

**В.О. ЗАЛОГА**, д-р техн. наук, **О.Д. ДИННИК**,  
**О.В. ІВЧЕНКО**, канд. техн. наук, Суми, Україна

## **РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ЗАГОТІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

У статті розглянуті проблеми оцінювання результативності системи управління якістю заготівельного виробництва машинобудівного підприємства, запропонована математична модель оцінювання результативності системи управління якістю заготівельного виробництва, яка дозволяє оцінити ступінь впливу процесів заготівельного виробництва на відносне значення показників якості заготовок.

В статье рассматриваются проблемы оценки результативности системы управления качеством заготовительного производства машиностроительного предприятия, предлагается математическая модель оценки результативности системы управления качеством заготовительного производства, позволяющая оценить степень влияния процессов заготовительного производства на относительное значение показателей качества продукции.

The article deals with the problems of estimation of control system effectiveness by quality of purveying production of machine-building enterprise. The mathematical model of estimation of control system effectiveness by quality of purveying production is offered, allowing to estimate the degree of influence of purveying production processes on the relative value of quality indexes of products.

### *Актуальність проблеми, мета та завдання досліджень*

Одним з основних інструментів удосконалення діяльності машинобудівних підприємств в сфері управління якістю є не лише оцінювання якості продукції (послуг), але й впровадження систем управління якістю, які повинні базуватися на оцінюванні внеску кожного з процесів даної системи в досягнення цілей підприємства в цілому.

Інструменти управління якістю, засновані на контролі якості вихідної продукції та статистичних методах контролю процесів, не дозволяють належним чином враховувати та реалізувати вимоги споживача до продукції в умовах конкурентного середовища. Тому сьогодні актуальним є питання розробки моделі оцінювання системи управління якістю заготівельного виробництва, результати якого можна використовувати для удоскона-

лення як процесів даної системи, так й для удосконалення самої системи управління [1].

Оцінювання якості системи заготівельного виробництва (ЗВ) повинне враховувати внесок кожного з процесів цієї системи в досягнення задач, поставлених перед заготівельним виробництвом машинобудівного підприємства, і ґрунтуватися на даних, отриманих в ході проведення оцінювання технічного рівня даного виробництва (рис. 1).

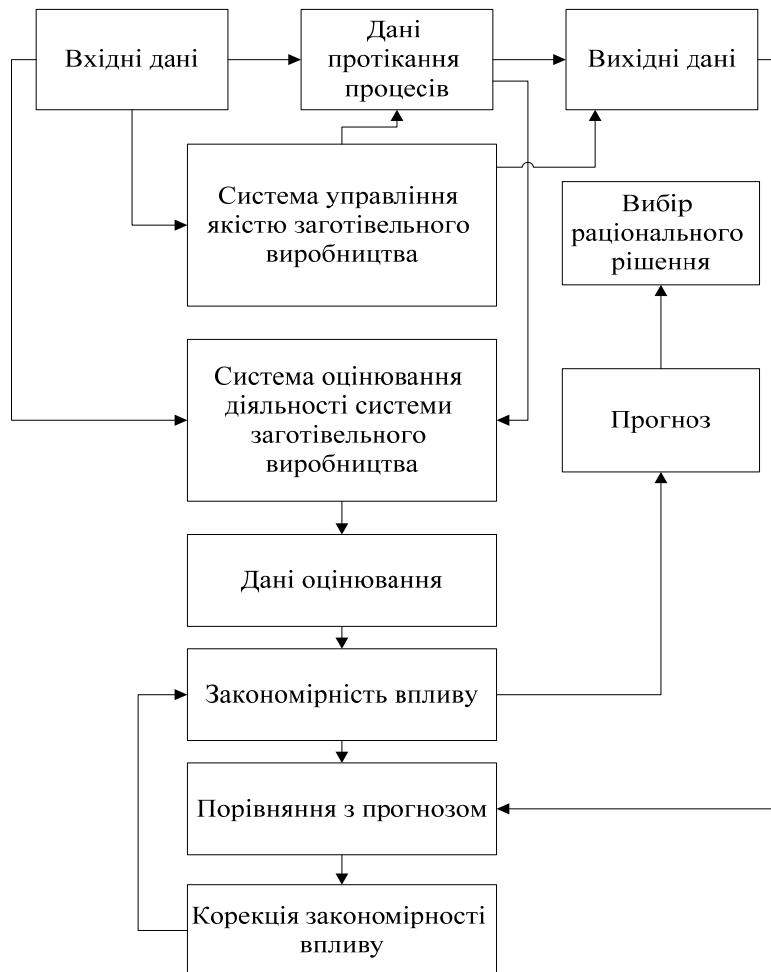


Рисунок 1 – Алгоритм процесу вибору критичних точок моніторингу процесів СУЯ ЗВ

Мета дослідження полягає в розробці методики оцінювання результативності системи управління якістю (СУЯ) ЗВ з урахуванням аналізу впливу процесів СУЯ на відповідність якості продукції ЗП вимогам споживачів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розробити математичну модель, що описує взаємозв'язок структури процесів СУЯ ЗВ і характеристик якості продукції.

2. Розробити методику отримання вихідних даних для математичної моделі на основі оцінювання відповідності якості продукції ЗВ вимогам споживачів.

3. Розробити методику оцінювання результативності процесів СУЯ на основі впливу процесів на відповідність якості продукції ЗП вимогам.

4. Розробити методику виявлення процесів СУЯ ЗВ, що вимагають планування коректуючих дій, спрямованих на підвищення якості продукції ЗВ

*Розробка моделі оцінювання результативності системи управління якістю заготівельного виробництва*

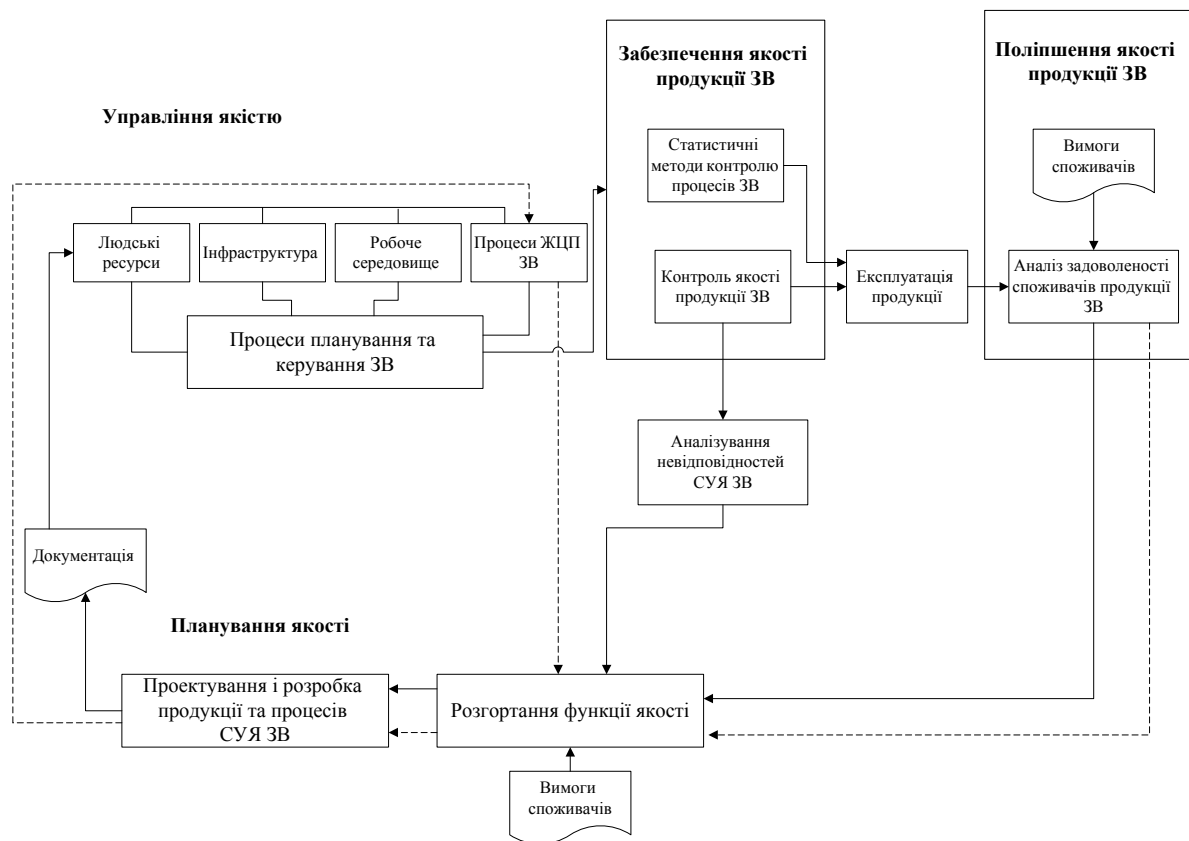
Оскільки продукція є результатом перетворення вихідних даних в результаті функціонування процесів, то, врахувавши вклад процесів в досягнення відповідності якості продукції ЗВ вимогам, ми отримаємо ефективний механізм, що дозволить збільшити оперативність управління процесами і скоротить витрати ресурсів на розробку і реалізацію попереджувальних заходів та коректуючих дій, а також дозволить вийти на принципово новий рівень результативності управління процесами СУЯ ЗВ (рис. 2).

Першим етапом оцінювання відповідності якості продукції ЗВ вимогам споживачів є збирання і обробка вихідних даних. В якості вихідних даних виступають відповіді респондентів на анкети, в яких споживач дає оцінку кожному показнику якості заготовки з точки зору необхідного рівня якості і фактично досягнутого заготівельним виробництвом рівня задоволеності.

Різниця необхідного і фактичного рівнів є абсолютною оцінкою відповідності якості заготовки вимогам. Для подальших розрахунків використовується також оцінювання відносної відповідності якості продукції ЗВ вимогам споживачів.

Вихідні дані, отримані в ході опиту респондентів, мають бути структуровані в матрицю з рядками  $m - 1; m$ , де непарний рядок  $m - 1$  містить досягнуті значення задоволеності споживача, а парний рядок  $m$  – необхідне значення задоволеності споживача показника якості продукції ЗВ:

$$[X] = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$



- Зворотній зв'язок для оцінювання внеску процесу у задоволеність споживача продукції ЗВ
- ЗВ        Заготівельне виробництво
- СУЯ ЗВ   Система управління якістю заготівельного виробництва
- ЖЦП     Життєвий цикл продукції

Рисунок 2 – Графічне зображення етапів моделі оцінювання результативності СУЯ ЗВ

Таким чином, задоволеність, досягнута за різними показниками якості, представлена в матриці (1) у всіх непарних рядках, необхідний рівень задоволеності – в парних рядках, а оцінки респондентів – в стовпцях ( $l:n$ ).

Для оцінювання відносного значення відповідності якості заготовок вимогам по кожному показнику окремо необхідно розрахувати середні значення по кожному рядку матриці (1).

Оскільки матриця (1) є цільовою вибіркою з сукупності споживачів продукції ЗВ, для отримання дійсних оцінок середніх значень по вибірці необхідно ввести в розрахунки урахування похибок або довірчих інтервалів, у межах яких із заданою вірогідністю знаходяться дійсні значення оцінюваних параметрів [2].

$$\left\{ \bar{X} \right\} = \left[ \begin{array}{c} \frac{\sum_{i=1}^n X_{1i}}{n} \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_{2i}}{n} \\ \dots\dots\dots \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_{m-1i}}{n} \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_{mi}}{n} \end{array} \right], \quad (2)$$

де  $\left\{ \bar{X} \right\}$  -множина середніх значень оцінок;  
 $X_{m-1i}$  - $i$ -та оцінка досягнутого рівня якості показника якості  $m$ ;  
 $X_{mi}$  - $i$ -та оцінка необхідного рівня якості показника якості  $m$ .

Розрахунок дійсних значень оцінки показників якості здійснюється за формулою[3]:

$$\begin{aligned} \hat{X}(P) &= X \pm \delta_p, \\ P &= \dots\% \end{aligned} \quad (3)$$

де  $\hat{X}(P)$  - дійсне значення оцінки показника якості;

$\bar{X}$  -середньозважене значення результатів вимірювань показника якості;

$\delta_p$  - половина величини довірчого інтервалу;

$P$  - вибрана вірогідність потрапляння в довірчий інтервал.

Для визначення кордонів довірчого інтервалу скористаємося розподілом Стюдента, який використовується для оцінювання довірчих інтервалів нормально розподілених величин при невеликій кількості вимірювань і невідомому об'ємі генеральної сукупності.

Довірча границя похибки результату вимірювань показника опитування  $\delta_p$  розраховується, як [2]:

$$\delta_p = t_{P(k)} \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}, \quad (4)$$

де  $t_{P(k)}$  - значення дробу Стюдента для заданої вірогідності попадання у довірчий інтервал;

$k$  – кількість ступенів свободи ( $k = n - 1$ );

$n$  – об'єм вибірки;

$\sigma_x$  – величина дисперсії відповідей споживачів з даного питання.

Дисперсія в виразі (4) розраховується за формулою:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}}, \quad (5)$$

де  $\bar{X}$  – середнє значення оцінок вибіркової сукупності;

$X_i$  –  $i$ -й показник якості продукції ЗВ;

$n$  – розмір вибірки.

В цілях спрощення подальших розрахунків, з урахуванням того, що результати досліджень націлені на виявлення шляхів для поліпшення показників якості, прийемо в якості дійсних оцінок показників нижні кордони довірчих інтервалів, тобто у формулі (3) прийемо знак мінус.

Дійсні значення рядків матриці (1) можна розрахувати як середні значення рядків з врахуванням довірчих інтервалів. Таким чином, формула (2) прийме вигляд:

$$\left\{ \hat{X} \right\} = \left[ \begin{array}{l} \frac{\sum_{i=1}^n X_{1i}}{n} - t_{P(k)} \frac{\sigma_{x1}}{\sqrt{n}} \\ \dots \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_{m-1i}}{n} - t_{P(k)} \frac{\sigma_{xm-1}}{\sqrt{n}} \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_{mi}}{n} - t_{P(k)} \frac{\sigma_{xm}}{\sqrt{n}} \end{array} \right] \quad (6)$$

де  $\left\{ \hat{X} \right\}$  – множина дійсних значень оцінювання;

$x_{ji}$  –  $i$ -те значення  $j$ -го рядка матриці (1);

$n$  – кількість значень  $x$  ряду  $i$ ;

$j$  – кількість рядків;

$\sigma_{xj}$  – дисперсія множини  $x$  ряду  $j$ ;

$t_{P(k)}$  – значення дробу Стьюдента.

Різниця рядків  $(m-l;m)$  матриці (1), тобто кожної пари рядків (непарного і парного), дає абсолютну оцінку досягнення задоволеності споживачів продукції ЗВ по кожному показнику якості. Оскільки матриця

(1) перетворена в множину дійсних значень  $\{\hat{X}\}$  (6), то абсолютною оцінкою досягнення задоволеності споживачів по кожному показнику є різниця між кожним парним і непарним дійсними значеннями  $\left(\hat{x}_m - \hat{x}_{m-1}\right)$ . Відносне

значення відповідності по кожному показнику розраховується для отримання даних про рівень досягнення необхідних параметрів, що для приведення даних до єдиної шкали і можливості розрахунку підсумкового Індексу задоволеності споживача приймаються за одиницю (100%). Відносне значення відповідності визначається як функція  $\varphi$  від пари дійсних значень:

$$\varphi\left(\hat{x}\right) = \left(1 - \frac{\hat{x}_m - \hat{x}_{m-1}}{\hat{x}_m}\right) \quad (7)$$

де  $\hat{x}_m$  - дійсне значення потрібного рівня якості показника якості;

$\hat{x}_{m-1}$  - дійсне значення досягнутого рівня якості продукції ЗВ.

Для отримання відносних значень відповідності за всіма даними вибірки візьмемо функцію  $\varphi$  від множини дійсних значень  $\{\hat{X}\}$ .

$$\left\{\varphi\left(\hat{x}_1\right); \varphi\left(\hat{x}_2\right); \varphi\left(\hat{x}_3\right); \dots; \varphi\left(\hat{x}_{m-1}\right); \varphi\left(\hat{x}_m\right)\right\} = \left\{\left(1 - \frac{\hat{x}_2 - \hat{x}_1}{\hat{x}_2}\right); \left(1 - \frac{\hat{x}_4 - \hat{x}_3}{\hat{x}_4}\right); \dots; \left(1 - \frac{\hat{x}_m - \hat{x}_{m-1}}{\hat{x}_m}\right)\right\} \quad (8)$$

де  $\varphi\left(\hat{x}_i\right)$  - функція відносної відповідності  $i$ -го елемента множини  $\{\hat{X}\}$ ;

$m$  - кількість елементів множини, де парні елементи - дійсні значення *необхідного* рівня якості продукції ЗВ, непарні - дійсні значення *досягнутого* рівня якості продукції ЗВ.

Відносні значення відповідності, що складають множину  $\{\varphi\}$  і дозволяють оцінити міру виконання вимог споживача за окремими показниками якості, служать основою для оцінювання комплексного показника якості - *Індексу задоволеності споживачів* (ІЗС) [4] [5], а також є вихідними дани-

ми для розрахунку ступеню впливу процесів ЗВ на досягнутий рівень задоволеності, визначення якого є одним із завдань дослідження.

Перш ніж визначати внесок процесів в досягнення задоволеності споживача продукції ЗП за окремими показниками якості, необхідно визначити значення комплексного показника, що інтегрує оцінки окремих показників в єдине значення ІЗС.

Кожен показник вносить до рівня задоволеності споживачів продукції ЗВ певний вклад, у зв'язку з чим, для розрахунку ІЗС необхідно визначити середньозважене значення множини  $\{\varphi\}$ .

Для розрахунку міри впливу пропонується використовувати, з точки зору вкладу в загальну задоволеність, експертний метод парного порівняння показників [6].

Сутність експертного методу парного порівняння полягає в тому, що загальне завдання експертизи і встановлення порівняльних ступенів впливу показників розбивається на ряд елементарних завдань. У кожному елементарному завданні  $i$ -й експерт ( $i = 1, m$ ) попарно порівнює між собою лише два показники. Для важливішого показника встановлюється  $q=2$ , для менш важливого – 0. Якщо показники рівні, кожному з них привласнюється  $q=1$ . Результати порівняння заносяться в матрицю розмірності  $j \times j$ , яка використовується для визначення вагомості об'єктів  $i$ -м експертом:

$$\begin{pmatrix} q_{11} = 1 & q_{12} & a_{1m} \\ q_{21} & q_{22} = 1 \dots & a_{2m} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nm} = 1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Приклад розрахунку вагових значень ряду даних наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 – Приклад розрахунку вагових значень методом парних порівнянь

$\{\varphi(x)\}$	$\varphi(x)$		$\sum x_{ij}$	$q_i$ <small>вес</small>
$\varphi_1(x)$	1	0	2	0,3
$\varphi_2(x)$	2	1	2	0,6
			...	
$\varphi_3(x)$	0	0	1	0,1
Разом			9	1



*Метод розрахунку Індексу Задоволеності споживачів*

Комплексний показник якості ІЗС розраховується як середньозважене відносних значень відповідності  $\varphi(x)$  з врахуванням вагових коефіцієнтів  $q_j$ , визначених експертним методом парного порівняння з урахуванням поправки оцінки границь довірчого інтервалу:

$$Q = \sum_{j=1}^m \varphi(\bar{X}_j) q_j, \quad (10)$$

де  $Q$  – індекс задоволеності споживача

$\varphi(\bar{X}_j)$  – відносне значення відповідності  $j$ -го показника якості

$$\hat{X}; j = 1/m,$$

$m$  – кількість елементів сукупності (8)

$q_j$  – експертний ваговий коефіцієнт розрахунку комплексних показників для  $j$ -го показника множини  $\{\varphi\}$ , отриманий методом парного порівняння.

Для уточненого розрахунку границь довірчого інтервалу необхідно знайти такі оцінки дійсного значення  $\hat{Q}$  вимірюваних прямими способами величин  $\bar{X}$ , які при підставленні в рівняння (10) давали б оцінку дійсного значення побічно вимірюваної величини. Оскільки ці оцінки пов'язані з відповідними випадковими похибками, можемо записати:

$$\hat{Q} - \lambda = \sum_{i=1}^n \varphi(\bar{X}_i - \lambda_i) q_j, \quad (11)$$

де  $\lambda = \hat{Q} - Q$  – випадкова похибка оцінки  $\hat{Q}$ ;

$$\lambda_i = \hat{x}_i - \bar{x}_i - \text{випадкова похибка оцінки } \bar{x}_i;$$

Розкладемо рівняння (10) в ряд Тейлора за двома ступенями випадкових похибок[7]. У результаті перетворень ряду отримаємо:

$$\hat{Q} - \lambda = \left( \sum_{i=1}^n \varphi(\bar{x}_i) q_j - \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\sum_{i=1}^n \varphi(\bar{x}_i) q_i}{\varphi(\bar{x}_i)} \times \delta_{pi} \right)^2} \right), \quad (12)$$

де  $\hat{Q}$  – середньозважене відносних значень відповідності  $\varphi(\bar{x}_i)$ ;

$\lambda$  – підсумкова похибка вимірів.

Підставивши в рівняння (12) значення  $\varphi(\bar{x}_i)$ ,  $\delta_{pi}$  і  $q_i$ , можна отримати дійсне значення ІЗС, що із заданою вірогідністю Р потрапляє в границі довірчого інтервалу.

Визначення ступеню впливу процесу на досягнення відносного значення відповідності показника якості продукції ЗВ полягає у визначенні експертними методами коефіцієнтів кореляції процесів і показників якості продукції ЗВ з метою встановлення внеску кожного з процесів ЗВ в досягнутий рівень відносної відповідності досягнутого рівня якості вимогам споживачів по кожному показнику

Коефіцієнти кореляції встановлюються за допомогою розгортання функції якості (QFD)[8], при цьому в стовпцях матриці (таблиця 2) представлені виробничі (операційні) процеси, що формують цінність для споживача продукції ЗВ. У точці перетину стовпця  $i$ -го процесу і рядка  $j$ -го показника експерти визначають значення коефіцієнта  $k_{ij}$  з інтервалу  $(-3; +3)$  з кроком 1,5. Значення, що дорівнює 3 відповідає сильній кореляції, 1,5 – слабкій кореляції, 0 – свідчить про відсутність кореляції. Знак коефіцієнту  $k_{ij}$  визначає характер кореляції – позитивна / негативна.

Таблиця 2 – Оцінка коефіцієнтів кореляції показників і процесів

	$\varphi_1(x)$	$\varphi_2(x)$	$\varphi_3(x)$	...	$\varphi_n(x)$
$\Omega_1$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$		$k_{1n}$
$\Omega_2$	$k_{21}$	$k_{22}$	$k_{23}$		$k_{2n}$
			...		
$\Omega_m$	$k_{m1}$	$k_{m2}$	$k_{m3}$		$k_{mn}$

Внесок відповідного процесу в досягнутий рівень задоволеності оцінюється як середнє значення сум добутоків коефіцієнтів кореляції  $k_{\Omega\varphi}$  процесів і показників якості і відносних значень відповідності показників якості  $\varphi(\hat{x})$  рядка  $i$ -го процесу (табл.. 2):

$$\Omega_i = \frac{\sum_{j=1}^n \varphi(\hat{x}_j) k_{ij}}{\sum_{j=1}^m k_{ij}} \times 100, \quad (13)$$

де  $\Omega_i$  – ступінь впливу  $i$ -го процесу ЗВ на досягнення відповідності якості вимогам;

$\varphi(x_j)$  – відносне значення відповідності  $j$ -го показника якості продукції ЗВ;

$k_{ij}$  – коефіцієнт кореляції  $i$ -го процесу ЗВ і  $j$ -го показника якості.

Для оцінювання критеріїв результативності розглянутого процесу з точки зору задоволеності споживачів, а також включення даних в оцінювання результативності процесів необхідно визначити вагові значення відносного ступеня впливу цього процесу[9]:

$$v_{\Omega_i} = \frac{\Omega_i}{\sum_{i=1}^m \Omega_i}, \quad (14)$$

де  $v_{\Omega_i}$  – міра впливу  $i$ -го процесу;

$\varphi(x_j)$  – відносна відповідність  $j$ -го показника табл. 2;

$k_{ij}$  – коефіцієнт кореляції  $i$ -го процесу ЗВ і  $j$ -го показника якості;

$\Omega_i$  – міра впливу  $i$ -го процесу на досягнення відповідності якості вимогам.

Модель розрахунку ступеню впливу процесів ЗВ на відносну відповідність показників і рейтинг впливу процесів ЗВ включені в математичну модель розгортання функції якості процесів, представлену у вигляді таблиці 3.

Таблиця 3 – Модель розрахунку ступеню впливу процесів ЗВ на досягнення відносної відповідності якості продукції вимогам споживачів

$\Omega$	$\varphi_1(x)$	$\varphi_2(x)$	$\varphi_3(x)$	$\varphi_n(x)$	$\sum_{j=1}^n \varphi_j k_{\Omega\varphi}$	$\sum_{j=1}^n k_{\Omega\varphi}$	$\Omega_i$
$\Omega_1$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{1n}$	$k_{11}\varphi_1(x) + k_{12}\varphi_2(x) + k_{13}\varphi_3(x) + \dots + k_{1n}\varphi_n(x)$	$\sum_{j=1}^n k_{\Omega_1 j}$	$\frac{\sum \varphi_j k_{\Omega_1 \varphi}}{\sum k_{\Omega_1 \varphi}}$
$\Omega_2$	$k_{21}$	$k_{22}$	$k_{23}$	$k_{2n}$	$k_{21}\varphi_1(x) + k_{22}\varphi_2(x) + k_{23}\varphi_3(x) + \dots + k_{2n}\varphi_n(x)$	$\sum_{j=1}^n k_{\Omega_2 j}$	$\frac{\sum \varphi_j k_{\Omega_2 \varphi}}{\sum k_{\Omega_2 \varphi}}$
$\Omega_m$	$k_{m1}$	$k_{m2}$	$k_{m3}$	$k_{mn}$	$k_{m1}\varphi_1(x) + k_{m2}\varphi_2(x) + k_{m3}\varphi_3(x) + \dots + k_{mn}\varphi_n(x)$	$\sum_{j=1}^n k_{\Omega_m j}$	$\frac{\sum \varphi_j k_{\Omega_m \varphi}}{\sum k_{\Omega_m \varphi}}$

На основі даних, отриманих при визначенні ступеню впливу процесів ЗВ на досягнення відносної відповідності показників якості продукції вимогам, можна визначити напрями для поліпшення якості продукції ЗВ за допомогою виявлення процесів, ступінь впливу яких збільшує ризики незадоволення споживачів і зміни ступеню впливу яких згідно знаку кореляції приведе до зростання ІЗС. Закономірність впливу процесів на ІЗС визначається вирішенням системи рівнянь:

$$\{\text{var } \Omega\} = \begin{cases} \max \Omega \left( \varphi \left( \hat{x}_i \right) \right), \\ \max_{Q \rightarrow 1} Q \end{cases} \quad (15)$$

де  $\{\text{var } \Omega\}$  - сукупність значень ступенів впливу процесів  $\Omega \left( \varphi \left( \hat{x}_i \right) \right)$ , при яких досягається максимальне наближення підсумкової задоволеності  $Q$  до значення 1.

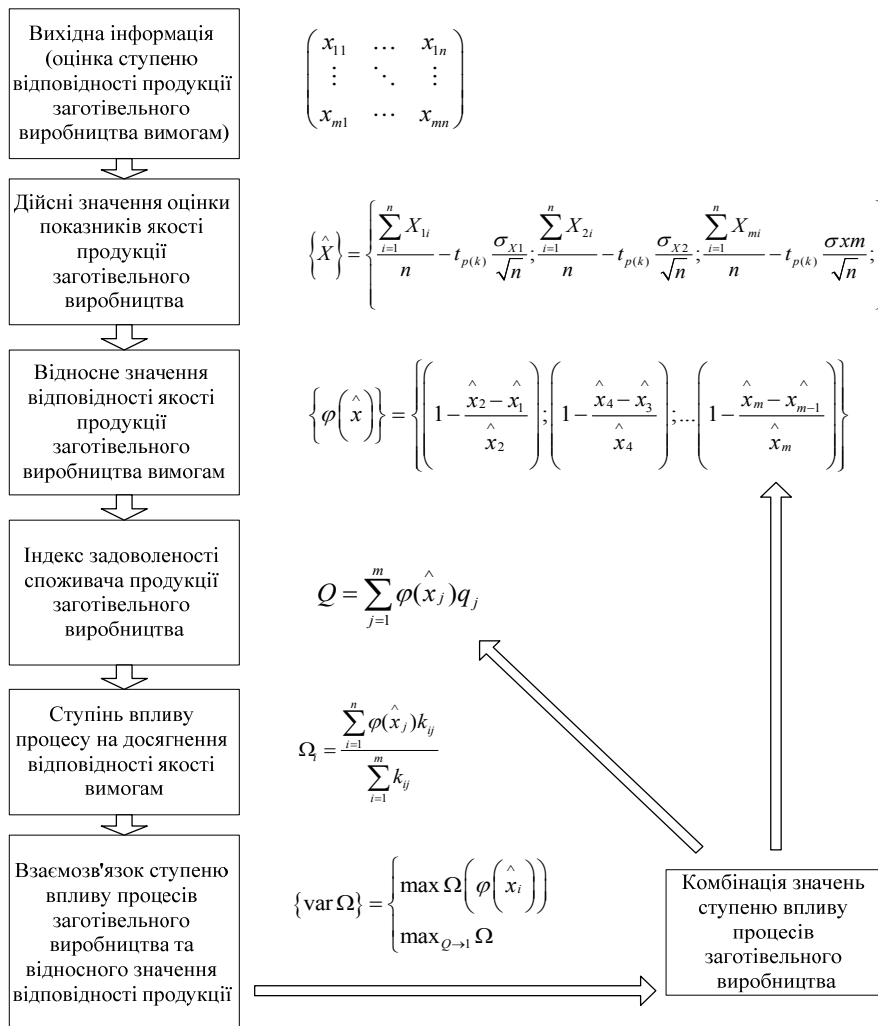


Рисунок 3—Графічне зображення моделі оцінювання результативності СУЯ заготівельного виробництва на основі Індексу задоволеності споживача

Вирішення системи рівнянь (15) полягає в підстановці значень ступенів впливу процесів в отриману в результаті практичних розрахунків закономірність таким чином, щоб підсумковий ІЗС максимально наблизився до границі, рівній одиниці (100%).

Розроблена математична модель графічно представлена на рис. 3, і відображає послідовність виконання математичних операцій, що приведені в даних дослідженнях.

#### *Висновок*

В роботі запропонована математична модель оцінювання результативності системи управління якістю заготівельного виробництва на основі розрахунку Індексу задоволеності споживачів, який дозволяє приймати раціональні рішення щодо удосконалення діяльності системи на оперативному і на тактичному рівнях управління. Модель оцінювання дозволяє:

- оцінювати статистичну придатність даних, отриманих в результаті опитування споживачів;
- визначати відносні значення відповідності показників якості продукції заготівельного виробництва встановленим вимогам;
- визначити індекс задоволеності споживачів даної системи (процесів системи);
- оцінити ступінь впливу процесів заготівельного виробництва на відносне значення відповідності показника якості продукції й індексу задоволеності споживачів;
- визначення функції взаємозв'язку ступеня впливу процесу заготівельного виробництва й відносного значення відповідності продукції.

**Список використаних джерел:** 1. Ричард Б. Чейз, Николас Дж. Эквилайн, Роберт Ф. Якобс. Производственный и операционный менеджмент, 8-е издание. пер. с англ. М. : ИД "Вильямс", 2001. - 704 с. 2. Ниворожкина Л.И, Морозова З.А и др. Основы статистики с элементами теории вероятности для экономистов: Руководство для решения задач. Ростов н/Д. : Феникс, 1999. - 320 с. 3. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. Учебное пособие для вузов. Издание второе, дополнено. М. : Издательство стандартов, 1995. - 336с. 4. Молодов М.В. Оценка удовлетворенности общества деятельностью организации. // Методы менеджмента качества. 2004. - №. 4 - С.22-24. 5. Шишков Г.М., Кошкин Д.К. Удовлетворенность потребителя. Стоимость достижения. // Компетентность, 2004. - №5 - С.40-42. 6. Федюкин, В.К. Управление качеством процессов. СПб : Питер, 2004. - 208с. 7. Черный, А.А. Математическое моделирование в литейном производстве: Учеб.пособие. Пенза : Пенз.гос.ун-т, 2001. - 121с. 8. М.Г. Круглов и др., Менеджмент систем качества. Учебн.пособие. М. : Изд-во стандартов, 1997. - 364 с. 9. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності: ДСТУ ISO 9004:2001.[Чинний від 27.06.2001]. К.: Держспоживстандарт України. 41с.