

УДК 006.072.025:658.563

В. О. Залога, Ю. О. Денисенко, О. В. Івченко, О. Д. Динник*Сумський державний університет, Суми, Україна***НОРМАЛІЗАЦІЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН**

В цій статті запропонований підхід до оцінки неоднорідних техніко-економічних показників інформаційної системи управління якістю інструментальної підготовки виробництва машинобудівного підприємства, який базується на застосуванні теорії нечітких множин.

Ключові слова: техніко-економічні показники, нормалізація, шкала, інструментальне виробництво.

Рис. 5. Табл. 2. Літ. 9.

В. А. Залога, Ю. А. Денисенко, А. В. Івченко, О. Д. Динник**НОРМАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

В этой статье предложен подход к оценке неоднородных технико-экономических показателей информационной системы управления качеством инструментальной подготовки производства машиностроительного предприятия, основанный на применении теории нечетких множеств.

Ключевые слова: технико-экономические показатели, нормализация, шкала, инструментальное производство.

V. O. Zaloga, Y.O. Denysenko, O. V. Ivchenko, O. D. Dunnyk**NORMALIZATION OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF TOOL PRODUCTION THROUGH THE APPLICATION OF FUZZY SETS THEORY**

In this article, proposed an approach to the evaluation of heterogeneous technical and economic indicators of information quality management system instrumental pre-production engineering company, which is based on application of fuzzy sets.

Keywords: technical and economic parameters, normalization, scale, tool production.

Вступ. В наш час однією з умов забезпечення конкурентоспроможності сучасного машинобудівного підприємства є підвищення якості процесів, пов'язаних із забезпеченням виробництва необхідними інструментами та оснащенням. Слід зазначити, що, не дивлячись на те, що на сьогоднішній день є досить багато спеціалізованих виробництв, які виробляють значну номенклатуру інструментів й оснащення, все ж однією з невід'ємних частин сучасного машинобудівного підприємства є своє інструментальне виробництво. Відомо [1, 2], що перебіг процесів життєвих циклів інструментів й оснащення, а також ступінь управління їх якістю, які в значній мірі залежать від рівня інструментальної підготовки основного виробництва, суттєво впливають на витрати при виготовленні відповідної продукції. Таким чином, інструменти та оснащення є одними з найважливіших елементів машинобудівного виробництва, які в значній мірі визначають рівні діючих (реальних, дійсних) технологічних процесів, а, відповідно й якість продукції, продуктивність праці та собівартість продукції. Саме ці показники, які є одними із основних техніко-економічних показників (ТЕП) любого машинобудівного підприємства, обумовлюють конкурентоспроможність виготовленої на ньому продукції. Тому вирішення проблеми підвищення якості інструментальної підготовки виробництва (ІПВ) для вітчизняних машинобудівних підприємств є задачею актуальною та своєчасною. Слід відзначити, що успішному вирішенню цієї важливої для підприємства задачі в значній мірі може сприяти ефективне використання сучасних інформаційних технологій (ІТ).

Метою роботи є підвищення якості інструментальної підготовки виробництва шляхом розроблення єдиної нормалізованої шкали оцінювання техніко-економічних показників (ТЕП) системи ІПВ на основі використання сучасних інформаційних технологій.

1 Система техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва

Одним із ефективних шляхів вирішення поставленої проблеми є використання в системі управління діяльністю машинобудівного підприємства інформаційної системи (ІС) ІПВ, що спирається на використання результатів аналізу даних системи ТЕП та методів їх оцінювання.

В роботі [3] запропонована система ТЕП ІПВ, яка використовується для раціоналізації діяльності машинобудівного підприємства як на оперативному, так і на тактичному рівнях, з метою мінімізації витрат на ІПВ або пошуку технології реалізації відповідних процесів інструментального забезпечення в найкоротші терміни. У цій системі ТЕП розподілені за трьома

рівнями ієрархії: за рівнем управління – оперативний і тактичний; за видами діяльності – організаційно-економічні, виробничі, управління якістю, екологічні, соціальні; за відповідним результуючим значенням – показники, які обраховуються за відносною шкалою від 0 до 1; показники, які мають оптимальне абсолютне значення; показники, які визначаються згідно логічних суджень експертів.

Проведений аналіз показав, що в запропонованій системі ТЕП ІПВ практично відсутній єдиний підхід до розрахунку та представлення ТЕП, що суттєво ускладнює використання сучасних інформаційних технологій і знижує ефективність більшості процесів ІПВ, тому що оцінки ТЕП в ній для різних процесів визначаються різними методами, можуть мати різну розмірність тощо. Так, наприклад, до першої класифікаційної групи ТЕП у цій системі відносяться показники, значення яких є відносними і лежить в інтервалі [0-1] з максимальними значеннями, що прагнуть до 1 (max→1). До наступної групи відносяться ТЕП, значення яких знаходяться в межах конкретного діапазону відповідним чином визначених або регламентованих відповідною нормативною документацією (НД) абсолютних (чисельних) значень тих чи інших показників. До третьої групи належать показники, які визначаються за допомогою експертних методів і мають, як правило, логічні оцінки. Така диспозиція значень різних ТЕП в умовах використання сучасних інформаційних технологій не завжди дозволяє оцінювати їхню порівнювальну значимість для забезпечення успішної за всіма показниками діяльності підприємства або його окремих підрозділів (складових) та приймати найкращі (оптимальні, раціональні) управлінські рішення як на оперативному, так і стратегічному рівнях.

Отже, з метою підвищення ефективності процедури прийняття в достатній мірі обґрунтованих раціональних рішень щодо перебігу процесів в системі ІПВ на основі аналізу ТЕП з використанням сучасних ІТ, необхідне приведення їх значень до якоїсь єдиної (нормалізованої) шкали оцінювання.

2 Розроблення єдиної шкали нормалізації ТЕП

Єдину шкалу нормалізації ТЕП системи ІПВ запропоновано розробляти на основі застосування теорії нечітких множин. Методика застосування математичного апарату теорії нечітких множин передбачає [4, 5, 6 й ін.] такі основні етапи:

- виділення параметрів, які характеризують досліджувану систему; визначення і формалізація лінгвістичних оцінок параметрів (фазифікація);
- побудова нечіткої бази знань про взаємозв'язки між параметрами;
- реалізація нечіткого логічного висновку про вплив вхідних параметрів на вихідні фактори;
- перетворення нечіткого логічного рішення в чітке значення (дефазифікація).

Відомо, що у теперішній час найбільш використовуваними в якості базового лінгвістичного значення оцінок ТЕП ІПВ для їх нормалізації є чисельні 5 – 7 бальні шкали оцінювання [1]. Так, наприклад, шкала Харрінгтона [7] при прийнятті багатьох рішень дозволяє оцінювати будь-який показник за його наступними рівнями: якщо дуже добре, то 1; добре – 2; задовільно – 3; погано – 4; дуже погано – 5. Зрозуміло, що така цілочисельна (від 1 до 5) оцінка ТЕП є нечіткою і дуже розмитою, що робить її в цьому випадку дуже залежною від суб'єктивних факторів, наприклад, судження, сприйняття та емоційного стану того суб'єкту, який приймає рішення. У зв'язку з цим, на наш погляд, більш доцільним є використання при оцінці ТЕП не цілочисельних змінних у вказаному діапазоні, а відповідних ним лінгвістичних, тобто таких, значеннями яких є не запропоновані цілі числа, а слова і словосполучення в природній або формальній мові [4]. Наприклад, можна запропонувати *лінгвістичну змінну* з назвою «ТЕП». *Значення* цієї лінгвістичної змінної, на відміну від самої змінної, будемо називати «Рівень ТЕП». Відповідно до цього можна записати рівняння призначення у вигляді:

$$X = \text{назва в } T(X), \quad (1)$$

де X – терм (формальне ім'я об'єкту), який характеризує рівень відповідного ТЕП; $T(X)$ – терм-множина, у якій терми можуть приймати відповідні їм значення.

Наприклад, якщо терм, в терм-множині $T(X)$ приймає значення «дуже добре», тоді можна написати:

$$\text{Рівень ТЕП} = \text{дуже добре} \quad (2)$$

де «дуже добре» – значення лінгвістичної змінної, яка має назву «дуже добре», прийняте цією змінною, та представляє собою обмеження на значення деякої базової змінної U в універсальній множині, наприклад, типу $U = [0,1]$.

У відповідності з таким підходом лінгвістичну змінну «Рівень ТЕП» можна представити деякою базовою змінною u , яка являє собою чисельну змінну, що може приймати любе значення, наприклад, у вказаній множині $U=[0,1]$ у діапазоні від 0 до 1, наприклад, 0; 0,1; 0,2; ... або 1,0. Таким чином, множина U являє собою якусь відносну базову шкалу оцінок, за допомогою якої можна проводити вимірювання (нормалізацію, оцінювання, визначення) рівня відповідного ТЕП, незалежно від його розмірності, методу визначення тощо.

Для проведення процедури оцінювання рівня ТЕП з використанням запропонованої шкали необхідно спочатку визначити назви лінгвістичних змінних "ТЕП", а потім відповідні значення, які вони можуть приймати, тобто скласти терм-множину $T(X)$, для чого треба сформулювати терми, що входять в нього, у відповідності з синтаксичними правилами, прийнятими у теорії нечітких множин [4].

Логічно буде припустити, що створювана терм-множина повинна містити в собі також терми – добре, погано і задовільно. При цьому будемо вважати, що, наприклад, деяка нечітка підмножина $M(X_1)$, відповідна до значення лінгвістичної змінної з назвою погано, не є доповненням до нечіткої підмножини $M(X_1)$, відповідної до значення лінгвістичної змінної з назвою добре, тобто:

$$M(\text{добре}) \neq \overline{M(\text{погано})} \quad (3)$$

де – знак $\overline{\quad}$ означає операцію доповнення до нечіткої підмножини.

Таким чином, будемо вважати, що терм-множина $T(\text{ТЕП})$ змінної "ТЕП" містить у собі наступні терми:

$$T(\text{ТЕП}) = \text{дуже добре} + \text{добре} + \text{задовільно} + \text{погано} + \text{дуже погано}.$$

У цьому виразі терми «дуже добре» і «дуже погано» є складеними термами, тобто складаються з, так званих, атомарних термів [4]: «добре», «погано».

Вказана терм-множина $T(\text{ТЕП})$ відповідає [5] критеріям, що враховують усі особливості сприйняття суб'єктом (оцінювачем, експертом) відповідних реальних об'єктів і їх опису, зокрема:

при використанні даної множини значень суб'єкт буде при описі свого «бачення» рівня відповідного ТЕП при його оцінюванні за тими або іншими критеріями зазнавати мінімальну невизначеність;

при використанні даної множини значень у випадку оцінки задоволеності експертним шляхом буде спостерігатися мінімальний ступінь неузгодженості думок різних експертів.

Розглянемо варіант синтаксичного правила для складання терма «дуже добре» із терм-множини $T(\text{ТЕП})$.

Складений терм «дуже добре» може бути описаний граматикою типу:

$$R = (V_T, V_N, T, P) \quad (4)$$

де V_T – множина термінальних символів (компоненти термів в T), наприклад, $V_T = \text{дуже} + \text{добре}$; V_N – множина не термінальних символів (синтаксичних категорій), наприклад, $V_N = T + A$, де A – прийняте значення атомарного терму (терм, який складається з одного слова або з декількох слів, завжди фігурують разом один з одним [4]); P – система підстановок.

Прийmemo до уваги те, що в теорії нечітких множин знак $+$ означає операцію об'єднання термінальних символів.

Система підстановок P може мати вигляд:

$$\begin{aligned} T &\rightarrow A, \\ T &\rightarrow \text{дуже } A, \\ A &\rightarrow \text{добре} \end{aligned}$$

Тоді ланцюжок підстановок для терма R у (4) прийме вигляд:

$$T \rightarrow A \rightarrow \text{дуже } A \rightarrow \text{дуже добре}. \quad (5)$$

Аналогічним способом визначаються ланцюжки підстановок для всіх інших термів, що входять у терм-множину $T(\text{ТЕП})$.

Функції належності. Наступним не менш важливим завданням, є побудова функцій належностей для кожної нечіткої підмножини, що характеризує певне значення лінгвістичної змінної. У даному випадку тип функції належності для кожної нечіткої підмножини будемо

визначати експертним методом, а самі значення μ_i розраховувати по формулах, відповідних до конкретного виду функції.

Прийmemo наступні значення нечітких підмножин для ТЕП першої групи: відносні показники, значення яких лежить в інтервалі [0-1], а їх максимальні значення прагнуть до 1, тобто $\max \rightarrow 1$.

1. Функцію належності для нечіткої множини $M(\text{добре})$ можна описати, наприклад, формулами типу [4]:

$$\mu_{ny}(u, \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } u \leq \gamma; \\ 1 - \frac{2(u - \gamma)^2}{(\alpha - \gamma)^2}, \text{ якщо } \gamma \leq u \leq \beta; \\ \frac{2(u - \alpha)^2}{(\alpha - \gamma)^2}, \text{ якщо } \beta \leq u \leq \alpha; \\ 0, \text{ якщо } u \geq \alpha; \end{cases} \quad (6)$$

де α, γ, β – числові параметри, що приймають довільні дійсні значення.

Встановивши експертним шляхом значення числових параметрів $\alpha = 0,5$; $\gamma = 0,2$, $\beta = 0,36$ і, провівши відповідні розрахунки за формулами (6), одержимо наступний вигляд функції належності для різних значень базової змінної u (рис. 1,а):

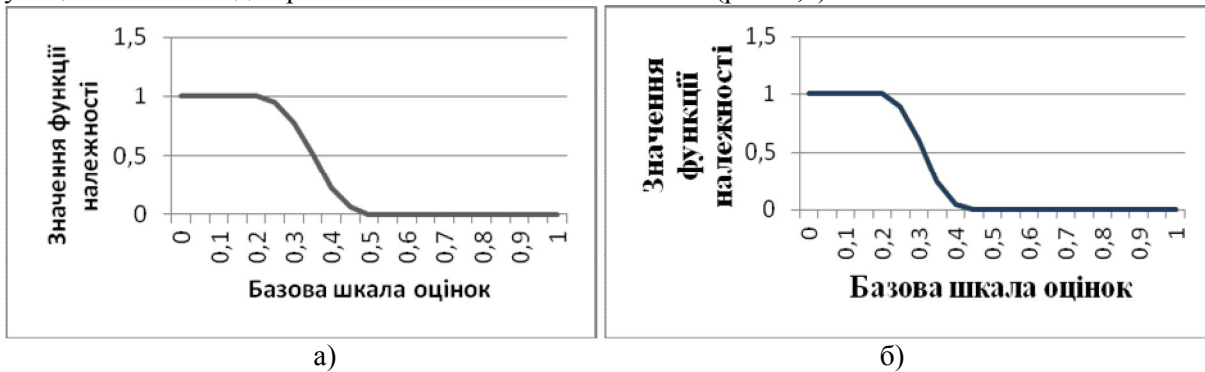


Рис. 1 Вигляд функцій належності для підмножин: а) «добре», б) «дуже добре»

2. Для встановлення вигляду функції належності для нечіткої множини $M(\text{дуже добре})$ прийmemo припущення, що модифікатор «дуже» діє як оператор підвищення «чіткості» нечіткої підмножини $M(\text{добре})$ у вигляді концентрування, тобто:

$$M(\text{дуже добре}) = \text{CON}(M(\text{добре})) = (M(\text{добре}))^2 \quad (7)$$

Таким чином, можна записати:

$$\mu_{AY} = \mu_Y^2. \quad (8)$$

Звідки одержимо функцію належності, показану на рис. 1, б.

3. Функцію належності для нечіткої множини $M(\text{погано})$ можна описати формулами типу [4]:

$$\mu_y(u, \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } u \leq \alpha; \\ \frac{2(u - \alpha)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } \alpha \leq u \leq \beta; \\ 1 - \frac{2(u - \gamma)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } \beta \leq u \leq \gamma; \\ 1, \text{ якщо } u \geq \gamma; \end{cases} \quad (9)$$

де $\beta = (\alpha + \gamma)/2$ – точка переходу, тобто таке значення $u \in U$, ступінь належності множині $M(X)$ якого дорівнює 0,5.

Встановивши експертним шляхом значення числових параметрів $\alpha = 0,5$; $\gamma = 0,8$, $\beta = 0,65$ і, провівши розрахунки по формулах (9), одержимо вигляд функції належності для різних значень базової змінної u , представлений на рис. 2, а.

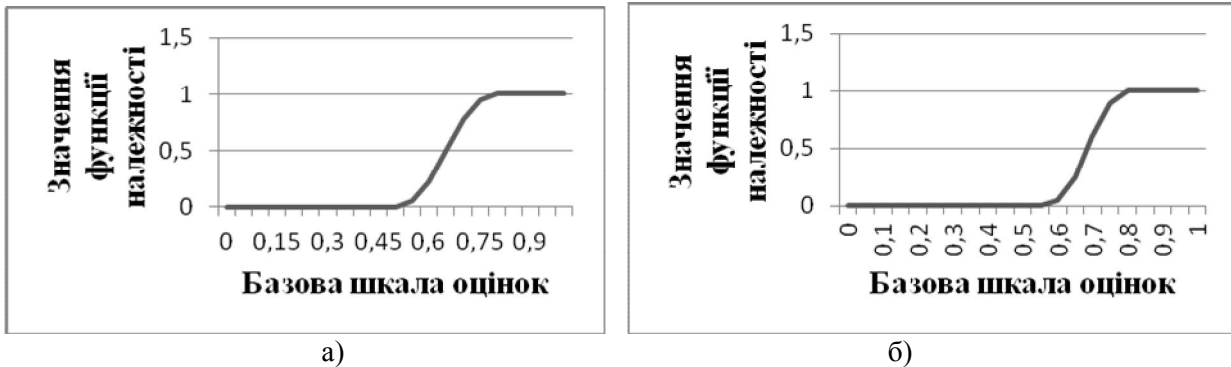


Рис. 2 Вигляд функцій належності для нечітких підмножин:
а) M «погано» та б) M «дуже погано»

4. Для встановлення вигляду функції належності нечіткій множині M (дуже погано) прийемо припущення, аналогічне припущенню для нечіткої множини M (дуже добре), тобто:

$$\mu_{AY} = \mu_Y^2 \tag{10}$$

Тоді одержимо функцію належності, показану на рис. 2, б.

5. Функція належності для нечіткої множини M (задовільно) описується формулами типу:

$$\mu_{cy} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } u \leq \alpha; \\ \frac{2(u - \alpha)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } \alpha \leq u \leq \beta; \\ 1 - \frac{2(u - \gamma)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } u \leq \gamma; \\ 1, \text{ якщо } u = \gamma; \\ 1 - \frac{2(u - \gamma)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } u \leq \delta; \\ \frac{2(u - \varepsilon)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } \delta \leq u \leq \varepsilon; \\ 0, \text{ якщо } u \geq \varepsilon; \end{cases} \tag{11}$$

Встановивши експертним шляхом значення числових параметрів $\alpha = 0,15$; $\gamma = 0,5$; $\varepsilon = 0,85$, і враховуючи, що $\beta = (\alpha + \gamma) / 2$ та $\delta = (\varepsilon + \gamma) / 2$, одержимо вигляд функції належності для різних значень базової змінної u , показаний на рис.3.

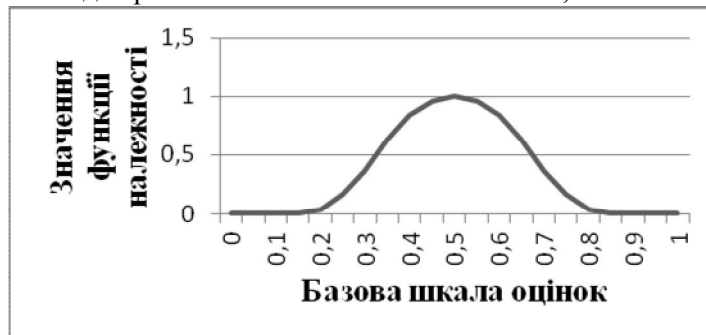


Рис. 3. Вид функції належності для нечіткої підмножини «Задовільно»

Побудувавши всі функції належності на одній площині, одержимо графічне зображення лінгвістичної змінної "ТЕП" (рис.4).

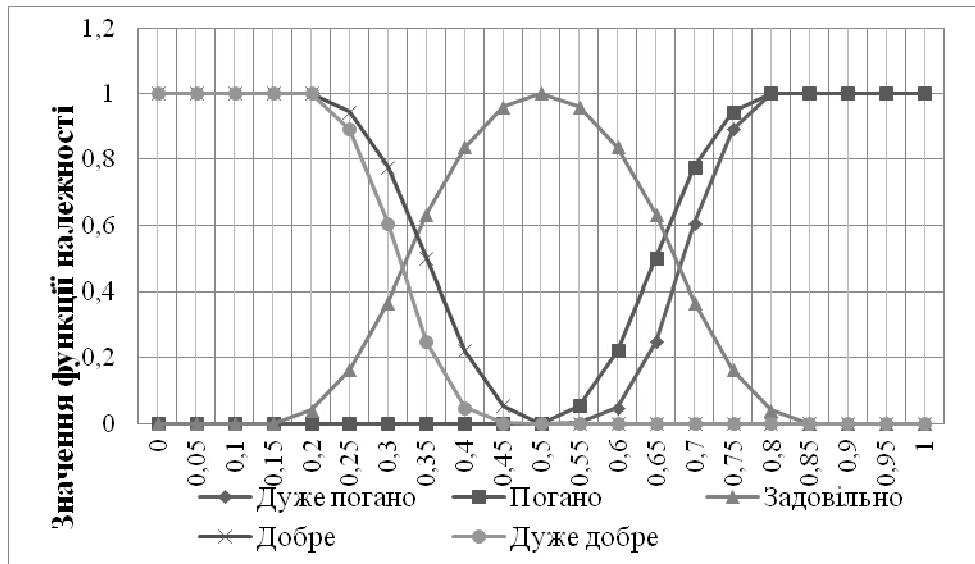


Рис. 4. Графічне зображення лінгвістичної змінної «ТЕП»

Як видно з наведеного графічного зображення, усі нечіткі підмножини, використувані для оцінки рівня ТЕП, є нормальними:

$$\max \{ \mu_A(u) \} = 1,$$

тобто для кожної підмножини можна знайти хоча б одне $u \in U$, для якого $\mu_A(u) = 1$.

Крім того, з рис. 4 видно, що крім точок, що лежать в інтервалах $[0; 0,2]$ і $[0,8; 1,0]$, немає жодної точки, для якої виконувалося б умова:

$$\max \{ \mu_A(u_i) \} = \max \{ \mu_B(u_i) \},$$

тобто, для будь-якої точки u можна знайти таку функцію належності, що:

$$\max \{ \mu_A(u_i) \} \geq \mu_{A_j}(u), 1 \leq j \leq 11, j \neq i.$$

Дефазифікація оцінки показників. Процедура дефазифікації аналогічна знаходженню характеристик положення (математичного очікування, моди, медіани) випадкових величин у теорії вірогідності. Згідно [8] цей етап не є обов'язковим. Він використовується тоді, коли необхідно перетворити нечіткий набір значень лінгвістичних змінних, що виводяться, до точних значень.

Отже згідно рисунку 6 для чисельного значення u , можна визначити по табл.1 відповідне йому лінгвістичне значення змінної «ТЕП».

Таблиця 1. Шкала нормалізації ТЕП процесів ІС ШВ

Значення ТЕП	Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
1	2	3
$0 \leq u \leq 0,2$	Дуже добре	1
$0,2 < u \leq 0,34$	Добре	2
$0,34 < u \leq 0,66$	Задовільно	3
$0,66 < u \leq 0,8$	Погано	4
$0,8 < u \leq 1$	Дуже погано	5

Аналогічним чином проводять побудову шкал оцінок для всіх ТЕП другої групи, які мають оптимальне або регламентоване нормативними документами абсолютне значення. На першому етапі визначається інтервал можливих значень конкретного ТЕП в рамках підприємства, що аналізується. На подальших етапах відбувається фазифікація, встановлення функцій належності та побудова графічних зображень лінгвістичної змінної за описаною методикою.

Наприклад, показник автоматизації інструментального виробництва – це відношення кількості верстатів автоматичної дії до загальної кількості верстатів. Враховуючи різноманітність технологічного оснащення, та вимоги до швидкості переналагодження обладнання для виготовлення та ремонту ТО, оптимальне значення показника автоматизації інструментального

виробництва у своїй переважній більшості не повинне перевищувати значення 0,7. Тому, шкалу нормалізації цього показника доцільно звести до вигляду, показаному в таблиці 2.

Таблиця 2 Шкала нормалізації показника автоматизації інструментального виробництва

Значення ТЕП	Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
1	2	3
$0 \leq u \leq 0,25$	Дуже погано	5
$0,25 < u \leq 0,38$	Погано	4
$0,38 < u \leq 0,7$	Дуже добре	1
$0,7 < u \leq 0,85$	Добре	2
$0,85 < u \leq 1$	Задовільно	3

ТЕП третьої групи визначаються згідно логічних суджень експертів. В цьому випадку відбувається бальне оцінювання показника за шкалою, представленою у таблиці 1 (стовпчики 2 та 3).

3. Розробка алгоритму застосування нормалізації ТЕП в ІС ПІВ

На рисунку 5 наведено алгоритм застосування запропонованого методу нормалізації техніко-економічних показників в ІС ПІВ машинобудівного підприємства.

В цьому алгоритмі згідно вимог конкретного технічного завдання на придбання або виготовлення технічного оснащення формується перелік ТЕП ІС ПІВ. Як вже зазначалося, перелік ТЕП формується з трьох класифікаційних груп, показники мають різну розмірність та оптимальні значення, тому, після визначення величини кожного ТЕП, на наступному кроці необхідно провести їх нормалізацію. Згідно з запропонованою методикою застосування теорії нечітких множин для кожної групи показників розробляється шкала нормалізації, за якою значення відповідного показника переводиться в безрозмірну величину – бал.

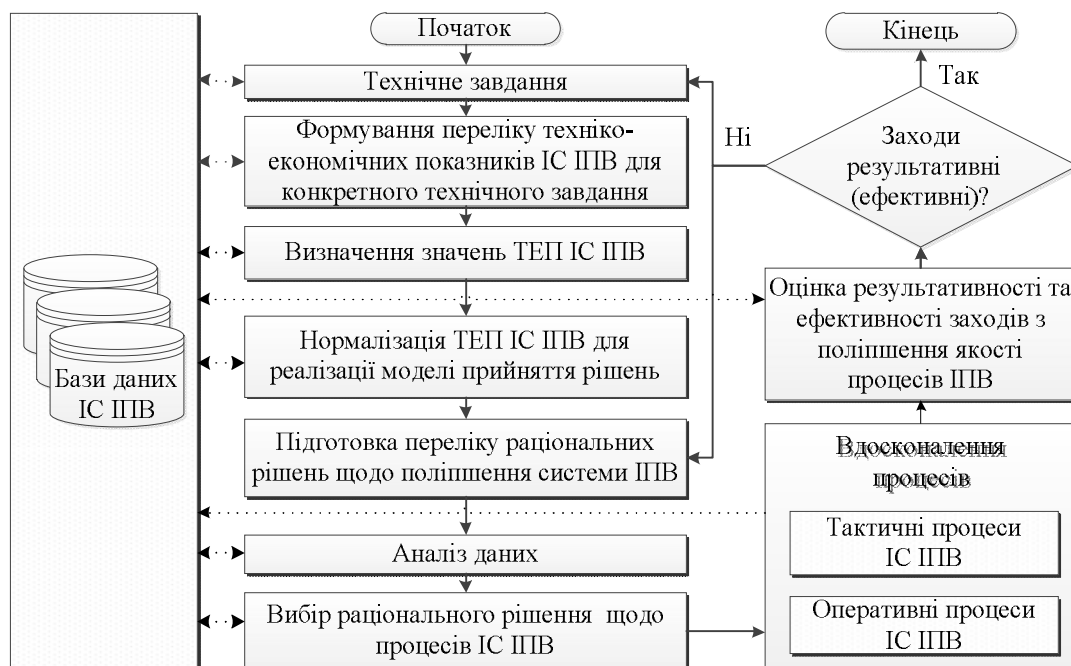


Рис. 5 Нормалізація техніко-економічних показників в інформаційній системі управління якістю інструментальної підготовки виробництва

Наступними кроками, шляхом підстановки нормалізованих ТЕП в математичну модель, яка запропонована в роботі [9], відбувається: формування переліку раціональних рішень щодо поліпшення системи ІС ПІВ, аналіз цих даних та вибір раціонального рішення.

На етапі вдосконалення процесів відбувається втілення запропонованого раціонального рішення в процеси ІС ПІВ. Алгоритм також враховує вимоги ДСТУ ISO 9001:2009 щодо оцінювання результативності та ефективності виконуваних заходів. Цей етап передбачає зворотній

зв'язок, який може зажадати корегування технічного завдання, переліку ТЕП ІС ПІВ або вибір альтернативного рішення.

Висновки

1. Показано, що у традиційно визнаних системах ТЕП ПІВ практично відсутній єдиний підхід до розрахунку та представлення ТЕП, що суттєво ускладнює використання сучасних інформаційних технологій і знижує ефективність більшості процесів ПІВ, тому що оцінки ТЕП в ній для різних процесів визначаються різними методами, можуть мати різну розмірність тощо. У зв'язку з цим, запропоновано ТЕП ПІВ машинобудівного підприємства розділити на три групи:

- перша група ТЕП – відносні показники, значення яких лежить в інтервалі [0-1], а максимальне значення прагне до 1 (max→1);
- друга група – ТЕП, значення яких знаходяться в межах конкретного діапазону і мають оптимальне абсолютне значення;
- третя група – ТЕП, які визначаються за допомогою експертних методів.

2. На основі застосування теорії нечітких множин розроблена універсальна шкала нормалізації неоднорідних ТЕП ПІВ, що дозволяє використовувати систему ТЕП ПІВ для підвищення ефективності діяльності машинобудівних підприємств шляхом використання сучасних ІТ та проведення оперативного аналізу результатів оцінювання техніко-економічного рівня системи ПІВ, а, відповідно, своєчасної зміни тактичних дій (процесів) в системі управління виробництвом.

3. Показано, що поєднання системи нечіткого виводу з інформаційною системою управління (ТЕП ІС ПІВ) дозволяє використовувати у єдиному інформаційному просторі як вихідні дані для нечіткого опису, так і результати візуалізації у вигляді діаграм та таблиць даних.

4. Наведені приклади розрахунку функцій належності як окремих нечітких підмножин лінгвістичних змінних, що використовуються для оцінки рівня ТЕП, «дуже добре», «добре», «задовільно», «погано», «дуже погано», так і лінгвістичної змінної «ТЕП» в цілому.

5. Розроблено алгоритм нормалізації ТЕП в ІС ПІВ машинобудівного підприємства.

1. Івченко, А.В. Управление качеством инструментальной подготовки производства многоименного машиностроительного предприятия [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.02 – Стандартизация, сертификация и метрологическое обеспечение / А. В. Ивченко; КНУТД. – Сумы: СГУ, 2009. – 278 л.
2. Зеленцова, Е.В. Системный подход к инструментальному обеспечению предприятия [Электронный ресурс] / Зеленцова Е.В., Зеленцова Н.Ф. Режим доступа: http://www.instrument.spb.ru/zurnals/24/zurnal_24Theme1.shtml
3. Залога В.О. Оцінювання техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва / В.О. Залога, О.В. Івченко, Ю.О. Погоржельська // XIV Всеукраїнська молодіжна науково-технічна конференція: Машинобудування України очима молодих – 2014 р., м.Суми. – С.33-35.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде; пер с англ. Н.И.Ринго. – М: "Мир". – 1976. – 164 с.
5. Ротштейн О.П. Интеллектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі / О. П. Ротштейн. – Вінниця: Універсум-Вінниця. – 1999. – 320 с.
6. Дынник О.Д. Оценка удовлетворенности заинтересованных сторон. Часть 2. Разработка шкалы оценивания / О. Д. Дынник, В. А. Залога, А. В. Ивченко, Ю. А. Денисенко, Н. В. Сущенко // Журнал инженерных наук. – Сумы: Изд-во СумДУ, 2014. – №2. – С. Е 1–Е11.
7. Пичкалев А. В. Применение кривой желательности Харрингтона для сравнительного анализа автоматизированных систем контроля/А.В. Пичкалев // Вестник КГТУ. - Красноярск : КГТУ. – 1997. – С. 128–132.
8. Макеева А.В. Основы нечеткой логики. Учебное пособие для вузов / Макеева А.В. – Н. Новгород: ВГИПУ. – 2009. – 58 с.
9. Залога В.О. Модель прийняття рішень при управлінні якістю інструментальної підготовки виробництва. / Залога В.О., Погоржельська Ю.О., Івченко О.В. // Качество, стандартизация, контроль: теория и практика: Материалы 14-й Международной научно-практической конференции. – Киев: АТМ Украины. – 2014. – 144 с. – 45-46 с.

Стаття надійшла до редакції 17.03.2015.