

Кузьмін О.Є.,

академік НАН України, доктор економічних наук,
професор, директор Інституту економіки та менеджменту
Національного університету "Львівська політехніка"

Кужда Т.І.,

асистент кафедри менеджменту у виробничій сфері
Тернопільського державного технічного університету
імені І. Пулюя

МОДЕЛЬ ФІНАНСОВО-ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

У статті побудовано фінансово-інноваційну модель розвитку машинобудівного підприємства на основі теорії ігор. У межах запропонованої методики здійснено пошук оптимального варіанта стратегії випуску машинобудівної продукції. Складено матриці вигравів, які в ході математичних перетворень дали змогу отримати формули для обчислення показників змішаної стратегії й величини очікуваного прибутку.

Financial model of innovational development at a machine-building enterprise on the basis of game theory is offered. Searching the optimal variant of machine-building production strategy flow the proposed method is considered. The matrices of gains which in the course of mathematical transformation give a formulas for calculation the indicators of mixed strategy and profit are offered.

Ефективне функціонування машинобудівного підприємства в умовах ринкової економіки не можливе без планування його розвитку на перспективу. Підприємство, яке прагне утримати і зміцнити свої позиції на ринку, користується певною стратегією, що розробляється у процесі планування та є складовою частиною інноваційного менеджменту. Вона визначає товарно-ринкову комбінацію, на яку підприємству слід орієнтувати товарну інноваційну політику¹. Така стратегія допомагає визначити, чи потрібно починати певні інноваційні дії, а якщо починати, то в яких обсягах і формах. Результатом реалізації товарно-ринкової стратегії є розв'язання конкретних виробничих, економічних, фінансових, соціальних питань, зокрема таких: яку машинобудівну продукцію треба виробляти, які обсяги ресурсів і напрями розподілу інвестицій для цього потрібні, як забезпечити гнучкість і швидку реакцію збутової системи підприємства на різні впливи зовнішнього середовища, як отримати максимальну фінансову вигоду та забезпечити на цій основі реалізацію певних соціальних завдань. Ці питання заслуговують на увагу, оскільки ринкове середовище, в якому функціонують підприємства, протягом останніх років істотно змінилося, а тому постійно зростає ступінь його невизначеності. У зв'язку з цим на часі розробка й застосування економіко-математичних методів і моделей для розв'язання різноманітних виробничо-господарських завдань; визначення й вибір варіантів фінансово-економічного

¹ Гриньов А.В. Інноваційний розвиток промислових підприємств: концепція, методологія, стратегія управління. — Х.: ВД "ІНЖЕК", 2003. — 304 с.

розвитку підприємства; забезпечення оптимального розподілу ресурсів для виконання запланованого комплексу робіт.

Метою роботи є застосування економіко-математичних підходів при розробці оптимальних стратегій планування інноваційного розвитку підприємства.

Планування інноваційного розвитку машинобудівного підприємства здебільшого здійснюється в шість етапів, із дотриманням певних загальних положень для побудови структури процесу моделювання (рис.)².

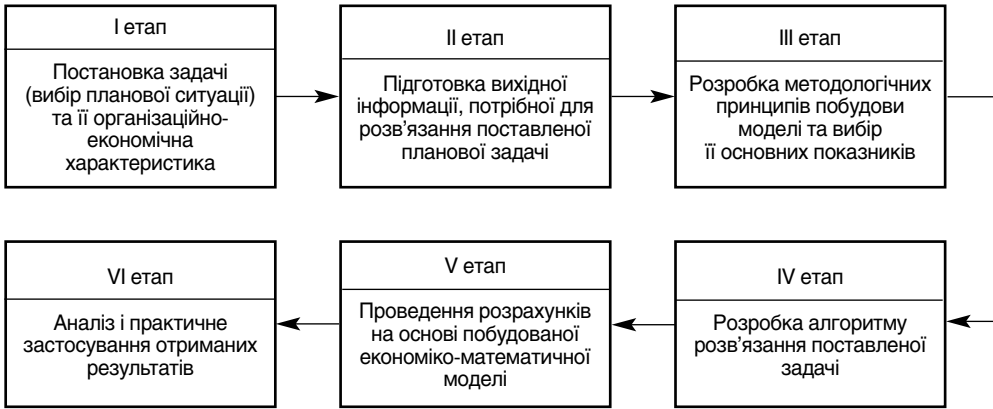


Рис. Основні етапи процесу моделювання на підприємстві

На *першому етапі* особливо важливо визначити специфіку планової ситуації та кількісні значення вхідних параметрів моделі.

Для розв'язання інформаційної проблеми на *другому етапі* принциповим є таке: той рівень управління, для якого розв'язується задача, повинен надавати вихідну інформацію, потрібну для формування економіко-математичної моделі. Звичайно, це загальне положення в конкретних ситуаціях може мати певні особливості, однак його дотримання є необхідною умовою розв'язання поставлених задач. Слід наголосити, що при побудові планових задач, як правило, не економіко-математична модель формулює вимоги до вихідних даних, а навпаки, вихідна інформація визначає параметри моделі.

Третій етап процесу моделювання також дуже важливий. Діяльність машинобудівного підприємства в перспективному періоді характеризується системою основних економічних показників, які в агрегованому вигляді характеризують інноваційний розвиток. Тому при побудові економіко-математичної моделі доцільно використовувати принцип агрегованості, який дасть змогу зосередити увагу на ключових показниках інноваційного розвитку машинобудівного підприємства. Цей принцип диктує вибір основних показників моделі, які в загальному вигляді відображають основні напрями розвитку підприємства. Власне розрахунки являють

² Єрина А.М. Статистичне моделювання та прогнозування. — К.: КНЕУ, 2001. — 170 с.

собою реалізацію економіко-математичної моделі. Тому другим методологічним принципом побудови моделі є її здатність до реалізації. При цьому основною вимогою до втілення в життя цього принципу повинна бути порівняна простота розрахунків, яка дає можливість за короткий час отримати багато варіантів рішень та вибрати з них оптимальне. В моделі, що відображає основні напрями перспективного розвитку, слід передбачити можливість оцінки впливу розрахованих параметрів на основні показники діяльності підприємства. З цією метою в модель доцільно ввести так звані керуючі параметри, а також керовані, які відображають різні варіанти управлінських рішень. У цьому відбивається сутність третього методологічного принципу — керованість моделі.

На *четвертому етапі* будується економіко-математична модель, обираються метод і програма для проведення конкретних розрахунків за цією моделлю, розробляються програми для видачі результатів розрахунків. Побудова економіко-математичної моделі зводиться до модифікації однієї з відомих моделей відповідно до умов конкретної ситуації, тобто постановка задачі й вихідна інформація визначають параметри моделі.

У багатьох задачах доводиться стикатися із проблемою прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності. Й апарат теорії ігор саме призначений для прийняття оптимальних рішень в умовах невизначеності³. В теорії ігор розглядаються моделі конфліктних ситуацій. Реальні конфліктні ситуації досить складні, тому результат конфлікту залежить від багатьох факторів. Щоб уможливити математичний аналіз конфліктної ситуації, потрібно створити таку її модель, яка враховувала би вплив основних факторів та ігнорувала другорядні. Така спрощена модель називається грою. Основною метою теорії ігор є знаходження розв'язку гри, тобто визначення для кожної зі сторін конфлікту оптимальної стратегії й ціни гри. Дії учасників називаються стратегіями або чистими стратегіями. Оптимальною вважається стратегія, яка забезпечує одній зі сторін конфлікту максимально можливий середній вигравш (або мінімально можливий середній програш) незалежно від дій другої конфліктуючої сторони. Ціною гри є вигравш (програш), який відповідає оптимальним стратегіям обох сторін конфлікту. Якщо одна сторона конфліктної ситуації виграє за рахунок другої (тобто вигравш однієї сторони дорівнює програшу другої), то така гра є антагоністичною.

На *п'ятому етапі* головною вимогою є оперативність і ефективність здійснюваних розрахунків.

Шостий етап потрібен для вироблення практичних рекомендацій щодо вибору оптимальної стратегії для конкретного підприємства.

При управлінні процесами розвитку машинобудівного підприємства потрібно враховувати різні фактори: цілі й інтереси керівництва та персоналу; вимоги й обмеження, визначені технологією виробництва й реалізацією продукції; вимоги

³ Малік Г.С. Основи економіки і математичні методи в плануванні. — М.: Вища шк., 1988. — 280 с.

економічного середовища ринкових відносин. Головна особливість планування інноваційного розвитку підприємства полягає в тому, що ці фактори мають різні джерела й між ними виникають суперечності⁴. Будь-яке підприємство в ході виробничо-господарської діяльності отримує прибуток, який виступає узагальнюючим фінансовим критерієм результативної діяльності підприємства завдяки тому, що розподіляється між усіма учасниками конфліктної ситуації у формі зарплати, процентів за залучений капітал, дивідендів і податків. При цьому частина прибутку (чистого) може використовуватися підприємством для його подальшого розвитку. В ролі конфліктуючих сторін можуть виступати: ринок, персонал і власники підприємства, постачальники капіталу (власного чи залученого) та ін. Вони й формують напрями розподілу прибутку. Стає очевидним, що процес прийняття управлінських рішень залежатиме від конкретних дій кожного з учасників конфліктної ситуації.

Нами поставлено завдання, що полягає у знаходженні оптимального варіанта стратегії випуску машинобудівної продукції, збут якої на ринку забезпечував би підприємству максимізацію прибутків. Сутність запропонованої методики полягає в тому, що при детермінованому попиті споживачів (попит, що існує постійно на певному проміжку часу та який можна вирахувати) на машинобудівну продукцію нескладно вибрати ті види економічної діяльності, які забезпечували б зростання прибутків і мінімізацію витрат підприємства⁵.

Враховуючи те, що на ринку промислової продукції в Україні існує певна невизначеність попиту, задача вибору стратегії оптимального розподілу на ринку машинобудівної продукції може бути подана як антагоністична гра $G(X, Y, K)$, де X — множина можливих дій, які забезпечують певний рівень прибутковості підприємства, Y — множина можливих змін на ринку, K — функція корисності підприємства.

Позначимо через P_i загальний прибуток підприємства, отриманий унаслідок реалізації на ринку машинобудівної продукції i -го виду продукції ($1 \leq i \leq m$, де m — загальна кількість видів економічної діяльності), а через C_i — витрати, пов'язані з виготовленням і реалізацією на ринку машинобудівної продукції i -го виду продукції.

Якщо рядки матриці відповідають можливим стратегіям машинобудівного підприємства, то стовпці — стратегіям ринку, який можна вважати другим гравцем. Надалі вважатимемо, що рядковий гравець намагається максимізувати свій вигравш, а відповідно стовпцевий — мінімізувати свій програвш. Аби це було можливим, підприємству чи ринку потрібно застосовувати не одну, а декілька чистих стратегій, комбінації яких становлять змішані стратегії учасників конфлікту⁶.

⁴ Сінчалова І. Планування розвитку підприємства // Компаньйон. — 2002. — № 1. — С. 35—37.

⁵ Юринець В.Є., Жмуркевич А.Є. Вибір стратегії випуску готової продукції підприємствами в умовах невизначеного ринку // Регіональна економіка України. — 1998. — № 1. — С. 20—26.

⁶ Дзюбин Г.Н., Суздаль В.Г. Основи прикладної теорії ігор. — М.: Наука, 1981. — 250 с.

Нехай матриця виграшів W для машинобудівного підприємства має вигляд:

$$W = \begin{bmatrix} P_1 & -C_1 & \dots & -C_1 \\ -C_2 & P_2 & \dots & -C_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -C_m & -C_m & \dots & P_m \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Тобто вважатимемо, що ринок має також m можливих стратегій.

У ході математичних перетворень матриці W (помножимо перший її рядок на певне число q_1 , другий — на q_2 і т. д.) перейдемо до матриці W^* :

$$W^* = \begin{bmatrix} 0 & -f_1 & \dots & -f_1 \\ -f_2 & 0 & \dots & -f_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -f_m & -f_m & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де $f_i = q_i \cdot C_i + P_i$, причому $q_1 \cdot P_1 = q_2 \cdot P_2 = \dots = q_m \cdot P_m = P$. (3)

Припустимо, що таке перетворення не змінить оптимальних стратегій підприємства. Зауважимо, що f_i — від'ємні числа, для яких виконується умова $0 < f_m < f_{m-1} < \dots < f_1$.

Очевидно, що машинобудівне підприємство хоче максимізувати свій очікуваний виграш, а ринок — мінімізувати свої очікувані втрати. Якщо припустити, що стани ринку рівноймовірні, то ймовірність кожного з них буде $\frac{1}{m}$. Тоді, якщо машинобудівне підприємство обере першу стратегію, то очікуваний виграш становитиме $\frac{1}{m} \cdot (0 - f_1 - f_1 - \dots - f_1) = -\frac{m-1}{m} \cdot f_1$, якщо другу, то $-\frac{m-1}{m} \cdot f_2$, і т. д.

Отже, ціна гри визначатиметься з умови $\max_i(-\frac{m-1}{m} \cdot f_i)$, й вона справді буде від'ємною.

Найкраще значення гри для машинобудівного підприємства — це 0. Але ринок завжди буде протидіяти досягненню підприємством цього значення. Наступне значення гри, яке найбільше підходить підприємству, це $-f_m$ (воно найвище серед усіх $-f_i$). Це означає, що оптимальною стратегією для підприємства буде остання m -та стратегія. Вона буде оптимальною чистою стратегією для машинобудівного підприємства тоді, коли ціна гри буде $-f_m$ та якщо знайдеться такий розподіл ймовірностей для ринку $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m$, коли $\varphi_m = 0$ і ціна гри для ринку також буде рівною $-f_m$ (тобто стратегії підприємства й ринку будуть оптимальними). Нехай $U = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m)$ — оптимальні стратегії ринку, тоді $\sum_{i=1}^m \varphi_i = 1$. Очікуваний виграш машинобудівного підприємства при виборі підприємством своєї m -тої

чистої стратегії становитиме: $W^*(m, Y) = -f_m \cdot \sum_{i=1}^{m-1} \varphi_i = -f_m \cdot (1 - \varphi_m) = -f_m$. Очевидно, що при виборі будь-якої іншої стратегії підприємством за умови, що Y — оптимальні стратегії для ринку, очікуваний виграш машинобудівного підприємства буде меншим за оптимальне значення гри (має бути таким).

Отже, $W(j, Y) = -f_j \cdot (1 - \varphi_j) \leq -f_m$, причому ($j = 1, 2, \dots, m - 1$). Тобто $f_j \cdot (1 - \varphi_j) \geq f_m \cdot (1 - \varphi_m) \geq f_m / f_m$, звідси:

$$\varphi_j \leq 1 - \frac{f_m}{f_j}. \quad (4)$$

Тобто оптимальні стратегії ринку повинні задовольняти умовам:

$$+ \begin{cases} \varphi_1 \leq 1 - \frac{f_m}{f_1} \\ \varphi_2 \leq 1 - \frac{f_m}{f_2} \\ \dots \\ \varphi_{m-1} \leq 1 - \frac{f_m}{f_{m-1}} \end{cases} \Rightarrow 1 \leq m - 1 - f_m \cdot \left(\sum_{i=1}^{m-1} \frac{1}{f_i} \right), \text{ причому } (i = 1, 2, \dots, m - 1). \quad (5)$$

Очікуваний програш ринку при виборі машинобудівним підприємством своєї m -тої чистої стратегії також дорівнює $-f_m$, оскільки ринок не використовує власної m -тої стратегії, а тільки $(m - 1)$ перших стратегій.

Отже, машинобудівне підприємство має оптимальну чисту стратегію m -ту, а стратегію ринку можна знайти, якщо підібрати φ_i так, аби задовольнялися умови (4).

$$\varphi_i \leq 1 - \frac{f_m}{f_i}, \quad (1 \leq i \leq m - 1), \quad \sum_{i=1}^m \varphi_i = 1. \quad (6)$$

Тоді легко переконатися, що ціна гри для обох гравців буде $-f_m$. Якщо нерівності (5) не виконуються, то й машинобудівне підприємство, й ринок мають оптимальні змішані стратегії, в яких використовуються всі чисті стратегії з деякими додатними ймовірностями.

Нехай оптимальні стратегії для ринку дорівнюють $Y = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m)$, тоді очікуваний виграш машинобудівного підприємства буде $\sum_{i=1}^m \varphi_i = 1$. Якщо реалізується перша стратегія:

$$0 \cdot \varphi_1 - f_1 \cdot \varphi_2 - f_1 \cdot \varphi_3 - \dots - f_1 \cdot \varphi_m = -f_m \cdot \sum_{i=2}^m \varphi_i = -f_1 \cdot (1 - \varphi_1).$$

Якщо реалізується друга стратегія:

$$-f_2 \cdot \varphi_1 + 0 \cdot \varphi_2 - f_2 \cdot \varphi_3 - \dots - f_2 \cdot \varphi_m = -f_2 \cdot (1 - \varphi_2) \text{ і т. д.}$$

Для довільної j -тої стратегії маємо:

$$-f_j \cdot (1 - \varphi_j) = v, \quad (1 \leq j \leq m), \text{ де } v \text{ — оптимальне значення гри.}$$

$$\text{Отже, } \varphi_j = 1 + \frac{v}{f_j}, \quad (1 \leq j \leq m),$$

$$\text{то } \sum_{j=1}^m \varphi_j = m + v \cdot \sum_{j=1}^m \frac{1}{f_j} = 1 \Rightarrow v \cdot \sum_{j=1}^m \frac{1}{f_j} = 1 - m;$$

$$v = \frac{1 - m}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{f_j}}. \quad (7)$$

Підставимо значення v у формулу (7) та отримаємо:

$$\varphi_j = 1 + \frac{1 - m}{f_j \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}} = \frac{1 - m + f_j \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}}{f_j \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}}, \quad (1 \leq j \leq m). \quad (8)$$

Легко переконатися: хоч би яку стратегію обрало машинобудівне підприємство, його очікуваний вигравш дорівнюватиме значенню гри v .

Наприклад, для першої стратегії:

$$\begin{aligned} 0 \cdot \varphi_1 - f_1 \cdot \left(1 + \frac{1 - m}{f_2 \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}}\right) - f_1 \cdot \left(1 + \frac{1 - m}{f_3 \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}}\right) - \dots - f_1 \cdot \left(1 + \frac{1 - m}{f_m \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}}\right) &= -f_1 \cdot (m - 1) - \\ - \frac{f_1 \cdot (1 - m)}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}} \cdot \left(\frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \dots + \frac{1}{f_m}\right) &= -f_1 \cdot (m - 1) \cdot \left[1 - \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}} \cdot \left(\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \dots + \frac{1}{f_m} - \frac{1}{f_1}\right)\right] = \\ = -f_1 \cdot (m - 1) \cdot \frac{\sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_3} - \dots - \frac{1}{f_m}}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}} &= \frac{-f_1 \cdot (m - 1)}{f_1 \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}} = \frac{1 - m}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}} = v. \end{aligned}$$

Так само для інших стратегій.

Тепер можна показати, що оптимальна змішана стратегія машинобудівного підприємства задається ймовірностями:

$$X = (\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m), \text{ де } \psi_j = \frac{1}{f_j \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}} \quad (1 \leq j \leq m). \quad (9)$$

Тоді за будь-якої стратегії ринку його очікуваний програвш буде рівний ціні гри v . Справді для другої стратегії:

$$-f_1 \cdot \frac{1}{f_1} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i} + 0 \cdot \psi_2 - f_3 \cdot \frac{1}{f_3} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i} - \dots - f_m \cdot \frac{1}{f_m} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i} = -\frac{(m-1)}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}} = \frac{1-m}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}} = v. \quad (10)$$

Аналогічні перетворення проведено для інших стратегій. Тоді значення змішаної стратегії машинобудівного підприємства можна знайти за формулою:

$$\psi_j = \frac{1}{f_j \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{f_i}}. \quad (11)$$

На основі поданої вище економіко-математичної моделі здійснено пошук оптимального варіанта стратегії випуску машинобудівної продукції, збут якої на ринку забезпечить підприємству максимізацію прибутків. Як об'єкт дослідження обрано ТЗОВ "Завод газового обладнання Альфа-Газпромкомплект" (м. Тернопіль). Вихідною інформацією для такого пошуку є статистична інформація підприємства щодо випуску трьох груп продукції: машин для інших галузей, кранів запірних кульових (КЗК), металоконструкцій у 2007 році. Оскільки запропонована методика вимагає проведення значних обсягів математичних розрахунків, нами використовувалася комп'ютерна програма Excel (табл.).

Таблиця. Статистична інформація ТЗОВ "Завод газового обладнання Альфа-Газпромкомплект" щодо випуску трьох груп продукції, тис. грн

Показник	Виробництво машин для інших галузей	Виробництво КЗК	Виробництво металоконструкцій
Прибуток від реалізації продукції (в т. ч. інноваційної)	12 030,6	1405,0	225,0
Витрати на виробництво й реалізацію продукції	8611,7	865,0	120,9
Соціальний результат праці	1656,2	257,6	23,2

Джерело: складено авторами на підставі даних статистичної звітності ТЗОВ "Завод газового обладнання Альфа-Газпромкомплект".

Практична апробація запропонованої економіко-математичної моделі здійснювалася для двох варіантів вихідних даних:

I. P_i — загальний прибуток підприємства, отриманий унаслідок реалізації на ринку машинобудівної продукції i -го виду продукції;

C_i — витрати, пов'язані з виготовленням і реалізацією машинобудівної продукції i -го виду на ринку.

II. P_i — загальний прибуток підприємства, отриманий унаслідок реалізації на ринку машинобудівної продукції i -го виду продукції;

C_i — соціальні витрати підприємства, за які обрано фонд оплати праці.

У результаті проведених обчислень знайдено значення показників змішаної стратегії машинобудівного підприємства. Якщо факторний показник — загальні витрати підприємства, то оптимальні частки продукції трьох зазначених видів (машин для інших галузей, КЗК, металоконструкцій) у асортименті на майбутній період становлять $\psi_1 = 35,1$, $\psi_2 = 33,4$, $\psi_3 = 31,5$, а якщо факторний показник — соціальні витрати підприємства, то $\psi_1 = 33,0$, $\psi_2 = 32,1$, $\psi_3 = 34,5$.

У першому випадку очікуваний прибуток, розрахований згідно з формулою (7), становитиме 6495,2 тис. грн, у другому — 6493,4 тис. грн. Порівнюючи обидва варіанти розвитку подій, слід зазначити, що варіація процентних співвідношень випуску машинобудівної продукції незначно відрізняється (приблизно 1–3 %), а це свідчить про взаємоузгодженість економічної й соціальної політики підприємства.

Підбиваючи підсумки, зазначимо:

1. Застосування наукових підходів і методів для формування стратегії соціально-економічного розвитку машинобудівного підприємства зумовлене гострою потребою в поєднанні науки (в нашому випадку — економіко-математичних моделей) із практичною діяльністю підприємства.

2. Теорія скінчених антагоністичних ігор дає змогу приймати оптимальні рішення в конфліктних ситуаціях, що виникають у ході діяльності будь-якого підприємства.

3. Завдяки використанню теорії ігор вдалося знайти оптимальний варіант стратегії випуску машинобудівної продукції, збут якої на ринку забезпечить підприємству максимізацію прибутків. Для досліджуваного машинобудівного підприємства складено матриці виграшів, які в ході математичних перетворень дали змогу отримати формули для обчислення показників змішаної стратегії й величини очікуваного прибутку.

4. Перевірка викладеного в роботі економіко-математичного підходу на прикладі ТзОВ “Завод газового обладнання Альфа-Газпромкомплект” показала, що запропонована модель дає змогу оптимізувати прибуток залежно від двох факторних показників — загальних витрат, пов’язаних із виготовленням і реалізацією машинобудівної продукції i -го виду на ринку, та соціальних витрат, які відображають дохід працівників у вигляді фонду оплати праці.