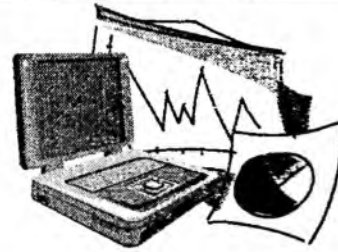


ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



УДК 338.2.330.4:658.5

Король Г.О., Зелікман В.Д., Распопова Ю.О.

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ПІДРОЗДІЛІВ ВИРОБНИЧИХ ЦЕХІВ НА ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

Розроблено і апробовано економіко-математичну модель оцінки впливу виробничих підрозділів сталеплавильного цеху на формування якості сталі по конкретній плавці. Використання запропонованої моделі дозволить об'єктивно оцінювати внесок конкретного підрозділу в якість сталі та, відповідно, мотивувати його робітників

Economical-mathematical model of estimation of influence of steel plant's production subdivisions on steel's quality forming on the concrete melt has been developed and approved. Implementation of the offered model will allow to estimate concrete subsection payment in steel's quality objectively and to motivate its workers accordingly.

Утримання позицій на світовому галузевому ринку вимагає від вітчизняних підприємств металургійного виробництва підвищення якості металопродукції як важливого чинника забезпечення її конкурентоспроможності. Необхідний рівень якості продукції забезпечується не тільки підвищенням якості сировини, матеріалів, застосуванням передових технологій, але й удосконаленням методів організації виробництва, об'єктивною оцінкою і справедливою винагородою персоналу за працю.

Оскільки технологічні процеси виробництва продукції відбуваються у просторових межах виробничих підрозділів, то зрозуміло, що діяльність кожного з них у різному ступеню впливає на формування якості продукції. Якість виконання технологічних операцій забезпечується робітниками підрозділів, тому для аналізу ефективності їх роботи та мотивації праці доцільно оцінювати результати діяльності саме підрозділів, виходячи з їх внеску в якість продукції.

Аналіз методик оцінки та мотивації праці, наведених у науковій літературі [1–4], а також використовуваних на практиці, показав, що вони недостатньо повно враховують внесок персоналу підрозділів у формування якості продукції. Зазначений стан питання викликав необхідність розробки методичного підходу щодо оцінки внеску підрозділів виробничого підприємства у формування якості продукції, який розглядається на прикладі сталеплавильного виробництва.

Методичний підхід до визначення оцінки вкладу підрозділу у формування якості сталі полягає в тому, щоб, проаналізувавши властивості сталі, які визначають її якість, та параметри, що їх оцінюють, відібрати параметри (хімічний склад і металографічні властивості), які в найбільшій мірі впливають на оцінку внеску підрозділу у формування якості сталі. Далі за допомогою експертних оцінок встановлюють вагомість внеску підрозділу у формування параметрів і рівень значущості окремого параметра в їх загальній сукупності, після чого визначають відносні параметри і розраховують інтегральні показники оцінки діяльності підрозділів по кожній плавці або за період, який аналізується [5].

Важливим етапом реалізації зазначеного методичного підходу є розробка економіко-математичної моделі, за допомогою якої можна буде оцінити вплив певного підрозділу сталеплавильного цеху на якість продукції по конкретній плавці. Розробка такої моделі і є метою даної статті.

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Для оцінки якості продукції сталеплавильного виробництва доцільно використовувати відносні параметри властивостей сталі, які відображають ступінь наближення фактичного показника до нормативного значення.

Нормативні значення параметрів властивостей якості специфічні для кожної марки сталі й визначаються у державних стандартах, технічних умовах та ін. Вони, як правило, знаходяться в межах певних діапазонів $[P_{jn}^{\min}; P_{jn}^{\max}]$, де P_{jn}^{\min} та P_{jn}^{\max} – відповідно мінімально та максимально припустимі (нормативні) значення j -го показника. Тому відносні параметри властивостей мають визначатися за формулою:

$$p_j = \begin{cases} P_j / P_{jn}^{\min}, & \text{коли } P_j < P_{jn}^{\min}, \\ 1, & \text{коли } P_{jn}^{\min} \leq P_j \leq P_{jn}^{\max}; \text{ де } j = \overline{1; J}, \\ P_{jn}^{\max} / P_j, & \text{коли } P_j > P_{jn}^{\max}, \end{cases} \quad (1)$$

де p_j – відносний j -й параметр властивостей сталі;

P_j – фактичне значення j -го параметра властивостей сталі;

J – кількість відібраних параметрів властивостей, які в найбільшій мірі впливають на оцінку внесків підрозділів у формування якості сталі.

Таким чином, значення відносних параметрів властивостей сталі буде знаходитись в діапазоні від 0 до 1, причому ступінь наближення p_j до 1 показуватиме ступінь наближення фактичного значення параметру властивостей сталі до рівня, заданого відповідними нормативними документами. Якщо ними визначена тільки верхня межа значень певного параметра властивостей сталі, мінімальне нормативне значення P_{jn}^{\min} приймається рівним 0. В такому випадку умова $P_j < P_{jn}^{\min} = 0$ не має сенсу, а, отже, формула для розрахунку відносного параметра властивостей сталі набуде вигляду:

$$p_j = \begin{cases} 1, & \text{коли } P_j \leq P_{jn}^{\max}; \\ P_{jn}^{\max} / P_j, & \text{коли } P_j > P_{jn}^{\max}; \end{cases} \text{ де } j = \overline{1; J}. \quad (2)$$

Якщо для певного параметра властивостей сталі нормативними документами визначено тільки нижню межу значень, то формула для розрахунку відносного параметра властивостей сталі така:

$$p_j = \begin{cases} P_j / P_{jn}^{\min}, & \text{коли } P_j < P_{jn}^{\min}; \\ 1, & \text{коли } P_j \geq P_{jn}^{\min}; \end{cases} \text{ де } j = \overline{1; J}. \quad (3)$$

Фактичні значення параметрів властивостей якості сталі відображаються у паспортах плавок (хімічний склад) і протоколах досліджень (параметри металографічних властивостей).

Оскільки кожен підрозділ цеху вносить свій вклад у формування загального фактичного значення певного параметру, то для оцінки цього внеску доцільно використовувати коефіцієнти вагомості, які характеризують ступінь впливу i -го підрозділу на формування заданого рівня j -го параметру властивостей сталі.

Значення коефіцієнтів вагомості мають знаходитись в межах $[0; 1]$, причому загальна вагомість внеску усіх підрозділів у формування даного параметра має дорівнювати 1. Таким чином, для коефіцієнтів вагомості внесків виконуються умови:

$$\begin{cases} 0 \leq a_{ij} \leq 1, & \text{де } i = \overline{1; I}, \quad j = \overline{1; J}; \\ \sum_{i=1}^I a_{ij} = 1 & \text{де } j = \overline{1; J}, \end{cases} \quad (4)$$

де a_{ij} – коефіцієнт вагомості внеску i -го підрозділу у формування j -го параметра властивостей сталі;

I – кількість визначених підрозділів.

Коефіцієнти вагомості a_{ij} утворюють матрицю A розмірності $(I \times J)$:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1J} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2J} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{I1} & a_{I2} & \dots & a_{Ij} & \dots & a_{IJ} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Загальна вагомість підрозділу у формуванні параметрів властивостей сталі визначається за формулою:

$$c_i = \sum_{j=1}^J a_{ij} b_j, \quad \text{де } i = \overline{1; I}, \quad (6)$$

де c_i – загальна вагомість i -го підрозділу у формуванні всієї сукупності параметрів властивостей сталі;

b_j – коефіцієнти рівня значущості j -го параметра у загальній сукупності параметрів властивостей, які характеризують якість сталі конкретної плавки.

Аналогічно коефіцієнтам вагомості a_{ij} , значення коефіцієнтів рівня значущості b_j також мають знаходитись в межах $[0; 1]$, причому загальна вагомість усіх коефіцієнтів має дорівнювати 1:

$$\begin{cases} 0 \leq b_j \leq 1, & \text{де } j = \overline{1; J}; \\ \sum_{j=1}^J b_j = 1. \end{cases} \quad (7)$$

Очевидно, що при виконанні умов (7) також будуть задовольнятися умови:

$$\begin{cases} 0 \leq c_i \leq 1, & \text{де } i = \overline{1; I}; \\ \sum_{i=1}^I c_i = 1. \end{cases} \quad (8)$$

Коефіцієнти рівня значущості параметрів властивостей сталі для конкретної марки утворюють матрицю B розмірності $(J \times 1)$:

$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_j \\ \vdots \\ b_J \end{pmatrix} \quad (9)$$

У результаті перемноження матриці A коефіцієнтів вагомості внеску i -го підрозділу у формування j -го параметра властивостей сталі на дану матрицю коефіцієнтів рівня значущості цих параметрів можна отримати матрицю вагомостей підрозділів у формуванні всієї сукупності параметрів властивостей даної марки:

$$C = A \times B, \quad (10)$$

причому кожен елемент матриці C розраховується за формулою (6):

$$C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_i \\ \vdots \\ c_I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1J} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2J} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{I1} & a_{I2} & \dots & a_{Ij} & \dots & a_{IJ} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_j \\ \vdots \\ b_J \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^J a_{1j} b_j \\ \sum_{j=1}^J a_{2j} b_j \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^J a_{ij} b_j \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^J a_{Ij} b_j \end{pmatrix} \quad (11)$$

Для спрощення моделі можна з невеликим ступенем погрішності прийняти, що усі параметри якості мають однакову значущість для властивостей сталі, тоді:

$$b_i = \text{const} = 1/J, \text{ де } i = \overline{1; I}, \quad (12)$$

а, отже, матриця (9) набуває вигляду:

$$B = \begin{pmatrix} 1/J \\ 1/J \\ \vdots \\ 1/J \\ \vdots \\ 1/J \end{pmatrix} \quad (13)$$

Формула (6) для розрахунку загальної вагомості підрозділів у формуванні параметрів якості сталі також дещо спрощується:

$$c_i = \sum_{j=1}^J \frac{a_{ij}}{J}, \text{ де } i = \overline{1; I}, \quad (14)$$

а розрахунок матриці (11) здійснюватиметься за формулою:

$$C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_i \\ \vdots \\ c_I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1J} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2J} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{I1} & a_{I2} & \dots & a_{Ij} & \dots & a_{IJ} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1/J \\ 1/J \\ \vdots \\ 1/J \\ \vdots \\ 1/J \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^J \frac{a_{1j}}{J} \\ \sum_{j=1}^J \frac{a_{2j}}{J} \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^J \frac{a_{ij}}{J} \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^J \frac{a_{Ij}}{J} \end{pmatrix} \quad (15)$$

Для розрахунку фактичного внеску кожного підрозділу у формування параметрів властивостей сталі по кожній конкретній плавці необхідно розглянути матрицю P розмірності $(J \times 1)$ відносних параметрів властивостей сталі, отриманих за фактичними результатами даної плавки.

$$P = \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \dots \\ p_j \\ \dots \\ p_J \end{pmatrix} \quad (16)$$

Матриця інтегральних оцінок внесків підрозділів у формування параметрів властивостей сталі по кожній конкретній плавці може бути отримана в результаті перемноження матриці A коефіцієнтів вагомості внеску i -го підрозділу у формування j -го параметра властивостей сталі та матриці P відносних параметрів властивостей сталі, отриманих за фактичними результатами даної плавки:

$$Q = A \times P, \quad (17)$$

або в розгорнутому вигляді :

$$Q = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \dots \\ q_i \\ \dots \\ q_I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1J} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2J} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{iJ} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{I1} & a_{I2} & \dots & a_{Ij} & \dots & a_{IJ} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \dots \\ p_j \\ \dots \\ p_J \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^J a_{1j} p_j \\ \sum_{j=1}^J a_{2j} p_j \\ \dots \\ \sum_{j=1}^J a_{ij} p_j \\ \dots \\ \sum_{j=1}^J a_{Ij} p_j \end{pmatrix} \quad (18)$$

де q_i – інтегральна оцінка внеску i -го підрозділу у формування властивостей сталі по плавці, що розглядається.

Цей показник визначається за формулою:

$$q_i = \sum_{j=1}^J a_{ij} p_j, \quad \text{де } i = \overline{1; I}, \quad (19)$$

i характеризує у кількісному вираженні ступінь впливу даного підрозділу на формування параметрів властивостей сталі.

Більш наочні та зручні для подальшого використання і аналізу результати можна отримати, застосовуючи відносні параметри властивостей сталі, скориговані з урахуванням рівнів значущості параметрів властивостей b_j :

$$Q' = \begin{pmatrix} q'_1 \\ q'_2 \\ \dots \\ q'_i \\ \dots \\ q'_I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1J} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2J} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{iJ} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{I1} & a_{I2} & \dots & a_{Ij} & \dots & a_{IJ} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_1 p_1 \\ b_2 p_2 \\ \dots \\ b_j p_j \\ \dots \\ b_J p_J \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^J a_{1j} b_j p_j \\ \sum_{j=1}^J a_{2j} b_j p_j \\ \dots \\ \sum_{j=1}^J a_{ij} b_j p_j \\ \dots \\ \sum_{j=1}^J a_{Ij} b_j p_j \end{pmatrix} \quad (20)$$

де q'_i – нормована інтегральна оцінка внеску i -го підрозділу у формування параметрів властивостей сталі по плавці, що розглядається.

Як впливає з розрахунків (20), цей показник визначається за формулою:

$$q'_i = \sum_{j=1}^J a_{ij} b_j p_j, \text{ де } i = \overline{1; I}, \quad (21)$$

і аналогічно q_i характеризує частку інтегральної оцінки внеску i -го підрозділу у формування параметрів властивостей сталі по плавці, що розглядається, в загальній сукупності впливу всіх підрозділів.

Значення q'_i знаходиться в межах $[0;1]$, а, отже нормована інтегральна оцінка внеску i -го підрозділу у формування параметрів властивостей сталі по кожній конкретній плавці, в свою чергу, також задовольнятиме умовам:

$$\begin{cases} 0 \leq q'_i \leq 1, \text{ де } i = \overline{1; J}; \\ \sum_{i=1}^I q'_i = 1. \end{cases} \quad (22)$$

При $b_i = const$ розрахунок (20) у матричній формі набуває вигляду:

$$Q' = A \times P / J, \quad (23)$$

або у розгорнутому вигляді:

$$Q' = \begin{pmatrix} q'_1 \\ q'_2 \\ \dots \\ q'_i \\ \dots \\ q'_I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1J} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2J} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{iJ} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{I1} & a_{I2} & \dots & a_{Ij} & \dots & a_{IJ} \end{pmatrix} \times \frac{1}{J} \times \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \dots \\ p_j \\ \dots \\ p_J \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^J \frac{a_{1j} p_j}{J} \\ \sum_{j=1}^J \frac{a_{2j} p_j}{J} \\ \dots \\ \sum_{j=1}^J \frac{a_{ij} p_j}{J} \\ \dots \\ \sum_{j=1}^J \frac{a_{Ij} p_j}{J} \end{pmatrix} \quad (24)$$

Дана матриця пов'язана з матрицею Q формулою:

$$Q' = Q / J. \quad (25)$$

Очевидно, що умови (22) в даному випадку будуть безумовно виконуватись.

Для визначення значень коефіцієнтів вагомості проводилося анкетування групи фахівців-сталеплавильників НМетАУ та металургійних підприємств за 100-бальною шкалою із статистичною обробкою узгодженості їх думок за різними критеріями. Розрахунок значень коефіцієнтів здійснювався за формулою:

$$a_{ij} = \sum_{f=1}^F a_{ij}^f / F, \text{ де } i = \overline{1; I}; \quad j = \overline{1; J}, \quad (26)$$

де a_{ij}^f – коефіцієнт вагомості внеску i -го підрозділу у формування j -го параметра властивостей сталі, даний f -м експертом, дол. од.;

F – кількість залучених експертів, чол.

Аналогічно визначалися значення b_j .

Апробація методичного підходу до оцінки внеску підрозділів цеху у формування якості продукції проведена в умовах конвертерного цеху металургійного підприємства. Розглядалися підрозділи цього цеху, які поєднані у центри діяльності загальною метою та відносно закінченим проміжним результатом у технологічному процесі, достатньо тісним зв'язком між операціями та мають однаковий ступінь впливу на формування якості продукції. Так, підрозділи, які забезпечують підготовку і подачу шихти (відділення: підготовки шихти, міксерне, скрапне і тому подібні) об'єднані у центр діяльності „Шихта”. Відділення: конвертерне, підготовки сталерозливальних ковшів, газове господарство і т.п. об'єднані у центр діяльності „Плавка”. За таким же принципом сформовані центри діяльності „Позапічна обробка” та „Розливання” [5].

Для кожного з цих центрів діяльності за допомогою експертів встановлено коефіцієнти вагомості внеску i -го підрозділу у формування j -го параметра властивостей сталі та коефіцієнти рівня значущості j -го параметра у загальній сукупності параметрів. На основі паспорту плавки й протоколу досліджень металографічних властивостей сталі встановлено фактичні значення параметрів, які порівняні з нормативними, і за формулами (1), (2), (3) визначені відносні значення по кожному параметру властивостей. В результаті подальших розрахунків за наведеною економіко-математичною моделлю виявлено, що частка інтегральної оцінки внеску по кожному центру діяльності (q'_i) складає: „Шихта” – 0,217 дол. од., „Плавка” – 0,225 дол.од., „Позапічна обробка” – 0,176 дол.од., „Розливання” – 0,382 дол.од., тобто у сумі 1, що свідчить про виконання заданого рівня якості. Якщо норматив за будь-яким параметром властивостей не виконується, то відповідно зменшується частка інтегральної оцінки того центру діяльності, робота якого впливає на формування параметру властивостей, що досліджується. У цьому випадку рівень якості по конкретній плавці буде незадовільним, вироблена сталь буде визнана або бракованою, або віднесена до іншої марки сталі, що може призвести до невиконання договірних зобов'язань та погіршення фінансових результатів діяльності підприємства.

Використання запропонованої економіко-математичної моделі інтегральної оцінки внеску центрів діяльності сталеплавильного цеху у формування основних параметрів властивостей якості сталі по кожній конкретній плавці дозволить об'єктивно оцінювати і належним чином мотивувати працю персоналу цеху. Перспективою подальших досліджень у даному напрямку є розробка комплексної системи оцінки роботи виробничих підрозділів сталеплавильного цеху за календарний період і розробка на цій основі системи матеріального стимулювання робочих цеху за випуск якісної продукції.

Література

1. Организация производства, труда и управления в черной металлургии: Справ. изд. / А.В. Полянский, Д.А. Горелов, А.С. Гугель и др. - К.:Техніка,1986. – 232 с.
2. Медведев И.А. Организация и планирование производства в сталеплавильных цехах. - М.: Металлургия, 1983. – 144 с.
3. Шлихтер А.А. Новые методы организации производства и стимулирования труда на предприятиях США, Японии и Западноевропейских стран // Труд за рубежом. - 2004. - №1. - С.61-80.
4. Совершенствование бригадных форм организации и стимулирования труда в трубном производстве / Б.П. Бельгольский, В.А. Гордиенко, В.П. Егоров и др. - М.: Металлургия,1989. – 105 с.
5. Король Г.А., Распопова Ю.А., Чуванов А.П. Качество продукции как критерий оценки работы персонала подразделений сталеплавильных цехов//Економіка: проблеми теорії та практики. Збірник наукових праць. Випуск 209, том 4. - Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005.-С.1001-1010.

*Рекомендовано до публікації
д.е.н., проф. Тарасевичем В.М. 21.12.05*

*Надійшла до редакції
07.12.05*