

**УДК 658.3977**

**Скрильник І.І., Капшук Д.В.**

**ПОБУДОВА ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ  
МАКСИМІЗАЦІЇ ВАЛОВОГО ПРИБУТКУ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА  
ВАФЕЛЬ ПАТ «ПОЛТАВАКОНДИТЕР»**

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
Полтава, Першотравневий 24, 36011*

**Skrylnik I.I., Kapshuk D.V.**

**CONSTRUCTION MATHEMATICAL MODEL MAXIMIZATION GROSS  
PROFIT WAFER PRODUCTION LINE PJSC «POLTAVAKONDITER»**

*Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk,  
Poltava, Pervomayskiy 24, 36011*

*Анотація. У роботі розглядається побудова економіко-математичної моделі оптимізації лінії виробництва вафель ПАТ «Полтавакондитер» при одночасній можливості купівлі і продажу сировини для максимізації валового прибутку в різних ситуаціях, зокрема, визначеності, невизначеності та ризику. Реалізація моделі здійснена на основі реальних даних підприємства у середовищі Microsoft Excel з використанням вбудованого додатку «Пошук рішення». Результат розрахунків показав, що в умовах нестабільної економічної ситуації найкращим варіантом для діяльності підприємства є стан визначеності, коли ціни на закупівлю сировини відомі і не змінюються протягом року внаслідок укладання контрактів з постачальниками.*

*Ключові слова: визначеність, невизначеність, ризик, критерій Гурвіца, валовий прибуток.*

*Abstract. In this paper we consider the construction of economic and mathematical model of optimization of production lines wafers PJSC "Poltavakonditer" at the possibility of simultaneous purchase and sale of raw*

*materials to maximize gross margins in different situations, in particular, certainty, uncertainty and risk. Implementation of the model is based on real enterprise data in Microsoft Excel environment using the built-in application "Search solution". Result calculations showed that in unstable economic situation the best option for the enterprise is a state of certainty when prices for the purchase of raw materials are known and do not vary during the year due to contracts with suppliers.*

*Key words: certainties, uncertainty, risk, Hurwitz criterion, gross profit.*

**Вступ.** Прибуток є основним фінансовим джерелом розвитку підприємства, науково-технічного вдосконалення його матеріальної бази і продукції. Він слугує джерелом сплати податків. Уся діяльність підприємства спрямована на зростання прибутку, що призводить до збільшення його потенційних можливостей, підвищення ступеня ділової активності. Через нестабільну політико-економічну ситуацію в країні спостерігається зменшення прибутковості підприємств більшості галузей України, зокрема кондитерської галузі. Тому особливо гостро постає питання потреби у своєчасних ефективних управлінських рішеннях, що ґрунтуються на наукових методах та прийомах, зокрема, економіко-математичних методах та моделях, які дадуть змогу збільшити або, хоча б, стабілізувати величину прибутку.

Об'єктами дослідження даної роботи є кондитерська галузь та її підприємство ПАТ «Полтавакондитер», предметом дослідження є економіко-математична модель оптимізації виробничої програми лінії виробництва вафель підприємства при одночасній можливості купівлі та продажу сировини в умовах визначеності, невизначеності та ризику.

**Огляд літератури.** Кондитерська галузь – одна з найбільш розвинених галузей харчової промисловості України. Асортимент виробленої продукції охоплює практично всі групи кондитерських виробів. У цій галузі на виробництві задіяно близько 170 тис. працюючих. Виробничі потужності галузі завантажені орієнтовно на 70 %. Галузь є одним із провідних споживачів української сільськогосподарської сировини – цукру, борошна, крохмалопатоки, молока тощо, на яку забезпечує значний попит [1].

Основними виробниками кондитерської продукції в Україні є: ПАТ «Рошен» – 23,8 %, АТ «ВО «Конті»» – 11,5%, ПрАТ «АВК» – 8,3 %, ЗАТ «Харківська БФ» – 6,6%, ЗАТ «Житомирські ласощі» – 4,7%, ПАТ «Крафт Фудз Україна» – 3,4%, ТОВ «Грона» – 2,7% , ТВФ «Світоч » – 2,7%, ПАТ «Полтавакондитер» – 2,3 %.

Проблемами розвитку кондитерської галузі займається багато вітчизняних фахівців, зокрема: Д.О. Кроніковський [1], І.В. Тюха [2], Д.Г. Стрельникова [3] О.В. Шестак [4], О.Д. Гірчук, А.О Левицька [5], М.Д. Домашенко [6], О.С. Галушко [7] та інші. Їх наукові роботи присвячені різним питанням, що виникають по даній галузі. Зокрема, розглядаються проблеми оцінки конкурентоспроможності підприємств кондитерської галузі, проводився аналіз стану монополізації ринку кондитерських виробів у 1995 – 2012 роках, визначалися напрямки та резерви розвитку підприємств галузі. Аналіз стану і перспектив розвитку кондитерського ринку в Україні свідчить, що основним джерелом формування пропозиції на ринку є вітчизняне виробництво, його продукція становить близько 95% в загальному обсязі. Ринок кондитерських виробів України є висококонцентрованим, на ньому працює близько 800 компаній.

Однак, у 2014 році ринок кондитерських виробів продемонстрував негативну динаміку. Практично всі великі підприємства галузі, які входять в Асоціацію «Укркондпром» і забезпечують до 75% ринку кондитерських виробів в країні, значно скоротили виробництво по всіх групах товарів. Падіння виробництва готової продукції негативно відбивається і на суміжних виробничих галузях: у великих обсягах знизився попит на продукцію цукрової, борошняної, крохмально-патокової, молочної промисловості та ін. [8].

Основними проблемами кондитерської галузі є: недостатні ринки збуту продукції, зменшення купівельної спроможності населення, ріст цін на сировину та енергоносії, висока конкуренція на внутрішньому ринку, популяризація серед населення здорового харчування, нестача вітчизняного пакувального матеріалу та харчових домішок. Тому на сучасному етапі

розвитку даної галузі зростає попит на наукові підходи в її управлінні, зростає потреба у побудові економіко-математичних моделей для дослідження економічних об'єктів та процесів з метою збільшення прибутку підприємства.

**Вхідні дані та методи.** У роботі проведено дослідження трьох станів системи (лінії виробництва вафель ПАТ «Полтавакондитер») – визначеності, невизначеності та ризику [9 – 11].

Лінія виробництва вафель підприємства може випускати одинадцять різновидів продукції, використовуючи для цього певні види сировини. При необхідності підприємство може придбати за встановленими цінами додаткову сировину або продати її залишки. Відомі ціни на одиницю продукції кожного виду, запаси і витрати кожного виду сировини на виготовлення продукції. Також для кожного виду відома мінімальна партія закупівлі і продажу сировини, максимальна партія закупівлі і продажу, ціна за одиницю сировини. Необхідно визначити оптимальну стратегію виробництва, яка забезпечить його найбільший прибуток. Затрати сировини на випуск та ціна реалізації готової продукції і сировини розраховуються у грн.

*Економіко-математична модель в умовах визначеності.* Відомі параметри моделі:  $n$  – кількість видів сировини;  $m$  – кількість видів продукції;  $j$  – індекс сировини;  $i$  – індекс продукції;  $b_j$  – запас  $j$ -ї сировини;  $a_{ij}$  – кількість  $j$ -ї сировини, яка потрібна для виготовлення одиниці  $i$ -ї готової продукції;  $c_i$  – ціна на  $i$ -й вид продукції;  $p_j$  – ціна придбання одиниці  $j$ -ї сировини;  $q_j$  – ціна реалізації  $j$ -ї сировини ( $p_j < q_j$ );  $\alpha_j$  – мінімальний розмір партії  $j$ -ї сировини;  $\beta_j$  – максимальний розмір партії  $j$ -ї сировини.

*Керовані змінні:*  $x_i$  – кількість  $i$ -ї продукції, що заплановано випустити;  $y_j$  – кількість додатково придбаної  $j$ -ї сировини;  $z_j$  – кількість реалізованої  $j$ -ї сировини;  $\delta'_j$  – індикатор придбання сировини (дорівнює 0, якщо не купується сировина та 1 – у протилежному разі);  $\delta''_j$  – індикатор реалізації сировини (дорівнює 0, якщо не продається сировина та 1 – у протилежному разі).

За умови визначеності модель матиме один критерій – загальний прибуток  $W$ , який потрібно максимізувати:

$$W = \sum_{i=1}^m c_i x_i + \sum_{j=1}^m z_j q_j \delta_j'' - \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} p_j \right) x_i - \sum_{j=1}^m y_j p_j \delta_j' \rightarrow \max \quad (1)$$

Ціни на придбання, реалізацію сировини, готової продукції є стабільними протягом року. З урахуванням взаємозалежностей між керованими змінними та параметрами у цьому стані було встановлено наступні обмеження моделі:

$$x_i \geq 0, i = \overline{1, m}; \quad x_i - \text{цїле}; \quad (2)$$

$$\alpha_j \leq y_j \leq \beta_j, j = \overline{1, m}; \quad \alpha_j \leq z_j \leq \beta_j, j = \overline{1, m}; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} x_i \leq b_j + y_j \delta_j' - z_j \delta_j'', i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}; \quad (4)$$

$$\delta_j' \in \{0; 1\}; \quad \delta_j'' \in \{0; 1\}, \forall j \ 1 \leq j \leq n. \quad (5)$$

Розв'язком задачі є план виготовлення готової продукції  $m$  видів та план закупівлі сировини  $n$  видів та її продажу. Реалізація моделі здійснена у середовищі Microsoft Excel з використанням вбудованого додатку «Пошук рішення».

У таблиці 1 показано як за даним оптимальним планом виробництва розподілилася кількість продукції, що потрібно випустити.

**Економіко-математична модель в умовах невизначеності.** На дохід підприємства впливають ціни на закупівлю та продаж сировини, ціни на готову продукцію. У ситуації невизначеності та ризику зручно інформацію про ціни за певний період (наприклад, рік) подавати у вигляді матриці, що має 12 рядків (12 місяців). Так, матриця для ціни на товар (за рік) має вигляд:

$$\begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{121} & c_{122} & \dots & c_{12m} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Аналогічно задано матриці для ціни на сировину, що продає підприємство (за рік) та ціни на сировину, що закупляє підприємство (за рік).

У ситуації невизначеності розглянуто випадок, коли ціни на товари і сировину розраховуються за критерієм Гурвіца. При використанні даного критерія, наприклад, для ціни на товар, застосовуємо формулу:

$$c^{prod} = \alpha \cdot c^{\max} + (1 - \alpha) \cdot c^{\min}, \quad (7)$$

де  $c^{\min}, c^{\max}$  – нижня та верхня межа вартості продукції;  $\alpha$  – схильність до ризику. Аналогічно для цін на продаж та закупку сировини:

$$q^{prod} = \alpha \cdot q^{\max} + (1 - \alpha) \cdot q^{\min}, \quad (8)$$

$$p^{zak} = \alpha \cdot p^{\max} + (1 - \alpha) \cdot p^{\min}. \quad (9)$$

Модель матиме наступний вид:

$$W = \sum_{i=1}^m c_i^{prod} x_i + \sum_{j=1}^m z_j q_j^{prod} \delta_j'' - \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} p_j^{zak} \right) x_i - \sum_{j=1}^m y_j p_j^{zak} \delta_j' \rightarrow \max \quad (10)$$

$$x_i \geq 0, i = \overline{1, m}; \quad x_i - \text{цiле}; \quad (11)$$

$$\alpha_j \leq y_j \leq \beta_j, j = \overline{1, m}; \quad \alpha_j \leq z_j \leq \beta_j, j = \overline{1, m}; \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} x_i \leq b_j + y_j \delta_j' - z_j \delta_j'', i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}; \quad (13)$$

$$\delta_j' \in \{0; 1\}; \quad \delta_j'' \in \{0; 1\}, \forall j \ 1 \leq j \leq n. \quad (14)$$

Результати розрахунків для ситуації невизначеності, розраховані за критерієм Гурвіца представлено у таблиці 1.

Аналогічно розрахунки також проводилися для ситуації невизначеності за «максимального песимізму» та «максимального оптимізму». Ситуація невизначеності за «максимального песимізму» – це ситуація при якій закупівельні ціни на сировину найвищі, тобто  $p^{zak} = p_j^{\max}$ , а ціни реалізації товарів та залишків сировини є найнижчими  $q^{prod} = q_j^{\min}$ ,  $c^{prod} = c_i^{\min}$ . Ситуація невизначеності за «максимального оптимізму» – це ситуація при якій закупівельні ціни на сировину найнижчі, тобто  $p^{zak} = p_j^{\min}$ , а ціни реалізації товарів та залишків сировини є найвищими тобто  $q^{prod} = q_j^{\max}$ ,  $c^{prod} = c_i^{\max}$ .

Результати розрахунків для таких ситуацій представлено також у таблиці 1.

**Економіко-математична модель в умовах ризику.** За умови ризику значення керованих параметрів  $c_i, p_j, q_j$  наперед невідомі. Тому, для обчислення максимального прибутку в умовах ризику беремо середнє значення ціни продажу товарів та залишків сировини  $\bar{c}_i, \bar{q}_j$  та середнє значення ціни закупок сировини  $\bar{q}_j$ .

Модель матиме два критерії: середнє значення прибутку  $\bar{W}$  та дисперсію прибутку – міру ризику  $\sigma^2$ , які визначаємо за формулами :

$$\bar{W} = \sum_{i=1}^m \bar{c}_i x_i + \sum_{j=1}^m \bar{z}_j q_j \delta_j'' - \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{p}_j \right) x_i - \sum_{j=1}^m y_j \bar{p}_j \delta_j' \rightarrow \max, \quad (15)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} \sigma_i \sigma_j x_i x_j + \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m r_{kl} \sigma_k \sigma_l \cdot z_k z_l + \sum_{s=1}^n \sum_{r=1}^m r_{sr} \sigma_s \sigma_r \cdot y_s y_r, \quad (16)$$

де  $\sigma_j$  – стандартні відхилення цін продажу товарів;  $r_{ij}$  – матриця кореляції цін продажу товарів;  $\sigma_k$  – стандартні відхилення цін реалізації сировини;  $r_{kl}$  – матриця кореляції цін реалізації сировини;  $\sigma_s$  – стандартні відхилення закупівельних цін сировини;  $r_{sr}$  – матриця кореляції закупівельних цін сировини.

У результаті отримано три варіанти двокритеріальної задачі з обмеженнями (2 – 5):

1.  $\bar{W} \rightarrow \max$ ;
2.  $\bar{W} \rightarrow \max, \sigma^2 \rightarrow \max$ ;
3.  $\bar{W} \rightarrow \max, \sigma^2 \rightarrow \min$ .

Для розв'язання задачі максимізуємо загальну адитивну функцію:

$$W = \frac{\bar{W}}{W_{\max} - W_{\min}} \pm \frac{\bar{\sigma}^2}{\sigma_{\max}^2 - \sigma_{\min}^2} \rightarrow \max. \quad (17)$$

За результатами обчислень максимального прибутку лінії виробництва вафель підприємства в ситуації ризику було отримано, що  $\sigma_{\max}^2 = \sigma_{\min}^2$ . Отже, маємо перший варіант двокритеріальної задачі.

Результати розрахунків за даним оптимальним планом у ситуації ризику представлено у таблиці 1.

**Результати.** У роботі для кожної ситуації (визначеності, невизначеності, ризику) було розраховано кількість кожного виду продукції, що необхідно випустити, загальну кількість готової продукції, загальну її вартість, загальну вартість сировини, затраченої на продукцію, вартість закупівлі сировини. Після відрахування витрат на воду, електроенергію та оплату праці розраховано валовий змодельований прибуток та різницю між змодельованим та фактичним валовим прибутком.

**Таблиця 1**

**Результати реалізації економіко – математичної моделі максимізації прибутку лінії виробництва вафель ПАТ «Полтавакондитер»**

Продукція	Умови визначеності	Умови ризику	Умови невизначеності		
			Ситуація "максимального песимізму"	Ситуація "максимального оптимізму"	Ситуація за критерієм Гурвіца
Вафлі зі смаком згущеного молока, ц	496,00	0,00	0,00	483,00	185,00
Вафлі "Коровкіна Забавка" з какао, ц	27,00	1300,00	0,00	58,00	23,00
Вафлі "Сніжинка", ц	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00
Вафлі "Домінік" з лимонним смаком, ц	23,00	0,00	0,00	0,00	21,00
Вафлі "Крихітка Домінік", ц	28,00	0,00	800,00	759,00	24,00
Вафлі "Морячка", ц	26,00	0,00	0,00	0,00	23,00
Вафлі "Празькі", ц	28,00	0,00	0,00	0,00	24,00
Вафлі "Халечка з вафельною", ц	260,00	0,00	0,00	0,00	395,00
Вафлі "Сорочинський ярмарок", ц	25,00	0,00	0,00	0,00	23,00
Вафлі "Артек", ц	0,00	0,00	0,00	0,00	23,00
Вафлі "Вишчалочка", ц	108,00	0,00	0,00	0,00	23,00
<b>Всього потрібно виробити, ц</b>	<b>1021,00</b>	<b>1300,00</b>	<b>800,00</b>	<b>1300,00</b>	<b>785,00</b>
Результати моделювання, грн	4873776,83	4394171,12	4322115,00	5439763,00	4682024,27
Валовий прибуток, грн	3902518,13	3381579,24	3383596,92	4427171,12	3745728,40
Різниця між змодельованим та фактичним валовими прибутками	247254,13	-273684,76	-271667,08	771907,12	90464,40

**Висновки.** У роботі було розроблено економіко-математичну модель оптимізації виробничої програми лінії виробництва вафель ПАТ «Полтавакондитер» при одночасній можливості купівлі і продажу сировини для



максимізації валового прибутку у ситуації визначеності, невизначеності, ризику.

За розрахунками було встановлено, що найбільшим отримано валовий прибуток у ситуації невизначеності за «максимального оптимізму». У цьому випадку підприємство збільшить валовий прибуток на 771907,12 грн. Тому, для підприємства найвигіднішими є умови невизначеності, але з іншого боку в умовах невизначеності за «максимального песимізму» валовий прибуток, порівняно з фактичним за 2014 рік, зменшиться на -271667,08 грн.

Отже, найсприятливішими для підприємства є умови визначеності, коли ціни на закупівлю сировини відомі і не змінюються протягом року. Оптимізація виробничої програми в умовах визначеності збільшить валовий прибуток на 274725,13 грн.

Дослідивши всі стани системи – визначеності, невизначеності та ризику, можна дійти висновку, що в умовах нестабільної економічної ситуації в країні найкращим варіантом для діяльності підприємства є стан визначеності, коли ціни на закупівлю сировини відомі і не змінюються протягом року внаслідок укладання довгострокових контрактів з постачальниками.

#### Література:

1. Кроніковський Д.О. Тенденції кондитерської промисловості України . [електронний ресурс] / Д.О. Кроніковський. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=3460>.
2. Тюха І.В. Сучасні тенденції розвитку світового ринку кондитерських виробів [Текст] / І.В. Тюха, Н.В Кравчук // Ефективна економіка. – 2012. – №5. – С. 53 – 58.
3. Стрельникова Д. Сегментація українського ринку кондитерських изделий [Текст]/ Д. Стрельникова // Економіка та держава. – 2014. – № 3. – С. 69 – 71.
4. Шестак, О.В. Сучасний стан та тенденції розвитку кондитерської галузі [Текст] / О.В. Шестак // Вісник НТУ «ХП». Серія: Актуальні проблеми

розвитку українського суспільства. – Харків: НТУ «ХП». – 2013. – № 6(980). – С. 132 – 137.

5. Гірчук О. Стан та перспективи розвитку кондитерської галузі України. [електронний ресурс] / О. Гірчук., А.О. Левицька. – Режим доступу: <http://intkonf.org/girchuk-o-levitska-a-o-rozvitok-rinku-konditerskih-virobiv-v-ukrayini-konkurentni-aspekti/>

6. Домашенко М.Д. Кондитерська галузь в Україні. [електронний ресурс] / М.Д. Домашенко. Режим доступу:<http://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/25654/1/Domashenko.pdf>.

7. Галушко О.С. Тенденції розвитку ринку кондитерських виробів та особливості трансформацій у системі цінностей його учасників : наукове видання / О.С.Галушко // Актуальні проблеми економіки. – 2014. – № 8. – С. 17 – 25.

8. Шестак О.В. Сучасний стан та тенденції розвитку ринку кондитерських виробів в Україні. [електронний ресурс] / О.В. Шестак. – Режим доступу: <http://ww.kpi.kharkov.ua/Актуальні%20проблеми%20розвитку%20україни>.

9. Кігель В.Р. Математичні методи ринкової економіки / В.Р. Кігель : Навчальний посібник. К.: Кондор. 2003. – 158 с.

10. Вітлінський В.В. Моделювання економіки / В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко : Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2005. – 306 с.

11. Вітлінський В.В. Моделювання економіки / В.В. Вітлінський: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2003. – 408 с.

*Рецензент: к. фіз.-мат. н., доцент Лисенко М.В.*

Стаття відправлена: 07.12.2015 р.

© Скрильник І.І.