

УДК 625.7

М.А. АНТОНЕНКО

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

## СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПРОЕКТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОНОВЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

*У роботі сформована система показників для оцінки проекту технологічного оновлення машинобудівного підприємства, яка відображає специфіку проекту та його вплив на основні аспекти діяльності підприємства за ідеологією збалансованої системи показників. Побудована структура мережі комплексного оцінювання, яка представляє собою ациклічний орієнтований граф та включає первинні показники і показники-агрегати. Визначені функції згортки для кожної групи показників у відповідності до їх економічного змісту. Вагові коефіцієнти для визначення середньозважених показників визначаються експертами. Послідовний розрахунок показників зліва направо знизу вгору забезпечує визначення комплексної оцінки.*

**Ключові слова:** технологічне оновлення, проект технологічного оновлення, модель комплексного оцінювання, збалансована система показників, функції згортки.

### Вступ

Як показав аналіз [1], конкурентоспроможність української машинобудівної продукції за часів незалежності була втрачена, спостерігається зниження технологічного та науково-технічного рівня виробництва. Для вирішення цієї проблеми вітчизняним підприємствам необхідний комплекс технологічного оновлення. Цілоком процес технологічного оновлення підприємства включатиме такі етапи: визначення номенклатури оновленої продукції, розробка оновленої технології виробництва, оновлення технічних засобів, розробка можливих проектів оновлення, визначення

джерел фінансування, оцінка проектів, вибір та реалізація проекту технологічного оновлення [2, 3]. Отже, одним з важливих питань є визначення оцінки технологічного оновлення, яка повинна у повній мірі відображати наслідки впровадження проекту.

## **1. Формулювання проблеми**

Технологічне оновлення це не просто бізнес-проект, а стратегічне рішення для машинобудівних підприємств. Зазвичай за результатами економічної оцінки приймається рішення про прийняття проекту чи його скасування. Існуючі методи оцінки можна розділити на дві великі групи [4]. Одна пов'язана з оцінкою зміни собівартості одиниці виробітку до та після оновлення, проте не враховує зміни попиту на ринку, не відображає джерела фінансування, динаміку надходження грошових потоків, загалом описує фонди, не пов'язуючи їх з новою продукцією [5, 6]. А інша розглядає процес оновлення виключно як інвестиційний проект і оцінює лише вигідність вкладання коштів, не враховуючи вплив оновлення на результати діяльності підприємства [7, 8]. Оскільки всі процеси та явища на підприємстві тісно взаємопов'язані між собою, то наслідки від оновлення можна простежити у кожному аспекті діяльності. У сучасних умовах ефективність діяльності підприємства визначається по збалансованій системі показників, тому економічна оцінка проекту технологічного оновлення повинна крім фінансової доцільності проекту відображати і його вплив також і на інші важливі сфери діяльності підприємства [9].

*Мета дослідження* - розробити модель комплексної оцінки проекту технологічного оновлення, яка б відображала вплив реалізації проекту на усі аспекти діяльності машинобудівного підприємства.

## **2. Вирішення проблеми**

### **2.1. Показники оцінки проекту технологічного оновлення**

Беззаперечно найважливішим критерієм відбору проектів є фінансові показники, тому у першу чергу проект технологічного оновлення буде оцінений за показниками ефективності інвестиційних проектів: чистої

приведеної вартості (NPV), індексу прибутковості (PI) та строку окупності (DPBP). Оскільки проекти технологічного оновлення зазвичай середньо та довгострокові, то доцільно використовувати дисконтовані показники при розрахунку інвестиційної ефективності проектів. Формули розрахунків представлені у роботі [8].

Показник, який агрегує показники ефективності інвестиційного проекту та обґрунтовує вигідність вкладення коштів у даний проект – це оцінка ефективності інвестицій (ЕoI – Efficiency of Investments).

Для оцінки впливу технологічного оновлення на результати фінансової діяльності підприємства крім ЕoI доцільно розраховувати рентабельність комплексу технічних засобів (КТЗ) та показник віддачі за проектом.

Показник рентабельності КТЗ (Р) співставляє прибуток отриманий від продажу оновленої продукції та середню вартість КТЗ. Рентабельність КТЗ є індикатором, який показує як проект технологічного оновлення вплине на показники рентабельності активів підприємства.

Для розрахунку показника рентабельності КТЗ пропонується використовувати наступну формулу:

$$P = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T PR_t}{ACER}, \quad (1)$$

де Р (Profitability) - рентабельність КТЗ по проекту;

$PR_t$  - прибуток від продажу оновленої продукції за підперіод  $t$  реалізації проекту;

$T$  - строк реалізації проекту;

ACER - середня вартість КТЗ, яка розраховується наступним чином

$$ACER = \frac{C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_{t-1} - a_t}{(1+i)^t}}{T+1}, \quad (2)$$

де  $a_t$  - сума амортизації за  $t$ -й рік реалізації проекту;

$C_0$  - початкова вартість КТЗ за проектом;

$C_t$  - вартість КТЗ на кінець  $t$ -го року реалізації проекту;

$i$  - дисконтна ставка;

T - тривалість проекту в роках.

Для підприємства важливо знати як оновлені в результаті реалізації проекту фонди будуть генерувати прибуток. Для оцінки цієї характеристики пропонується використовувати показник, який будемо називати віддача за проектом (R). Він показує яку виручку від реалізації продукції отримує підприємство на кожну вкладену одиницю вартості оновленого КТЗ.

$$R = \frac{TR}{TIC + PC}, \quad (3)$$

де R (Return) – віддача за проектом;

TR (Total Revenue) - сумарна виручка (обсяг продаж);

TIC (Total Investment Cost) - сумарні інвестиційні затрати;

PC (Production Cost) - сумарні виробничі затрати.

Показник R співвідносить сумарну виручку від продажу оновленої продукції та суму загальних витрат як капітальних, так і виробничих.

У явному вигляді, неможливо показати залежність показників фінансової ефективності підприємства від реалізації проекту технологічного оновлення, оскільки вони залежить від дуже великої кількості факторів. Однак високий показник оцінки ефективності КТЗ свідчитиме про позитивний вплив на показники фінансової звітності і навпаки низька оцінка – буде свідчити про негативний вплив. Показник оцінки ефективності КТЗ (ЕоЕ – Efficiency of Equipment) - це показник, який узагальнює показники рентабельності КТЗ та віддачі за проектом.

Оцінка ефективності інвестицій (ЕоІ) та оцінка ефективності КТЗ (ЕоЕ) разом відображають фінансове питання впровадження проекту, як ефективність вкладення коштів, так і ефект від реалізації проекту на підприємстві. Індикатором фінансової складової оцінки проекту є показник фінансової ефективності (FE – Finance Efficiency).

Після фінансового обґрунтування проекту слід оцінити його вплив на клієнтів (або ринок). Лояльне ставлення клієнтів до підприємства це запорука його успіху на ринку, тому скорочення часу обслуговування дуже важливо для задоволення вимог споживачів. Технологічне оновлення вплине на час виробництва продукції, тому для характеристик обслуговування споживачів можна використовувати показник часу обробки (PC –

Production Cycle). Кожен підписаний договір на постачання продукції є гарантованим місцем збуту товару, перспективою розвитку партнерських взаємовідносин. Тому кількість підписаних договорів (CWC – Contracts with Consumers) є індикатором наявності гарантованого ринку збуту. Агрегований показник – оцінка впливу на клієнтів (C) буде показувати ефективність проекту з точки зору закріплення позицій та розширення ринку збуту.

Як і клієнти, для кожного підприємства надзвичайно важливий персонал. Тому оцінка технологічного оновлення повинна враховувати соціальний ефект від впровадження проекту оновлення. Кількість створених робочих місць (ES), або кількість скорочених робочих місць (SR) та кількість працівників, які отримують підвищення кваліфікації в результаті реалізації проекту (SD) є показниками, які характеризують оцінку проекту по впливу на персонал. Створення робочих місць на підприємстві є частиною його позитивного іміджу. Можливість удосконалення та розвитку професійних знань, умінь та навичок підвищить рівень задоволеності співробітників. Загроза скорочення або перспектива подальшого розвитку буде основою для мотивації працівників, їх прагнення працювати краще. Агрегована оцінка впливу на персонал (S) буде відображати взаємний вплив процесів технологічного оновлення та менеджменту персоналу.

Проект технологічного оновлення викличе зміни і у системі організації внутрішніх бізнес-процесів, під якими розумітимемо стійку ціленаправлену сукупність видів діяльності, які представляють собою цінність для споживачів. Вплив на внутрішні бізнес-процеси можна оцінити наступними показниками: наявність (кількість) договорів з постачальниками (CWS) та доля спеціального обладнання (SER), яке планується закупити згідно з проектом. Договір із надійним постачальником може надати підприємству можливість наладити виробничий процес без складування сировини, що скоротить його витрати, а відносно невелика доля спеціалізованого обладнання дозволить швидко переналагодити виробництво з мінімальними витратами. Агрегований показник бізнес-процесів (BP) показуватиме наскільки проект технологічного оновлення адаптований до організації існуючих на підприємстві матеріальних, інформаційних та виробничих процесів.

Група нефінансових показників (NE) буде відображати соціальний ефект від впровадження проекту технологічного оновлення на машинобудівному підприємстві та включає такі складові як оцінка впливу на персонал, оцінка впливу на клієнтів/ринок та оцінка впливу на внутрішні бізнес-процеси. У свою чергу фінансові та нефінансові показники разом – це техніко-економічна оцінка проекту (FS). Якщо цей показник скорегувати на оцінку ризиків за проектом (PR), то отримаємо результуючий показник – комплексну оцінку проекту технологічного оновлення (CA). Така комплексна оцінка являється показником, який об'єднує усі групи характеристик проекту технологічного оновлення.

### 1.2 Модель комплексного оцінювання

Формально результати групування характеристик проекту технологічного оновлення можна представити у вигляді ациклічного орієнтованого графа  $G = (K, A)$ , де  $K$  - множина елементів (вершин) графа,  $A = (a_{ij})$  - множина направлених дуг, що з'єднують елементи (рис. 1). Кожен елемент  $k_i \in K$  відображає певний показник (первинний або агрегований) оцінки проекту технологічного оновлення. Кожна направлена дуга  $(a_{ij} = 1)$  означає, що елемент  $k_j$  відображає більш узагальнюючу характеристику проекту у порівнянні з елементом  $k_i$ . Отже для всіх  $k_i, k_j \in K$ , якщо  $a_{ij} = 1$ , то  $a_{ji} = 0$ , тобто напрям дуги однозначно визначає напрям агрегування оцінок.

Всю множину елементів  $K$  можна розбити на дві підмножини:  $K^0$  та  $\tilde{K}$ , де  $K^0 \cup \tilde{K} = K, K^0 \cap \tilde{K} = \emptyset$ .  $K^0$  - це множина показників оцінки проекту нижнього рівня декомпозиції (первинні показники, наприклад, NPV, PI, DPBP та ін.). Показники із множини  $K^0$  безпосередньо оцінюються в процесі формування проекту технологічного оновлення та надалі підлягають агрегуванню. Формально,  $K^0$  - це множина елементів, до яких не веде жодна дуга (множина показників-входів), тобто  $\forall k_i \in K, k_j \in K^0$  виконується  $a_{ij} = 0$ .

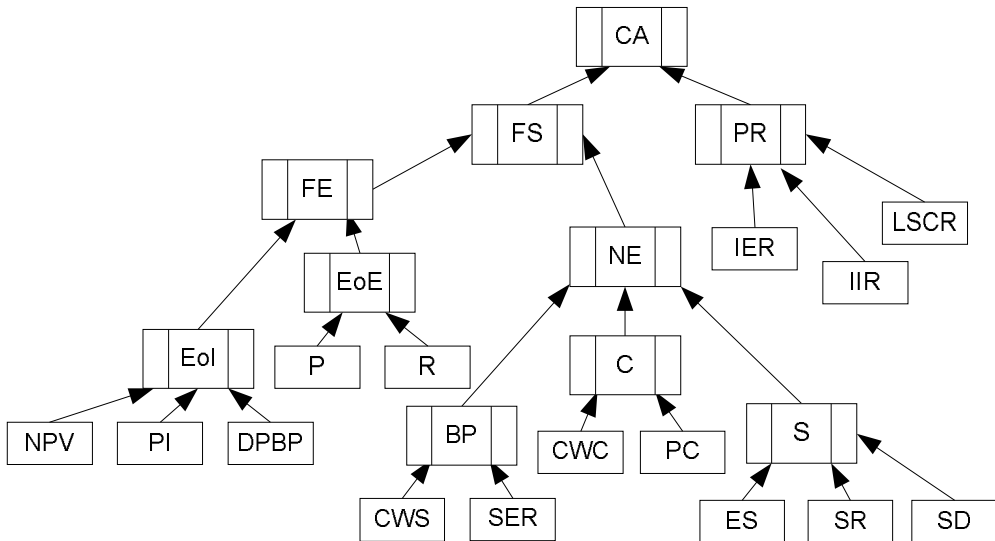


Рис. 1. Структура комплексної оцінки проекту технологічного оновлення

$\tilde{K}$  – це множина елементів, які виражають окремі групи показників проекту технологічного оновлення, тобто множина  $\tilde{K}$  визначає агреговані показники (множина показників-агрегатів). Для кожного елемента  $k_j \in \tilde{K}$  існує хоча б один елемент  $k_i \in K$ , такий що,  $a_{ij} = 1$ , іншими словами множина  $\tilde{K}$  об'єднує елементи, до яких обов'язково веде хоча б одна дуга.

Коли визначена структура мережі комплексного оцінювання необхідно визначитися із функціями згортки  $F_1(\cdot)$  для усіх елементів  $k_1 \in \tilde{K}$ . Оскільки показників досить велика кількість і звести їх необхідно у один агрегований, то доцільно обрати відповідні функції згортки серед існуючих. Найбільш простими та поширеними є середньозважені методи. Крім цього можна використовувати згортки на основі критерію домінуючого або гарантованого результату [3, 9].

Для мережевої системи комплексного оцінювання проекту технологічного оновлення (рис. 1) доцільно використовувати наступні види згорток. Оскільки кожен із показників ефективності інвестицій (EoI) має різний економічний зміст та відповідні одиниці виміру, то агрегована оцінка ефективності інвестицій згортається через середньозважене геометричне.

Для усіх функцій використовуватимуться вагові коефіцієнти  $\alpha_i$ , де  $i$  - індекс відповідного показника.

$$EoI = \sqrt[3]{NPV^{\alpha_{NPV}} \cdot PI^{\alpha_{PI}} \cdot DPBP^{\alpha_{DPBP}}}, \quad (4)$$

Показники рентабельності КТЗ та віддачі за проектом не повинні бути гіршими, ніж середні по підприємству. Інакше немає сенсу впровадження проекту технологічного оновлення, за яким знижується ефективність роботи технічного оснащення. Отже, вони агрегуються в оцінку ефективності КТЗ за критерієм середньозваженого гарантованого результату.

$$EoE = \min \{ \alpha_P \cdot P, \alpha_R \cdot R \}. \quad (5)$$

Для згортання складових фінансової ефективності проекту (FE), слід використовувати середньозважене арифметичне, так як оцінка ефективності інвестицій та оцінка впливу на фінансові показники підприємства однорідні за своїм змістом.

$$FE = \frac{1}{2} \cdot (\alpha_{EoI} \cdot EoI + \alpha_{EoE} \cdot EoE). \quad (6)$$

Оцінка нефінансового показника ефективності проекту (NE) визначається за критерієм середньозваженого домінуючого результату, оскільки кожен із складових показників може лише покращити загальний результат.

$$NE = \max \{ \alpha_C \cdot C, \alpha_S \cdot S, \alpha_{BP} \cdot BP \}. \quad (7)$$

Показники, які входять до кожної з нефінансових груп (клієнти, персонал та бізнес-процеси), згортаються за критерієм середньозваженого гарантованого результату, оскільки проект технологічного оновлення повинен позитивно впливати на усі сфери діяльності підприємства. Якщо оцінка за цими показниками відмінна від нуля, то це вже свідчить про позитивний ефект.

$$C = \min \{ \alpha_{CWC} \cdot CWC, \alpha_{PC} \cdot PC \}, \quad (8)$$

$$S = \min \{ \alpha_{ES} \cdot ES, \alpha_{SR} \cdot SR, \alpha_{SD} \cdot SD \}, \quad (9)$$

$$BP = \min \{ \alpha_{CWS} \cdot CWS, \alpha_{SER} \cdot SER \}. \quad (10)$$

Показники, які входять до техніко-економічного обґрунтування (FS) зводяться за середньозваженим геометричним, бо фінансові та нефінансові показники різні за сенсом.



$$FS = \sqrt{FE^{\alpha_{FE}} \cdot NE^{\alpha_{NE}}} \quad (11)$$

З цієї ж причини використовується середнє геометричне і для техніко-економічного обґрунтування та ризиків, які складаються у комплексну оцінку (CA) проекту технологічного оновлення.

$$CA = \sqrt{FS^{\alpha_{FS}} \cdot PR^{\alpha_{PR}}} \quad (12)$$

Оцінка різних видів ризиків (PR) згортається як середньозважене арифметичне.

$$PR = \frac{1}{3} \cdot (\alpha_{IER} \cdot IER + \alpha_{IPR} \cdot IPR + \alpha_{LSCR} \cdot LSCR) \quad (13)$$

Усі первинні показники, які описують проект технологічного оновлення мають певну одиницю виміру та діапазон можливих значень, тобто абсолютні значення показників неможливо використовувати для подальшого агрегування. Для того, щоб співставляти та порівнювати між собою показники, які мають різні одиниці виміру їх слід перевести у відносні за допомогою операції нормалізації.

Для визначення вагових коефіцієнтів  $\alpha_i$  в функціях згорток (4) – (13) рекомендується використовувати експертний метод, оснований на визначенні значення власного вектору матриці попарних порівнянь [11]. Для цього необхідно отримати попарні експертні оцінки важливості показників для кожної групи та сформуувати матриці попарних порівнянь  $C^l = (c_{ij}^l)$  для кожної l-ї групи показників. Вагові коефіцієнти згідно [11] визначаються наступним чином:

$$\alpha_i^l = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m c_{ij}^l} \quad (14)$$

де  $\alpha_i^l = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m c_{ij}^l}$  - важливість (локальний пріоритет) i-го показника у групі l.

Таким чином, мережевою системою комплексного оцінювання технологічного оновлення машинобудівного підприємства будемо називати наступний кортеж:

- граф  $G$  (рис. 1), який визначає структуру агрегування оцінок проєктів технологічного оновлення;

- множина  $K^0$  показників-входів та множина  $\tilde{K}$  показників-агрегатів, які описують усі характеристики проєкту технологічного оновлення;

- сукупність функцій згорток  $F_1(\cdot), k_1 \in \tilde{K}$ , яка визначена формулами (4) – (13).

## Висновки

Підсумком проведеної роботи є наступні наукові та практичні результати:

- розроблено систему показників для оцінки проєкту технологічного оновлення на основі збалансованої системи показників, яка на відміну від існуючих систем, враховує показники, що характеризують проєкт технологічного оновлення машинобудівного підприємства з чотирьох основних сторін: фінанси, клієнти/ринок, персонал, внутрішні бізнес-процеси;

- побудовано мережеву систему комплексного оцінювання технологічного оновлення машинобудівного підприємства, яка, на відміну від існуючих підходів, надає інструментарій для формування агрегованої оцінки з урахуванням особливостей кожної групи показників;

- запропонований підхід розширює існуючу методика оцінювання технологічного оновлення та дозволяє отримати розгорнуту картину характеристик результатів технологічного оновлення за рахунок первинних та агрегованих показників.

## Література

1. Антоненко, М.А. Аналіз сучасного стану машинобудівної галузі промисловості України [Текст] / М.А. Антоненко // Вестник НТУ «ХПІ». – 2010. – №51-1. – С. 3 – 11.

2. Антоненко, М.А. Аналіз технологічного оновлення підприємств машинобудування [Текст] / М.А. Антоненко, О.М. Гаврись // Вестник НТУ «ХПІ». – 2008. – №20-1. – С. 64 – 68.

3. Антоненко, М.А. Оцінка проєктів технологічного оновлення машинобудівного підприємства [Текст] / М.А. Антоненко // Сучасні інформаційні технології в економіці та управлінні підприємствами, програмами

та проектами: тез. допов. IX Міжнар. науково-практн. конф. 12 – 18 вересня 2011 р. – Алушта, 2011. – С. 145-147.

4. Антоненко, М.А. Анализ подходов к оценке технологического обновления основных производственных фондов машиностроительного предприятия [Текст] / М.А. Антоненко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2010. – №51. – С. 3 – 9.

5. Акбердин, Р.З. Экономика обновления парка оборудования в машиностроении [Текст] / Р.З. Акбердин. – М.: Машиностроение, 1987. – 184 с.

6. Колегаев, Р.Н. Управление обновлением машинного парка [Текст] / Р.Н. Колегаев, П.А. Орлов, В.И. Шелепо. – К.: Техніка, 1981. – 176 с.

7. Виленский, П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. – М.: Дело, 2004. – 888 с.

8. Бланк, И.А. Инвестиционный менеджмент: учеб. курс. / И.А. Бланк. – К.: Эльга-Н, Ника-Центр, 2001. – 448 с.

9. Антоненко, М.А. Аналіз підходів до оцінки ефективності діяльності машинобудівних підприємств [Текст] / М.А. Антоненко // Радиоелектроника и молодежь в XXI веке: сб. материалов форума Т.8. – Х., 2011. – С. 16 – 17.

10. Новиков, Д.А. Нечеткие сетевые системы комплексного оценивания [Текст] / Д.А. Новиков, А.Л. Суханов. – М.: ИУО РАО, 2001. – 16 с.

11. Саати, Т.Л. Принятие решений: метод анализа иерархий [Текст] / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 314 с.

Надійшла до редакції 8.11.2011

**Рецензент:** д-р екон. наук, проф., завідувач кафедри фінансів **В.Я. Міщенко**, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків.

## СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПРОЕКТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБНОВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*М.А. Антоненко*

В работе сформирована система показателей для оценки проекта технологического обновления машиностроительного предприятия, которая отражает специфику проекта и его влияние на основные аспекты деятельности предприятия по идеологии сбалансированной системы показателей. Построена структура сети комплексного оценивания, которая пред-

ставляет собой ациклический ориентированный граф и включает первоначальные показатели и показатели-агрегаты. Определены функции сверток для каждой группы показателей в соответствии с их экономическим содержанием. Весовые коэффициенты для определения средневзвешенных показателей определяются экспертами. Последовательный расчет показателей слева направо снизу вверх обеспечивает определение комплексной оценки.

**Ключевые слова:** технологическое обновление, проект технологического обновления, модель комплексной оценки, сбалансированная система показателей, функции сверток.

## COMPREHENSIVE EVALUATION SYSTEM FOR ASSESSING OF TECHNOLOGICAL UPDATE PROJECT OF MACHINERY

*M.A. Antonenko*

The system of indices is formed for the estimation of technological update project of machine-building enterprise, which represents the specific of project and its influence on the basic aspects of enterprise activity according to ideology of the Balanced scorecard. A network structure of comprehensive evaluation is built, which is an acyclic directed graph and includes the initial performance and performance-aggregates. Certain functions of convolution for every group of indices in accordance with their economic maintenance. The weighting factors for weighted average determined by experts. Consistent calculation of figures from left to right from bottom to top allows the definition of a comprehensive assessment.

**Keywords:** technological update, project of technological update, model of comprehensive evaluation.

**Антоненко Марина Анатоліївна** – аспірант кафедри фінансів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, e-mail: antonenko-magg@yandex.ru.