	477,8	0,010	1,5
7	6152	6152	6152	18641	3107	1553	1538	2030	3752	450,7	0,000	1,0
8	6090	6090	6090	18455	3076	1538	1523	2010	3715	466,5	0,005	1,0
9	6029	6029	6029	18270	3045	1523	1507	1990	3678	463,7	0,003	1,3
10	5969	5969	5969	18088	3015	1507	1492	1970	3641	497,1	0,010	1,3
11	5909	5909	5909	17907	2984	1492	1477	1950	3605	454,0	0,001	1,3
12	5850	5850	5850	17728	2955	1477	1463	1931	3569	472,3	0,004	1,3
13	5792	5792	5792	17550	2925	1463	1448	1911	3533	488,9	0,006	1,4
14	5734	5734	5734	17375	2896	1448	1433	1892	3498	489,0	0,006	1,4
15	5676	5676	5676	17201	2867	1433	1419	1873	3463	458,1	0,001	1,4
16	5620	5620	5620	17029	2838	1419	1405	1854	3428	512,7	0,008	1,4
17	5563	5563	5563	16859	2810	1405	1391	1836	3394	454,1	0,001	1,4
18	5508	5508	5508	16690	2782	1391	1377	1818	3360	496,5	0,005	1,3
19	5453	5453	5453	16523	2754	1377	1363	1799	3326	491,6	0,005	1,4
20	5398	5398	5398	16358	2726	1363	1350	1781	3293	477,4	0,003	1,4

У даній таблиці показано технологічні особливості секторів відновлення ресурсів, суспільного та особистого споживання, описано їх взаємозв'язки і подано кількість праці (вираженої у кількості робітників), необхідної для створення відповідної кількості продукції. Також у останньому стовпчику показані співвідношення заробітних плат працівників, що працюють у внутрішній та зовнішній економіках. З таблиці можна зробити висновок, що ресурси не є повністю відновлюваними. Відповідно зменшується необхідна кількість робітників, що приведе до їх непотрібності. Це в результаті призведе до появи безробіття. Отже, можемо зробити висновок, що на досить довгих, проте, обов'язково скінченних інтервалах часу, модель є дієвою.

Таблиця 2. Розрахунок ціни на споживчий товар на основі базових даних

t	y_g	y_S	C_{gY}	C_{gY}	e_g	e_S	l_g	l_S	w_g	l_S	l_k^{real}	$\Gamma(p)$	$L(t)$	$l(t)$
0	49	93	81	14	0,8	0,7	270	180	2000	3000	450	0,78	7854	450
1	25	46	163	27	0,8	0,7	542	361	2000	3000	903	0,78	7775	903
2	16	31	244	41	0,8	0,7	812	541	2000	3000	1353	0,78	7698	1353
3	12	23	325	54	0,8	0,7	1083	722	2000	3000	1805	0,78	7621	1805
4	10	18	408	68	0,8	0,7	1358	906	2000	3000	2264	0,78	7545	2264
5	8	15	489	82	0,8	0,7	1631	1087	2000	3000	2718	0,78	7469	2718
6	7	13	575	96	0,8	0,7	1917	1278	2000	3000	3195	0,78	7394	3195
7	7	9	831	131	0,8	0,7	2188	1458	3000	3000	3646	0,63	7320	3646
8	7	8	938	148	0,8	0,7	2468	1645	3000	3000	4113	0,63	7247	4113
9	5	9	1 172	192	0,8	0,7	2746	1831	3000	4000	4576	0,74	7175	4576
10	5	8	1 299	213	0,8	0,7	3044	2029	3000	4000	5073	0,74	7103	5073
11	4	7	1 415	232	0,8	0,7	3316	2211	3000	4000	5527	0,74	7032	5527
12	4	7	1 536	252	0,8	0,7	3600	2400	3000	4000	6000	0,74	6962	6000
13	4	6	1 998	331	0,8	0,7	3893	2595	3500	5000	6489	0,76	6892	6489
14	3	6	2 102	348	0,8	0,7	4094	2729	3500	5000	6823	0,76	6823	6978
15	3	6	2 081	344	0,8	0,7	4053	2702	3500	5000	6755	0,76	6755	7436
16	3	6	2 060	341	0,8	0,7	4012	2675	3500	5000	6687	0,76	6687	7948
17	3	6	2 039	338	0,8	0,7	3972	2648	3500	5000	6620	0,76	6620	8402
18	4	6	2 176	354	0,8	0,7	3933	2622	4000	5000	6554	0,71	6554	8899
19	4	6	2 245	370	0,8	0,7	3893	2595	4000	5500	6489	0,75	6489	9390
20	4	6	2 223	366	0,8	0,7	3854	2570	4000	5500	6424	0,75	6424	9868

У даній таблиці представлено основні результуючі показники: ціни та питоме споживання у економіках g та S. Можна відмітити, що ціни з часом зростають, а питоме споживання зменшується.

Отже, у роботі ми розглянули модель ціноутворення у відкритій економіці за 20 періодів і отримали постійно зростаючу ціну на майже всі види товарів при зниженні питомого споживання. У даній моделі ресурс, що використовують внутрішня та зовнішня економіки поступово закінчується. Це пов'язано з тим, що ефективності витрат на відтворення вище вказаних ресурсів недостатньо для майбутнього покриття секторів суспільного та особистого споживання, що використовують даний ресурс за умови постійно зростаючої кількості робітників.

Як у випадку прямолінійної реакції виробників на відхилення споживання від рівноцінної прямої (коли споживачі купують більше там, де дешевше), так і у випадку, коли споживачі не просто реагують на різницю в цінах, а піклуються про максимізацію загального обсягу питомого споживання, величини e_g та e_S повертаються на рівноцінну пряму, що є в цілях однієї з економік. Також є можливим зростання питомого особистого споживання при попередньому зростанні зарплатні в сфері зовнішньої та внутрішньої торгівлі. Дана модель є прикладом того, як використовується математичне моделювання при аналізі великих економічних систем.

Література:

1. Наумов В.В., Вагин В.Д. Ценообразование: Учебное пособие (в схемах) /Под ред.В.В.Наумова. – М.: МИЭМП, 2005.
2. Шкварчук Л.О. Ціноутворення: Підручник. - К.: Кондор, 2008. - 460с.
3. Трояновский В.М. Математическое моделирование в менеджменте. Учеб пособие. 2-е изд., испр. и доп. - М., 2002. -256 с.
4. http://www.ukrstat.gov.ua