

## **ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МАЛОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

### **ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF ECONOMIC SECURITY OF A SMALL ENTERPRISE UNDER UNCERTAINTY**

*У сучасних умовах успіх бізнесу значною мірою залежить від ступеня його захищеності. Проблеми економічної безпеки підприємства доводиться вирішувати не тільки у кризові періоди або періоди невизначеності стану підприємства, але і при роботі в стабільному економічному середовищі. Економічна безпека будь-якої компанії – це ступінь захисту цієї компанії від негативного впливу будь-яких внутрішніх, а також зовнішніх загроз, дестабілізуючих факторів, що забезпечує стійку реалізацію основних ділових інтересів та цілей бізнесу, дозволених чинним законодавством України. Керівники змушені практично щодня приймати ряд рішень і шукати відповіді на десятки питань, що стосуються сфери економічної безпеки компанії. Таким чином, розробка і реалізація комплексної системи забезпечення економічної безпеки підприємств, що дозволяє прогнозувати загрози економічній безпеці та оперативно регулювати обсяги та структуру витрат на забезпечення економічної безпеки, дозволить якісно впливати на загальний фінансовий стан конкретного підприємства, що, в кінцевому підсумку, позитивним чином відіб'ється не тільки на діяльності самого підприємства, а й вплине на оздоровлення економіки країни в цілому. Підтримання високого рівня фінансової безпеки також є головним завданням господарюючого суб'єкта, оскільки визначена функціональна складова економічної безпеки – це ланцюг, який бере участь у функціонуванні будь-якої з сфери діяльності компанії, організовує рух різних фінансових потоків, на яких базується робота компанії. Для визначення поточного стану тематики та проблематики досліджено стандартні показники при оцінці фінансової стійкості підприємства; способи їхньої оцінки та розрахунку, їхньої кореляції між собою та ступінь впливу на загальну систему, котра розглядається. На основі вивченого матеріалу запропонована симультивна модель системи фінансової безпеки підприємства. За допомогою підходу з використанням економіко-математичного моделювання до стійкості самої системи, визначено оптимальний розмір випуску програми, тобто такої виробничої програми самого підприємства, при якій будуть максимізуватися основні показники рентабельності. Таким чином, реалізація та розрахунок моделі, що призвело до прогнозування показників фінансових потоків підприємства, що будуть впливати на подальшу внутрішню економічну безпеку підприємства.*

**Ключові слова:** економічна безпека, фінансова стійкість, умови невизначеності, економіко-математична модель економічної безпеки підприємства.

*In modern conditions, the success of the business largely depends on the degree of its security. Problems of economic security of the enterprise have to be solved not only in crisis periods or periods of uncertainty of the state of the enterprise, but also when working in a stable economic environment. Economic security of any company is the degree of protection of this company from the negative impact of any internal and external threats, destabilizing factors, which ensures the sustainable implementation of the main business interests and business goals permitted by current legislation of Ukraine. Managers are forced to make a number of decisions almost every day and seek answers to dozens of questions related to the company's economic security. Thus, the development and implementation of a comprehensive system of economic security of enterprises, which allows you to forecast threats to economic security and quickly regulate the volume and structure of costs for economic security, will qualitatively affect the overall financial condition of a particular enterprise, which ultimately positively is not only on the activities of the enterprise itself, but also affect the recovery of the economy as a whole. Maintaining a high level of financial security is also the main task of the business entity, as a certain functional component of economic security is a chain that participates in the functioning of any of the company's activities, organizes the movement of various financial flows on which the company operates. To determine the current state of the subject and issues, standard indicators in assessing the financial stability of the enterprise are studied; ways of their estimation and calculation, their correlation with each other and influence the general system under consideration. Based on the studied material, a simulative model of the financial security system of the enterprise is proposed. Using an approach using economic and mathematical modeling to the stability of the system itself, the optimal size of the program, i.e. the production program of the enterprise, which will maximize the main indicators of profitability. Thus, the implementation and calculation of the model, which led to the forecasting of indicators of financial flows of the enterprise, which will affect the further internal economic security of the enterprise.*

**Key words:** economic security, financial stability, conditions of uncertainty, economic and mathematical model of economic security of the enterprise.

**Вступ.** В сучасному світі успіх бізнесу залежить від багатьох критеріїв, в тому числі і від ступеня його захищеності. Питання економічної безпеки підприємства вирішуються повсякчас як у кризові періоди, так і при роботі в стабільному економічному середовищі. Керівництво підприємства щоденно приймає управлінські рішення стосовно економічної безпеки компанії. Рівень економічної безпеки підприємств є однією з складових системи чинників соціального і економічного розвитку держави, особливо в умовах інтеграції України в міжнародні економічні структури. Системою економічної безпеки підприємства (СЕБ) є комплекс організаційно-управлінських, режимних, технічних, профілактичних та пропагандистських заходів, спрямованих на якісну реалізацію захисту інтересів підприємства від зовнішніх і внутрішніх загроз [1]. Функціональні складові економічної безпеки - це сукупність основних напрямів його економічної безпеки, що істотно відрізняються один від одного за своїм змістом.

Проблема економічної безпеки підприємства висвітлена в працях вітчизняних вчених, таких як В. Базилевич, В. Каркавчук, Ю. Шерстенников. Серед зарубіжних науковців необхідно виділити праці Р. Каплан, Д. Нортон,

К. Рачковскі, Ф. Шнайдер та інших фахівців, які досліджували проблематику питання економічної безпеки.

**Постановка завдання.** Для процесу дослідження основне завдання сформульовано як розробка та демонстрація моделі показників фінансової стійкості окремо взятого підприємства, визначення можливості можливої виробничої програми для підприємства за допомогою побудови економетричної симулятивної моделі.

Об'єктом дослідження є процес управління фінансовою безпекою підприємства та оцінка факторів, котрі впливають на безпеку.

Предметом є теоретико-методичні засади та інструментарій математичного моделювання управління фінансовою безпекою підприємства, оцінка та вплив фінансових ризиків підприємства.

**Методологія.** Інформаційною базою роботи є теоретичні і методичні розробки вітчизняних та зарубіжних дослідників, офіційні статистичні матеріали, законодавчі та нормативні документи, що регламентують діяльність підприємств в Україні. Для досягнення мети були використані наступні методи дослідження, а саме: аналіз та синтез, індуктивний та дедуктивний методи, економетричні методи.

**Результати дослідження.** Виходячи з врахування постановки задачі, в даній роботі пропонується розглядати симулятивну модель системи фінансової безпеки підприємства. Обрана симулятивна модель, адже цей метод є методом моделювання рівноважних випадкових процесів, а також розглядається у випадках прийняття рішень в умовах невизначеності.

Запропонована симулятивна модель системи фінансової безпеки підприємства, що складається із 8 рівнянь і містить 8 ендогенних та 9 екзогенних змінних [4]. Під час побудови цієї моделі враховані залежності, представлені на рис. 1. При цьому у рівняннях моделі коефіцієнти  $\alpha_{ij}$  – це структурні параметри, та випадкові величини  $\varepsilon_{ii}$  - відображення впливу випадкових чинників.

Оцінки параметрів запропонованої симулятивної моделі отримуються методом двокрокового методу найменших квадратів (2SLS).

Модель у загальному виді має наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1(t) = \alpha_{10} \cdot y_2^{\alpha_{11}}(t) \cdot x_5^{\alpha_{12}}(t-1) + \varepsilon_1(t), \\ y_2(t) = \alpha_{20} + \alpha_{21}y_3(t) + \alpha_{22}y_3(t-1) + \alpha_{23}y_4(t) + \varepsilon_2(t), \\ y_3(t) = \alpha_{30} + \alpha_{31}x_4(t-1) + \alpha_{32}x_4(t-2) + \alpha_{33}y_2(t) + \alpha_{34}y_5(t) + \varepsilon_3(t), \\ y_4(t) = \alpha_{40} + \alpha_{41}x_4(t-1) + \alpha_{42}x_8(t-1) + \alpha_{43}x_8(t-2) + \alpha_{44}x_8(t-3) + \\ \quad \alpha_{45}y_1(t) + \alpha_{46}y_7(t) + \varepsilon_4(t), \\ y_5(t) = \alpha_{50} - \alpha_{51}x_1(t-1) + \alpha_{52}x_2(t-1) + \alpha_{53}y_2(t) + \alpha_{54}y_4(t) + \varepsilon_5(t), \\ y_6(t) = \alpha_{60} + \alpha_{61}x_2(t-1) + \alpha_{62}x_4(t-1) + \alpha_{63}y_1(t) + \alpha_{64}y_4(t) + \varepsilon_6(t), \\ y_7(t) = \alpha_{70} + \alpha_{71}x_3(t-1) + \alpha_{72}x_4(t-1) + \alpha_{73}y_4(t) + \varepsilon_7(t), \\ y_8(t) = \alpha_{80} + \alpha_{81}x_5(t-1) + \alpha_{82}x_6(t-1) + \alpha_{83}x_7(t-1) + \alpha_{84}y_1(t) + \varepsilon_8(t). \end{array} \right.$$

Дана симулятивна модель системи фінансової безпеки підприємства (1) забезпечує системний підхід під час дослідження фінансової безпеки, враховує тісноту, структуру зв'язків між досліджуваними показниками фінансової діяльності, а також прогнозує оцінки рівня фінансової безпеки підприємства.

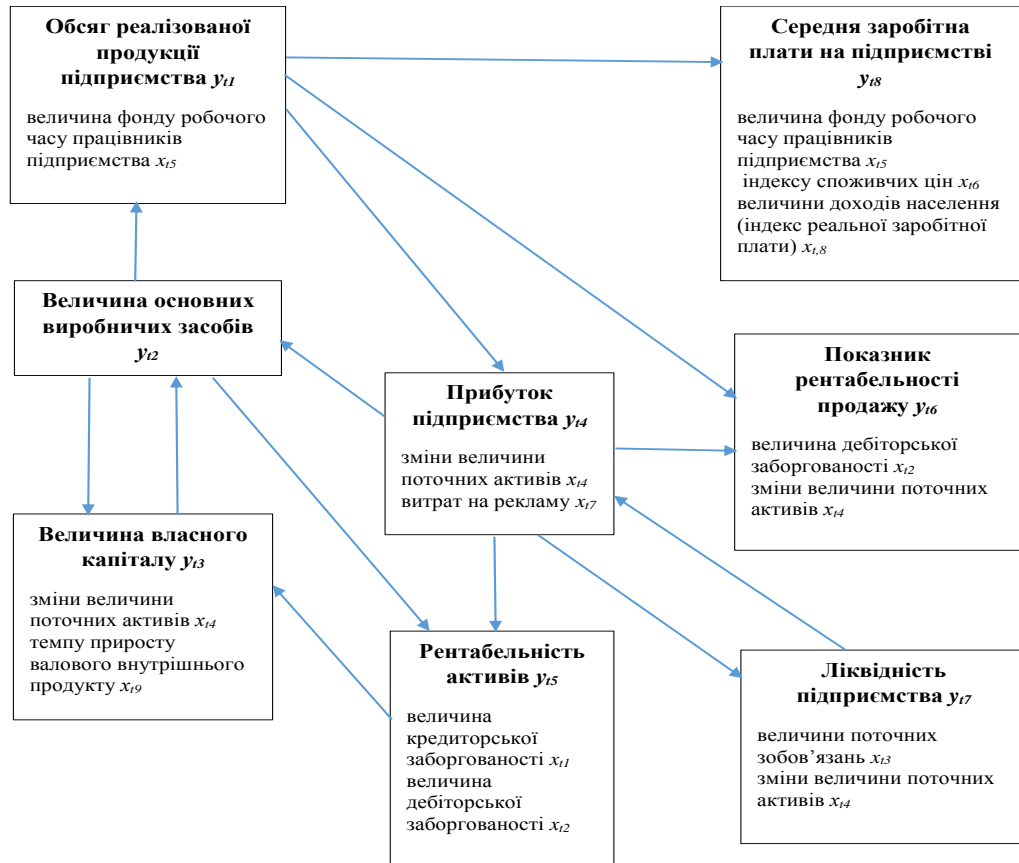


Рисунок 1 – Структурна схема взаємопов'язаних потоків

Одним з важливих показників, що характеризує ефективність функціонування системи фінансової безпеки та результат діяльності підприємства - є рентабельність. Основна мета управління рентабельністю підприємства - це визначення напрямів підвищення ефективності управління підприємством за допомогою виробничої програми, яка б максимізувала рентабельність підприємства [5].

Для аналізу фінансової діяльності підприємства запропонована комплексна економіко-математична модель задачі оптимізації рівня рентабельності продажу та рентабельності витрат підприємства, котра містить такі цільові функції:

$$R^p(z_1, z_2, \dots, z_n) = \frac{\sum_{i=1}^n t \sum_{j=1}^n p_j(t) z_j(t)}{\sum_{i=1}^n t \sum_{j=1}^n c_j(t) z_j(t)} \rightarrow \max. \quad (2)$$

$$R^v(z_1, z_2, \dots, z_n) = \frac{\sum_{i=1}^n t \sum_{j=1}^n c_j(t) z_j(t) - \sum_{i=1}^m q_i(t) \sum_{j=1}^m a_{ij}(t) z_j(t)}{\sum_{i=1}^n t \sum_{j=1}^n q_i(t) \sum_{j=1}^m a_{ij}(t) z_j(t) + C_0} \rightarrow \max. \quad (3)$$

З врахуванням таких обмежень:

$$\sum_{i=1}^n t \cdot a_{ij}(t) z_j(t) \leq b_i(t), i = \overline{1, m} \quad (4)$$

$$d_j(t) \leq z_j(t) \leq D_j(t), j = \overline{1, m}, \quad (5)$$

$$R^p(z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t)) \geq R_0^p, \quad (6)$$

$$R^v(z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t)) \geq R_0^v, \quad (7)$$

$$z_j(t) \geq 0, \quad j = \overline{1, n}, \quad (8)$$

де  $n$  – кількість видів продукції підприємства;  $m$  – кількість видів ресурсів, які підприємство використовує для виготовлення продукції;  $R^p(z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t))$  – рентабельність продажу підприємства за планового випуску продукції у кількості  $z_1, z_2, \dots, z_n$ ;  $R^v(z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t))$  – рентабельність витрат підприємства за планового випуску продукції у кількості  $z_1, z_2, \dots, z_n$ ;  $p_j(t)$  – прибуток від продажу одиниці продукції  $j$ -го виду в момент часу  $t$ ;  $c_j(t)$  – ціна одиниці продукції  $j$ -го виду в момент часу  $t$ ;  $q_i(t)$  – ціна одиниці ресурсу  $i$ -го виду в момент часу  $t$ ;  $C_0$  – величина постійних витрат підприємства в момент часу  $t$ ;  $a_{ij}(t)$  – норма витрат ресурсу  $i$ -го виду на виготовлення одиниці продукції  $j$ -го виду в момент часу  $t$ ;  $b_i(t)$  – запас ресурсу  $i$ -го виду в момент часу  $t$ ;  $d_j(t)$  – мінімальна величина попиту на продукцію  $j$ -го виду в момент часу  $t$ ;  $D_j(t)$  – максимально можливий рівень випуску продукції  $j$ -го виду, який обмежений виробничою потужністю підприємства в момент часу  $t$ ;  $R_0^p, R_0^v$  – мінімально допустимі рівні рентабельності продажу та рентабельності витрат підприємства відповідно (задані апріорно) в момент часу  $t$ ;  $z_j$  – план випуску продукції  $j$ -го виду в момент часу  $t$ .

Цільовою функцією (2) моделі є показник рентабельності реалізованої продукції (відношення прибутку підприємства до собівартості виготовленої продукції), а цільовою функцією (3) – рентабельність витрат підприємства (відношення різниці між виторгом від реалізації продукції і вартістю затрат ресурсів підприємства на виготовлення цієї продукції до вартості виробничих затрат підприємства). Умови (4) відображають обмеження на наявні ресурси підприємства; умови (5) забезпечують випуск продукції в межах попиту та наявних виробничих потужностей; умова (6) моделі не допускає зниження рівня рентабельності продажу нижче порогового значення  $R_0^p$ ; умова (7) моделі не допускає зниження рівня рентабельності витрат нижче порогового значення  $R_0^v$ . Обмеження (8) є умовами невід'ємності змінних. Розв'язком задачі максимізації рівня рентабельності підприємства є виробнича програма підприємства, яка забезпечить максимальну відносну ефективність його діяльності.

Припустимо, є підприємство з випуском двох видів умовної продукції -  $n=2$ ; є три види ресурсів, які підприємство використовує для виготовлення продукції -  $m=3$ .

Цільові функції набувають наступного вигляду:

$$R^p(z_1, z_2, \dots, z_n) = \frac{99.14z_1 + 82.62z_2}{276z_1 + 325z_2} \rightarrow \max,$$

$$R^v(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{(276z_1 + 325z_2) - 353(2.2z_1 + 2.05z_2)}{353(2.2z_1 + 2.05z_2) + 1.11} \rightarrow \max.$$

За наступних обмежень: 1) мінімально та максимально можливий обсяг випуску кожного виду продукції:  $7608 \leq z_1 \leq 43685$ ;  $4263 \leq z_2 \leq 24552$ ; 2) норма витрат ресурсу  $i$ -го виду на виготовлення одиниці продукції  $j$ -го виду не має перевищувати, але може дорівнювати запасу ресурсу  $i$ -го виду:  $2.2x_1 + 2.05z_2 \leq 20594$ ;  $z_3 \leq 35784$ ; 3) мінімально допустимі рівні рентабельності продажу та рентабельності витрат підприємства відповідно:  $R^p(z_1, z_2, \dots, z_n) \geq 0.5$ ;  $R^v(z_1, z_2, \dots, z_n) \geq 0.4$ ; 4) обмеження для фінансової стійкості показника ліквідності підприємства ( $y_7(t)$ ):  $y_7(t) \geq 1$ .

Знайшовши структурні параметри за допомогою 2SLS, маємо наступний розв'язок моделі (1):

$$\begin{cases} y_1(t) = 6.650, \\ y_2(t) = 0.399, \\ y_3(t) = 1.848, \\ y_4(t) = 0.891, \\ y_5(t) = 0.316, \\ y_6(t) = 0.094, \\ y_7(t) = 1.703, \\ y_8(t) = 0.246. \end{cases}$$

Обмеження виконуються, система має стабільні показники, тому наступним кроком знайдемо оптимальну виробничу програму, використовуючи інструменти багатокритеріальної оптимізації: згортку критеріїв та пошук Парето-оптимальної множини. Маємо наступний Парето-оптимальний розв'язок: при мінімальному випуску продукції першого виду у розмірі 10504.67 кг, продукції другого виду – 14742.48 кг рівень рентабельності продажів буде дорівнювати 0.5, а рівень рентабельності витрат 0.4.

**Висновки.** У статті була розроблена й опрацьована теоретична модель поставленої задачі та підібрана реальна задача економічного змісту. У статті було розглянуто основні проблеми фінансової стійкості підприємства з врахуванням умов невизначеності, досліджено та запропоновано симулятивну модель з врахуванням стійкості фінансових показників в умовах невизначеності. В цілому розв'язки можуть відображати досить точну поведінку об'єкта дослідження при певних умовах, наближених до умов невеликих систем чи окремого бізнес-процесу.

Перспективним напрямком дослідження залишаються принципи використання вже існуючих моделей та вдосконалення їх для кожного окремого підприємства, котре мають на меті розглядати. При цьому варто використовувати індивідуальний підхід до плану виробничої програми підприємств, оскільки на сьогодні не існує абсолютно універсальних стратегій поведінки фірм при кризових умовах чи при зміні стабільності кожного окремого показника в загальній системі внутрішньої економічної безпеки.

### Література:

1. Касперович С. А., Дербинская Е.А. Экономическая безопасность предприятия: сущность, цели и направления обеспечения // Труды БГТУ. 2016. С. 278–282.
2. Kaplan R., Norton D. The Balanced Scorecard // Harvard Business Review Press, 1996. 294 p.
3. Шерстенников Ю. В. Моделювання динаміки основних економічних показників підприємства // Бізнес Інформ. 2014. С. 122–130.
4. Каркавчук В. В. Математичне моделювання управління фінансовою безпекою підприємств в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. ек. наук : спец. УДК 658.14/.17: "Спеціальність 08.00.11 - Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці". Львів, 2010. 25 с.
5. Охорзин В.А. «Оптимизация экономических систем». М.: «Финансы и статистика», 2005. 144 с. ISBN 5-279-02918-1
6. МІНФІН [Електронний ресурс]. URL: <https://minfin.com.ua/ua/>.