

ІНФОРМАТИКА, ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ

УДК 519.7, 551.510

**В.В. Акіменко, д.т.н., проф.
І.І. Сугоняк, аспір.**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

В роботі на основі проведеного системного аналізу інноваційних процесів підприємств побудовано комплексну формалізовану математичну модель підтримки прийняття рішень з оптимального керування життєвим циклом інноваційної продукції підприємства, що використовується для побудови відповідної комп'ютеризованої системи підтримки прийняття рішень.

Основною **метою** дослідження є побудова динамічної замкненої моделі, що може бути використана в СППР інноваційної діяльності підприємства.

Завданням даної роботи є:

- аналіз процесу інноваційної діяльності підприємства та заходів щодо визначення його ефективності;
- огляд існуючих підходів до моделювання інноваційних процесів;
- побудова замкненої динамічної моделі, що дозволить проведення комплексного аналізу ефективності інноваційної діяльності підприємств як в режимі прогнозування, так і в режимі реального часу;
- визначення керуючих впливів моделі в процесі впровадження нового продукту.

Предметом дослідження в даній статті є процес моделювання інноваційних процесів та супроводження діяльності підприємства під час інноваційних процесів.

Аналіз літератури. Інновація – матеріалізований результат, що отриманий від вкладення капіталу в нову техніку або технології, в нові форми організації виробництва, праці, обслуговування та управління, включаючи нові форми контролю, обліку, методи планування, прийоми аналізу та інші [1]. Моделювання інноваційних процесів у наш час проводиться в основному за трьома напрямками: моделювання виробничих процесів підприємства-інноватора, моделювання фінансового забезпечення інноваційних процесів, моделювання поширення інновацій та вплив на них факторів зовнішнього та внутрішнього середовища.

Під моделюванням виробничих процесів ми розуміємо спроби спрогнозувати рух матеріальних ресурсів та оновлення основних засобів у процесі виробництва інноваційного продукту або впровадження інноваційних технологій. Моделі даного класу розглянуті у роботах [2], [3]. Проблемам забезпечення будь-якого інноваційного проекту фінансовими ресурсами приділяється значна увага в наукових працях [5], [6]. В реаліях ринкової економіки важливим також є своєчасне повернення коштів у вигляді доходу від проданого інноваційного продукту. За змістом існуючі моделі інноваційних процесів можна умовно поділити на два види: 1) моделі, що водночас аналізують ефективність маркетингової і збутової діяльності та відтворюють рух фінансових ресурсів [9], [12], [13], [14]; 2) імітаційні моделі, що дозволяють спрогнозувати рух фінансових засобів у комерційній діяльності підприємства [9].

Найбільш формалізованою галуззю теорії науково-технічного розвитку та інновацій є концепція дифузії інновацій, яка базується на прогнозних показниках динаміки розповсюдження інновацій залежно від стану та змін зовнішнього середовища [2], [11], [15]. Дані моделі носять більш теоретичний характер та розглядають вплив макро- та мікросередовища на інноваційні процеси. Такі моделі використовують кінетичні рівняння типу «народження–загибель», що застосовуються у популяційній екології для визначення впливу на інноваційний процес виробників, розповсюджувачів, споживачів та аналогічних продуктів [11], [15].

Огляд існуючих підходів щодо аналізу, прогнозування та керування інноваційними системами виявляє, що не один з них не розглядає замкнені динамічні моделі процесів інноваційної діяльності підприємства з урахуванням зворотних інформаційних зв'язків, з використанням сучасних кібернетичних методів обробки даних структурованого та неструктурованого типів, методів оптимального керування та прийняття рішень. Слід зазначити, що зазначені підходи утворюють необхідну теоретичну базу, яка використовується в даній роботі для проведення системного аналізу даної проблематики, створення комплексної математичної моделі інноваційної діяльно-

сті підприємства та розробки СППР для оцінки ефективності інноваційних проєктів, підтримки та супроводження процесу інноваційної діяльності підприємства.

В даній роботі запропоновано замкнену динамічну модель аналізу ефективності інноваційних проєктів та супроводження діяльності підприємства протягом життєвого циклу інновації, зроблено необхідні висновки щодо доцільності реалізації моделі у прикладній СППР.

Загальний аналіз системи. Метою впровадження інноваційних продуктів на підприємстві є підтримка конкурентоспроможності підприємства на ринку та забезпечення його фінансової стабільності та розвитку. Інновації виконують три функції: відтворюючу (інновація являє собою важливе джерело фінансування розширеного відтворення); інвестиційну (прибуток від інновацій може бути спрямований на фінансування нових інновацій); стимулюючу (отримання прибутку є кінцевою метою будь-якого підприємства, отримання прибутку від інновацій заохочує підприємця до нових інновацій). Систему впровадження нового продукту на підприємстві можна розглядати з точки зору організаційних відносин і зв'язків між явищами і процесами (рис. 1).



Рис. 1. Загальна схема інноваційного процесу

Інноваційні проєкти промисловості розглядаються за наступними критеріями: мінімізація терміну розробки та впровадження нових продуктів, підтримка існуючого рівня або підвищення рівня якості продукції, відповідність продукту сучасним маркетинговим вимогам та умовам стандартизації, мінімізація витрат на модернізацію та оновлення виробництва в зв'язку із випуском нової продукції, прискорення окупності вкладених капіталів.

Зовнішнє середовище організації, що здійснює інноваційну діяльність, характеризується як сукупність факторів, що знаходяться за межами підприємства та здійснюють на нього відповідний вплив. Зовнішні фактори поділяють на:

- фактори прямої дії, тобто ті, що безпосередньо впливають на діяльність організації і залежать від цієї діяльності (конкуренти, система економічних відносин у державі, споживачі, державні органи влади, законодавчі акти, партії та інші громадські організації, профспілки);
- фактори непрямої дії, тобто вони впливають не безпосередньо, а через механізми й взаємини (стан економіки, особливості економічних відносин, стан техніки та технології, соціально-культурні обставини, політичні обставини, міжнародне оточення, НТП, міжнародні події тощо) [3].

Внутрішнє середовище організації визначається внутрішніми змінними, тобто ситуаційними факторами всередині організації. Основними внутрішніми змінними в будь-якій організації є цілі, структура, завдання, технологія, люди та культура. Аналіз і прогнозування параметрів розвитку ОВС неможливий без врахування впливу дії зовнішніх факторів. Загальну схему процесу прийняття рішень щодо впровадження інновацій наведено на рис. 2.



Рис. 2. Склад та зміст досліджень у процесі впровадження інноваційного проєкту на підприємстві

На етапі обґрунтування впровадження інноваційного продукту проводиться такі дії: дослідження ринку, визначення конкурентного середовища, вивчення продукції конкурентів, встановлення вимог до продукції.

На етапі оцінки потенціалу підприємства розглядається: наявність необхідних фінансових ресурсів для впровадження нововведення, наявність джерел для залучення додаткових фінансових ресурсів, економічні характеристики підприємства.

На етапі оцінки ресурсного потенціалу підприємства розглядається: існування необхідного технологічного резерву для впровадження нововведень, визначення заходів щодо модернізації

виробництва, аналіз наявного забезпечення ресурсами (трудовими, матеріальними, фінансовими).

На етапі вибору альтернативного проекту проводиться: аналіз одноразових та поточних витрат, аналіз джерел та шляхів покриття витрат, аналіз окупності та доходності варіантів проекту, аналіз ризику та невизначеності, аналіз впливу зовнішніх факторів на проектне рішення, визначення загальної ефективності проекту.

Визначення прогностичних показників містить: прогнозування можливих наслідків, визначення можливих станів системи, визначення контрольних значень для параметрів роботи системи з метою подальшого контролю та відстеження проблем, що виникнуть на етапах реалізації проекту.

Контроль за діяльністю системи та підтримка прийняття рішень при керуванні процесами включає: розрахунок параметрів робочої системи, порівняння фактичних параметрів роботи системи та їх планових значень, повідомлення про відхилення та характеристика відхилень (незначні, суттєві, критичні), надання рекомендацій ЛПР щодо нормалізації ситуації та аналіз запропонованих ЛПР варіантів вирішення проблеми.

Інноваційний процес містить у собі: зародження ідеї та початкової версії інноваційного проекту, проведення маркетингових досліджень, оцінка економічної ефективності проекту, освоєння проекту, його комерційна реалізація та просування інновації. Інноваційний проект може бути ліквідовано на кожному з цих етапів, через складність подолання кожного етапу відтворення. Тому визначення оптимальної стратегії інноваційної діяльності та правильний вибір варіанту проекту є першочерговим завданням. Інноваційне оновлення виробництва нерозривно пов'язане з його моделюванням, яке, в свою чергу, є невід'ємною частиною аналітичного апарату сучасної організації.

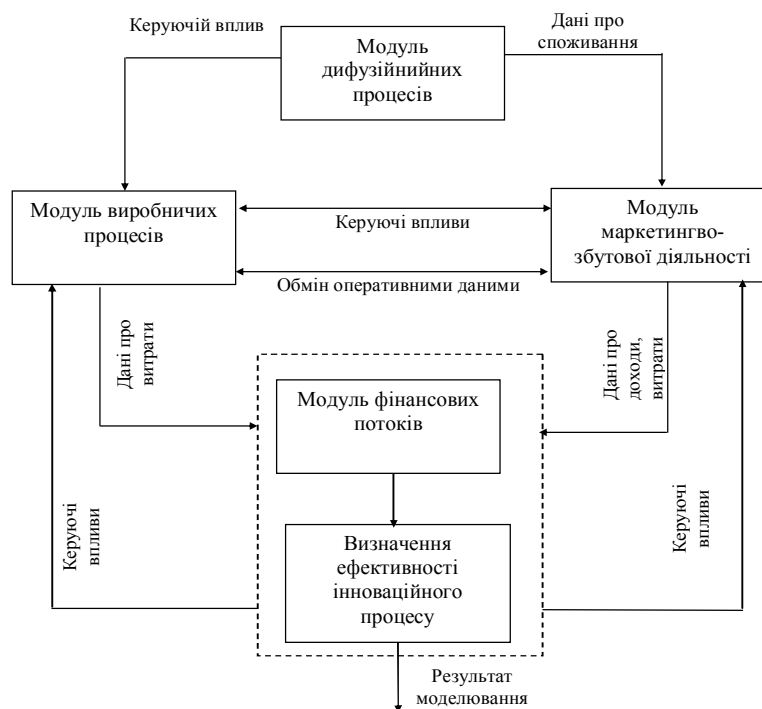


Рис. 3. Структура моделі визначення ефективності інноваційного процесу на підприємстві

Аналіз моделі оцінки ефективності інноваційного проекту. Модель інноваційного процесу повинна забезпечувати користувача не тільки прогностичними та плановими значеннями показників ефективності, а й здійснювати контроль поточних результатів під час реалізації проекту. Необхідно враховувати вплив зовнішнього середовища, зокрема конкурентоспроможність інноваційного продукту та дифузійні процеси. Окрім того, дана модель повинна враховувати фактори невизначеності та ймовірності настання події. Це пов'язано з основною проблемою моделювання інноваційних процесів – нечіткістю та суб'єктивністю вхідної інформації. Можна запропонувати таку модель прийняття рішень щодо ефективності впровадження інноваційних проектів (рис. 3).

Детального розгляду потребують окремі блоки запропонованої моделі.

Модуль 1. Моделювання дифузійних(еволюційних) процесів. Метою моделювання дифузійних процесів є: оцінка взаємного впливу однорідних інновацій, прогнозування життєздатності досліджуваної інновації, оцінка швидкості поширення досліджуваної інновації залежно від наявної кількості суб'єктів ринкових відносин. Модуль дифузійних процесів зображено на рис. 4.

Вхідні параметри модуля: n – кількість інновацій; $k = \{k_1, \dots, k_n\}$ – коефіцієнти внутрішньої інноваційної конкуренції, $\beta = \{\beta_1, \dots, \beta_n\}$ – коефіцієнти міжінноваційної взаємодії ($0 \leq \beta_i \leq 1$), $\lambda = \{\lambda_1, \dots, \lambda_n\}$ – коефіцієнти інноваційної дифузії, $\mathbf{B} = \{b_{rz}\}$, $\mathbf{D} = \{d_{rs}\}$ – матриці коефіцієнтів виникнення і виходу з ринку реципієнтів досліджуваної інновації ($r = \overline{1,3}$; $z = \overline{0,2}$; $s = \overline{0,1}$). Наведені коефіцієнти визначаються за даними досліджень динаміки відповідного сегменту ринку. $\gamma = \{\gamma_1, \dots, \gamma_n\}$ – прогнозні обсяги ринку інновацій (γ_i – місткість ринку i -ї інновації).

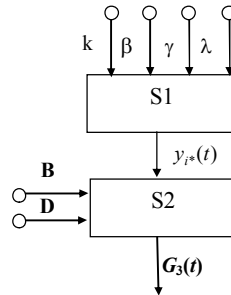


Рис. 4. Модуль дифузійних процесів

Вихідні параметри модуля: $y = \{y_1(t), \dots, y_n(t)\}$ –максимально можливий обсяг споживання продукту реципієнтами – особами, здатними адаптувати i – інновацію в момент часу t , $y_i \cdot(t)$ – прогнозовані обсяги споживання реципієнтами досліджуваної інновації в момент часу t . $G(t) = \{G_1(t), G_2(t), G_3(t)\}$ – параметри досліджуваної інновації, де $G_1(t)$ – обсяги виробництва продукції в момент часу t (з врахуванням норм споживання інноваційного продукту), $G_2(t)$ – обсяги розповсюдження в момент часу t , $G_3(t)$ –обсяги споживання інновації в момент часу t .

При вивченні процесу спільної дифузії n інновацій в блоці S1 за основу можна взяти таку систему початково-крайових нелінійних задач [12]:

$$\frac{dy_i}{dt} = k_i y_i \left(\gamma_i - y_i - \beta_i \sum_{j=1, j \neq i}^n y_j \right) + \lambda_i \sum_{j=1, j \neq i}^n \frac{\partial^2 y_j}{\partial x_{ij}^2}, \quad (i = \overline{1, n}) \quad y_i|_{t=0} = y_i^0, \quad \frac{\partial y_i}{\partial x_{ij}} \Big|_{x_{0,ij}} = 0 \quad (1)$$

де γ_i – місткість ринку i -ї інновації, $(\gamma_i - y_i)$ – обсяги споживання, які можна ще залучити, x_{ij} – просторова змінна розповсюдження i -ї інновації $x_{ij} \in [0; l_{ij}]$, (l_{ij} – відстань між центрами продукування i -ї та j -ї інновацій, $i \neq j$). Приріст обсягів споживання інновації пропорційний числу зустрічей між прихильниками новинки й тими, що сумніваються – $y_i \cdot (\gamma_i - y_i)$.

Розглядати спільну динаміку виробництва, розповсюдження і споживання досліджуваної інновації (блок S2) доцільно на основі кінетичних рівнянь типу «народження–загибель», що використовуються у популяційній екології [12]:

$$\begin{cases} \dot{G}_1 = (b_{10} - d_{10} - d_{11}G_1 + b_{11}G_2 + b_{12}G_3)G_1; \\ \dot{G}_2 = (b_{20} - d_{20} - d_{21}G_2 + b_{21}G_1 + b_{22}G_3)G_2; \\ \dot{G}_3 = (b_{30} - d_{30} - d_{31}G_3 + b_{31}G_1 + b_{32}G_2)G_3; \\ G_1|_{t=0} = G_1^0, G_2|_{t=0} = G_2^0, G_3|_{t=0} = G_3^0. \end{cases} \quad (2)$$

Припинення процесу прогнозування характеристик інноваційного продукту відбувається за умовами насиченості ринку даним видом продукції:

$$y_i \cdot(t) \leq G_1(t) \quad (3)$$

Умова (3) визначає стадію спаду в життєвому циклі інновації.

Таким чином, моделі (1), (2) визначають необхідний набір прогнозних значень для основних характеристик поширення інноваційного продукту – $y_i \cdot(t)$ та вектор $G(t)$.

Модуль 2. Моделювання виробничих процесів. За результатами моделювання виробничих процесів вирішуються такі задачі: визначення можливої потужності виробництва та часу виходу на максимальну потужність; визначення виробничих витрат; визначення виробничої собівартості виробу; визначення оптимального інноваційного проекту. Модуль виробничих процесів можна представити за допомогою схеми (рис. 5).

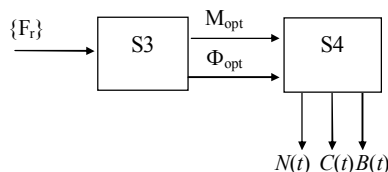


Рис. 5. Модуль виробничих процесів

Вхідні параметри модуля 2: $\{F_r\}$ – множина проектів реалізації досліджуваної інновації.

На виході модуля 2 визначається: $F^* = \{\Phi_{opt}; M_{opt}\}$ – оптимальний проект (Φ_{opt} – технологічні параметри досліджуваної інновації за оптимальним проектом, M_{opt} – базові вартісні параметри за оптимальним проектом); $N(t)$ – обсяг виробництва інноваційної продукції досліджуваним підприємством; $C(t)$ – собівартість інноваційного продукту; $B(t)$ – витрати на виробництво інноваційного продукту.

Ефективність інноваційного проекту в блоці S3 оцінюється для вибору найкращого проекту та прийняття одного з рішень: f_1 – відхилення проекту, f_2 , – впровадження після доробки, f_3 – впровадження. Для даної моделі використовується метод аналізу ієрархій Сааті [6], [16].

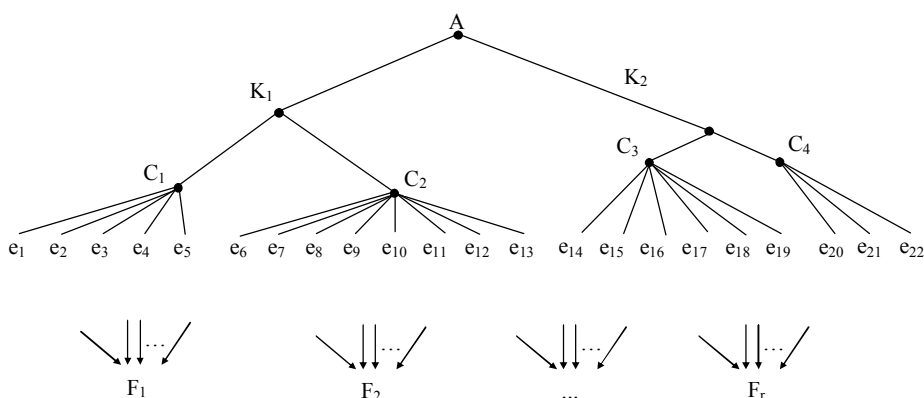


Рис. 6. Ієрархічна модель вибору оптимального інноваційного проекту

Позначимо через A інтегральну оцінку якості інноваційного проекту. Визначення даного показника i -го проекту проводиться за критеріями: K_1 – рівень підприємства, K_2 – рівень проекту.

K_1 оцінюється показниками: C_1 – рівень інноваційної культури підприємства (e_1 – кваліфікація персоналу, e_2 – адійність, e_3 – рівень керування, e_4 – досвід роботи із впровадження інновацій, e_5 – рівень готовності трудового колективу до нововведень) та C_2 – фінансово-економічний рівень підприємства (e_6 – рентабельність активи підприємства, e_7 – рентабельність власного капіталу підприємства, e_8 – коефіцієнт придатності основних засобів, e_9 – коефіцієнт оборотності обігових засобів, e_{10} – коефіцієнт окупності витрат, e_{11} – співвідношення власних засобів до позикових засобів, e_{12} – повертаємість вкладених коштів, e_{13} – рівень ліквідності підприємства з врахуванням плануємого залучення капіталу).

K_2 оцінюється показниками: C_3 – соціальний вплив проекту (e_{14} , – масштаб проекту, e_{15} – новизна проекту, e_{16} – пріоритетність напрямку, e_{17} – ступінь пророблення, e_{18} – правова захи-

щеність, e_{19} – екологічний рівень) та (C_4 – фінансово-економічний рівень проекту включає: e_{20} – очікуваний рівень доходності, e_{21} – строк окупності, e_{22} – рівень ризикованості проекту).

Взаємозв'язку прийнятих показників якості інноваційного проекту відповідає наступна ієрархічна модель (рис. 6).

Найкращий проект обирається з множини існуючих проектів за формулою (4):

$$F^* = \operatorname{argmax}_r [\chi(F_r)] , \tag{4}$$

де $\chi(F_r)$ – показник ефективності запропонованих інноваційних проектів. Після вибору оптимального проекту числове значення $f(\chi(F^*))$ оцінюється за такою шкалою (рис. 7) та приймається рішення про його впровадження.

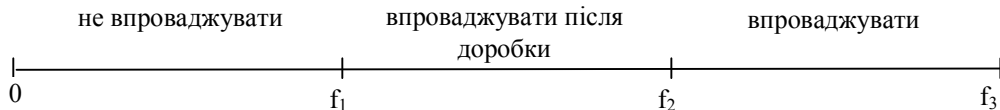


Рис. 7. Базова шкала оцінки оптимального рішення

При позитивному рішенні про впровадження проекту порівнюється максимальна виробнича потужність даного виробництва з виробничою програмою оптимального інноваційного проекту (блок S4), визначаються виробнича собівартість та витрати на виробництво продукції.

Виробнича потужність кожної технологічної операції для нової продукції:

$$N_i(t) = T / t_i \cdot q_i , \tag{5}$$

де i – індекс операції ($i = \overline{1, n}$, n – кількість операцій, з яких складається технологічний процес виготовлення продукції) t_i – норма часу на виробництво одиниці продукції на i -й операції, хв.; q_i – кількість обладнання, що використовується при виконанні i -тої операції, шт.; T – корисний час, що може бути витрачений в плановому періоді на виробництво інноваційної продукції, хв. Показники $\{q_i; t_i\}$ визначаються у масиві Φ_{opt} .

Перехід на виробництво нової продукції відбувається поступово через паралельне згортання виробництва старої продукції. Для визначення виробничої потужності позначимо $f_{old}(t)$ – частку виробництва продукту, зробленого по старій технології за час t , а $f_n(t)$ – частку виробництва, що «захоплена» новою технологією за час t ($f_{old}(t) + f_n(t) = 1$). Для визначення $T = f_n(t)$ доцільно розглянути модель виду [7]:

$$\ln f_n(t) / (1 - f_n(t)) = \tau \ln 9 , \tag{6}$$

де $\tau = 2(t - t_{old}) / t_n$, t_{old} – час, за який половина продукції починає випускатись за новою технологією, $f_n(t_{old}) = 0,5$; $t_n = t_2 - t_1$ – час, за яке здійснюється перехід від $f_n(t_1) = 0,1$ до $f_n(t_2) = 0,9$.

Загальна виробнича потужність (обсяг виготовлення продукції в момент часу t) визначається через мінімум пропускної спроможності i -ї операції:

$$N_v(t) = \min_i (N_i(t)) . \tag{7}$$

Витрати на виробництво нової продукції $B(t) = f(M, \Phi, N(t))$ розраховуються за методикою, що наведена в [1–3].

Собівартість продукції з урахуванням можливих обсягів виробництва:

$$C(t) = B(t) / N(t); N(t) = \min [N_v(t); N_F(t)] . \tag{8}$$

В (8) обсяг виробництва за оптимальним інноваційним проектом ($N_F(t)$) коригується на виробничу потужність підприємства.

Отримані дані можуть бути використані як прогностні або для підтримки прийняття рішень при реалізації проекту.

Модуль 3. Моделювання маркетингово-збутової діяльності. Завданням моделювання збутової діяльності є визначення: можливих обсягів витрат на ефективну маркетингову підтримку інноваційного проекту, реалізаційної ціни інноваційного продукту, очікуваного обсягу реалізації, граничних меж доходності підприємства. Загальна структура блока зображена на рис. 8.

Вхідними параметрами модуля 3 є: r – закладена в оптимальному проекті норма рентабельності продукції, $N_{p_{\min}}$ – мінімально можливий обсяг реалізації продукції (за даними підприємства), $B_{mz_{\min}}$ – мінімальний рівень витрат на маркетинг та збут за даними підприємства (залежать від обраних каналів розподілу продукції та мінімальних витрат на маркетингову підтримку продукції, визначених в проекті або маркетинговим відділом), $D_{fc}(t)$, $B_{mz_{fc}}(t)$ – фактичні значення обсягів реалізації та витрат на маркетингово-збутову діяльність, P_{\min} , P_{\max} – мінімальна та максимальна ціна на аналогічну продукцію у конкурентів, $N(t)$, $C(t)$, $G_3(t)$.

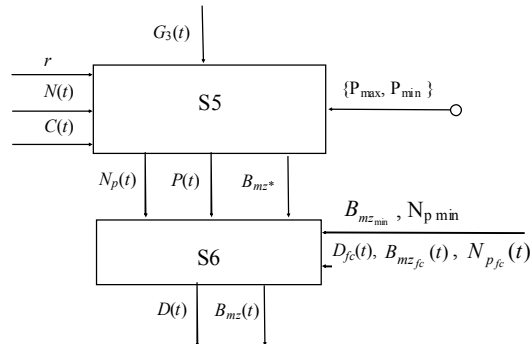


Рис. 8. Модуль маркетингово-збутової діяльності

На виході модуля 3 визначаються: $N_p(t)$ – обсяг реалізації інноваційної продукції підприємством, $B_{mz}(t)$ – витрати на маркетинг та збут, $D(t)$ – доход від реалізації продукції, $P(t)$ – реалізаційна ціна інноваційного продукту, B_{mz^*} – ефективні витрати на маркетинг та збут.

У блоці S5 на основі статистичних даних маркетингових досліджень обраної галузі визначимо ефективні витрати на маркетинг та збут за допомогою регресивної моделі:

$$B_{mz^*} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^2 \alpha_i x_i, x_1 \in [0; G_3(t)], x_2 \in [P_{\min}; P_{\max}]. \quad (9)$$

де x_1 – обсяги реалізації; x_2 – ціна продукції.

Реалізаційна ціна продукції даного підприємства визначається:

$$P(t) = (C(t) + B_{mz}(t)) \cdot (1 + r). \quad (10)$$

У блоці S6 визначаються прогнознi рівні доходів та витрат на маркетинг і збут підприємства, критичні значення обсягів збуту та виробництва.

Доход підприємства обчислюється:

$$D(t) = N_p(t) \cdot P(t) \quad (11)$$

для прогнозування $N_p(t) \in [N_{p_{\min}}; N_{p^*}(t)]$, де $N_{p^*}(t) = G_3(t) / P(t)$, якщо $N(t) \geq G_3(t) / P(t)$, в іншому випадку $N_{p^*}(t) = N(t)$. При реалізації проекту $N_p(t) = N_{p_{fc}}(t)$.

Ефект від виробничо-збутової діяльності можна представити як:

$$Q^*(t) = D(t) - B(t) - B_{mz}(t), B_{mz} \in [B_{mz_{\min}}; B_{mz^*}]. \quad (12)$$

Основними параметрами моделі є обсяги, збуту та витрати на маркетинг та збут. Припустимо, що дані параметри мають рівномірний розподіл ймовірностей у визначених межах. Тоді $M[B_{mz}] = (B_{mz_{\min}} + B_{mz^*}) / 2$; $M[N_p(t)] = (N_{p_{\min}} + N_{p^*}(t)) / 2$. Критичними вважаються значення параметрів моделі, при яких $Q^*(t) \leq 0$.

Такий підхід дозволяє спрогнозувати умови, за яким реалізація проекту є збитковою, відповідність ціни на продукцію $P(t)$ загальноринковому діапазону цін $[P_{\min}; P_{\max}]$ та визначити прогнозу дохідність підприємства $D(t) \in [D_{\min}(t); D_{\max}(t)]$.

При впровадженні проекту прогнознi значення обсягів реалізації та витрат на маркетингово-збутову діяльність замінюються на фактичні значення ($D_{fc}(t)$, $B_{mz_{fc}}(t)$) за результатами діяльності підприємства.

Модуль 4. Моделювання фінансових потоків. Основним завданням моделювання фінансових потоків є визначення: розміру та достатності чистого грошового потоку, ефективності впровадження проекту. Даний модуль зображено на рис. 9.

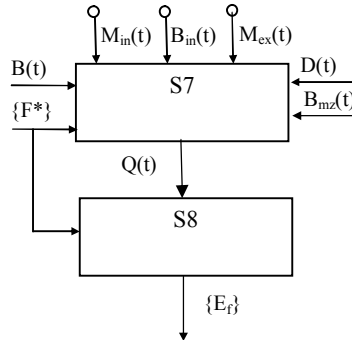


Рис. 9. Модуль фінансових потоків

Вхідні параметри модуля 4 є: $B_s(t) = B(t) + B_{mz}(t)$ – сумарні витрати підприємства, техніко-економічні та фінансові показники оптимального проекту F^* , $M_{in}(t)$ – обсяг зовнішніх капіталовкладень, $B_{in}(t)$ – витрати на обслуговування зовнішніх капіталовкладень, $M_{ex}(t)$ – обсяги вкладення власних коштів, $D(t)$.

Вихідні параметри модуля 4: $Q(t)$ – чистий грошовий потік, E_f – масив показників ефективності інноваційної діяльності.

При моделюванні фінансових потоків у блоці S7 застосовується динамічна модель фінансової діяльності інноваційного підприємства. Рівняння балансу, покладене в основу моделі, описує динаміку грошових обігових коштів під час випуску продукції.

$$\frac{dQ}{dt} = D(t) - B_{in}(t) + M_{in} \cdot \xi(t - t_0) - \frac{B_s(t)}{\tau} - M_{ex}, t \in [t_0; t^*], Q|_{t=0} = Q^0, \quad (13)$$

де t^* визначається при порушенні умови $B_s(t^*) \geq 0$, $\frac{B_s(t)}{\tau}$ – сумарні витрати за один оборот (τ – час обороту); $\xi(t - t_0)$ – частка залишку залучених коштів. В рівнянні (13) відображене тільки однократне одержання кредиту. При одержанні групи кредитів рівняння буде містити відповідно групу членів вигляду $\sum_{k=1}^n M_{in_k} \xi(t - t_{0_k})$, де k – кількість отриманих кредитів. Модель (13) описує різні сценарії розвитку підприємства, включаючи банкрутство.

На основі даних, отриманих за моделлю (13), та базових показників інноваційного проекту можна визначити показники ефективності впровадження проекту (блок S8) – масив $\{E_f\}$:

1) Чистий дисконтований дохід (NPV):

$$NPV = \sum_{t=0}^V (D(t) - B_s(t))(1 + E)^{-t}, \quad (14)$$

де V – горизонт розрахунку, що дорівнює номеру кроку розрахунку, на якому відбувається ліквідація об'єкта; E – норма дисконту;

2) проста норма прибутку на акціонерний капітал (R):

$$R = Q / M_{ex} \cdot 100\%; \quad (15)$$

3) коефіцієнт фінансової автономії проекту (K_{fa}):

$$K_{fa} = M_{in} / M_{ex}; \quad (16)$$

4) коефіцієнт поточної ліквідності (K_l):

$$K_l = O_a / M_{in}, \quad (17)$$

де O_a – сума обігових активів проекту.

5) строк окупності інвестицій в інноваційний проект (T_0):

$$T_0 = (M_{ex} + M_{in}) / Q_y \quad (18)$$

де Q_y – чистий річний прибуток, що отримується в результаті функціонування об'єкта.

Порівнюючи показники 14–18 зі значеннями визначеними в проекті {F*} можна зробити висновок про ефективність інноваційного процесу. Реалізація проекту вважається:

- ефективною, якщо: $NPV \geq NPV^*$; $R \geq R^*$; $K_{fa} \geq K_{fa}^*$; $K_I \geq K_I^*$; $T_0 \leq T_0^*$;
- задовільною, якщо: $NPV \geq NPV^*$; $R \geq R^*$; $T_0 \leq T_0^*$;
- неефективною, якщо $NPV \leq NPV^*$; $R \leq R^*$; $T_0 \geq T_0^*$.

На даному етапі необхідно передбачити можливість керування системою, тобто наявність зворотного зв'язку між блоками побудованої моделі або керуючі впливи.

За даними блока S1 приймається рішення про початок інноваційного проекту, керуючий вплив u . Формально даний процес можна описати таким чином:

$$u = \chi(\dot{y}_i(t)), \tag{19}$$

де $\chi(x)$ – функція Хевісайду.

За даними блоків S6 та S7 може бути здійснено корекцію роботи блока моделювання виробничих процесів, а саме:

- зміна виробничої програми – керуючий вплив $\delta_N(t)$:

$$N(t + \Delta t) = N(t) + \delta_N(t);$$

$$\delta_N(t) = \overset{\text{€}}{N} \cdot (\chi(N_p - N(t)) \cdot \chi(\chi(Q(t)) + \chi(\dot{M}_{in}(t))) - \chi(N(t) - N)), \tag{20}$$

де \tilde{N} – можлива зміна потужності виробництва;

- зміна собівартості виробу за рахунок зміни якісних параметрів – керуючий вплив $\delta_C(t)$:

$$C(t + \Delta t) = C(t) + \delta_C(t);$$

$$\delta_C(t) = \overset{\text{€}}{C} \cdot (\chi(\dot{M}_{opt}(t)) \cdot \chi(\chi(Q(t)) + \chi(\dot{M}_{in}(t))) - \chi(-\dot{M}_{opt}(t))), \tag{21}$$

де \tilde{C} – можлива зміна собівартості виробництва.

За даними блока S7 може відбутися зміна витрат на маркетинг та збут – керуючий вплив $\delta_{bz}(t)$:

$$B_{mz}(t + \Delta t) = B_{mz}(t) + \delta_{mz}(t);$$

$$\delta_{mz}(t) = \overset{\text{€}}{B_{mz}} \cdot (\chi(B_{mz}^* - B_{mz}(t)) \cdot \chi(Q(t)) - \chi(\chi(B_{mz}(t) - B_{mz}^*) + \chi(-Q(t)))), \tag{22}$$

де B_{mz} – можлива зміна витрат на маркетинг та збут.

Рішення про застосування корегуючих керуючих впливів приймає ОПР (особа, що приймає рішення). ОПР може підтвердити доцільність корегуючих впливів та ініціювати здійснення відповідних організаційних заходів щодо переведення реальної виробничої системи у визначений стан або відхилити запропоновані дії. В своїй роботі ОПР використовує групові технології прийняття рішень.

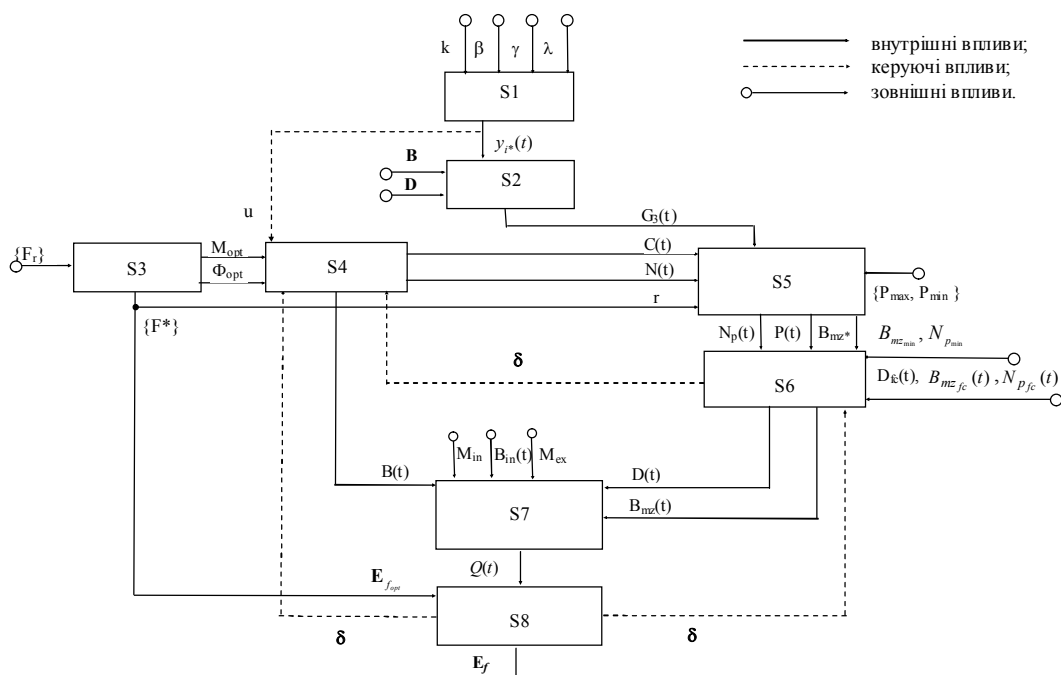


Рис. 10. Формалізована модель підтримки прийняття рішень щодо впровадження інноваційного проекту на підприємстві

Структурна схема побудованої комплексної моделі з керуючими впливами зворотного зв'язку $\delta = \{\delta_N(t), \delta_C(t), \delta_{mz}(t)\}$ наведена на рис. 10.

Висновок. Побудовану замкнену модель можна використовуватися для розробки системи підтримки прийняття рішень з вибору оптимального інноваційного проекту та визначення оптимальної стратегії діяльності керівництва інноваційного проекту на всіх етапах життєвого циклу інноваційного продукту, враховуючи зміни навколишнього середовища та внутрішніх умов функціонування підприємства.

Така система забезпечить не тільки супроводження виробництва продукту, але й надасть можливості прогнозування конкурентної взаємодії різних інноваційних продуктів та конкурентної взаємодії різних суб'єктів ринку (виробників, посередників, споживачів).

ЛІТЕРАТУРА:

1. Балабанов И.Т. Инновационный менеджмент. – С-Пб: Питер, 2001. – 304 с.
2. Василенко В.О., Шматько В.Г. Инновационный менеджмент. – К.: ЦУЛ, Фенікс, 2003. – 440 с.
3. Динные волны: научно-технический прогресс и социально-экономическое развитие / С.Ю. Глазьев, Г.И. Микерин, П.Н. Тесля, Г.Д. Ковалева, И.Г. Николаев. – Новосибирск, 1991. – 394 с.
4. Глуценко В.В. Исследование множеств и разработка одного типа представления и метода планирования испытания сложных технических систем // Кибернетика и системный анализ – 1992. – № 2. – С. 27–28.
5. Глоуб А., Чеботарьев А. Модель эффективности финансирования инноваций // Економіст – 2004. – № 3. – С. 64–97.
6. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / М.М. Дивизинюк, Б.М. Герасимов и др. / Под. ред. Б.М. Герасимова. – Винница: Универсум, 1997. – 320 с.
7. Коноваленко М. Жизненный цикл инновации // Бизнес-информ. – 1996. – № 24. – С. 34–36.
8. Кругликова А.Г. Системный анализ научно-технических нововведений. – М.: Высш. школа, 1991. – 256 с.
9. Кравченко С.І. Обґрунтування умов фінансування інноваційних рішень // Актуальні проблеми економіки. – 2003. – № 1(19). – С. 124–128.
10. Лір В.Е. Імітаційне моделювання фінансового забезпечення інноваційних проектів // Фінанси України. – № 12. – 1997. – С. 79–86.
11. Московкин В.В. Основы концепции диффузии инноваций // Бизнес-информ. – 1998. – № 17–18. – С. 41–48.
12. Назаров Г.В. Параметрична оцінка організаційно-структурних інновацій // Проблеми науки. – 2004. – № 7. – С. 17–22.
13. Петрокієнко Л.Ю. Урахування умовних сподівань за вибору варіантів економічних рішень з управління інноваційними проектами // Проблеми науки. – 2004. – № 7. – С. 15–16.
14. Савчук А.В. Особенности экономической оценки и выбора инновационных проектов // Актуальні проблеми економіки. – 2003. – № 1(19). – С. 9–14.
15. Шумпетер И. Теория экономического развития. – М.: Наука и техника, 1982. – 293 с.
16. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации и нечеткие множества: генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: Универсум-Винница, 1999. – 320 с.

АКИМЕНКО Віталій Володимирович – доктор технічних наук, професор кафедри системного аналізу та теорії прийняття рішень Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Наукові інтереси:

- системний аналіз та моделювання соціальних, економічних та екологічних процесів;
- прийняття оптимальних рішень в умовах невизначеності.

СУГОНЯК Інна Іванівна – аспірант факультету кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Наукові інтереси:

- системний аналіз та моделювання соціально-економічних процесів;
- прийняття оптимальних рішень в умовах невизначеності.

Подано 24.05.08

Акименко В.В., Сугоняк И.И. Анализ и математическое моделирование оценки эффективности инновационной деятельности предприятий

Акіменко В.В., Сугоняк І.І. Аналіз та математичне моделювання оцінки ефективності інноваційної діяльності підприємства

Akimenko V.V., Sygonyak I.I. Analysis and mathematical modeling of the innovative enterprise activity effectiveness

УДК 519.7; 551.510

Analysis and mathematical modeling of the innovative enterprise activity effectiveness / V.V. Akimenko, I.I. Sygonyak

The complex formalized model of decision support for the optimal control by the life cycle of innovative enterprise products is built in the article. The system analyze methods is using for models designed.

УДК 519.7; 551.510

Анализ и математическое моделирование оценки эффективности инновационной деятельности предприятий / В.В. Акименко, И.И. Сугоняк

В работе на основе проведенного системного анализа инновационных процессов предприятий построено комплексную формализованную модель поддержки принятия решений по оптимальному управлению жизненным циклом инновационной продукции