

# ШЛЯХИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ПІДСТАВІ ЕФЕКТИВНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ ЯКОСТІ ТА ЧИННОГО НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

## WAYS OF CONSTRUCTION OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR MACHINE-BUILDING ENTERPRISES BASED ON AN EFFECTIVE METHODOLOGY OF QUALITY AND THE CURRENT REGULATORY FRAMEWORK

Ванько В. М.<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., Приходько О. М.<sup>2</sup>, аспірант

<sup>1</sup> Національний університет «Львівська політехніка», кафедра інформаційно-вимірвальних технологій, Україна; e-mail: vvm510@ukr.net

<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка», аспірантура, Україна

<https://doi.org/10.23939/istcm2018.01.070>

**Анотація.** Описано особливості й специфіку побудови системи управління якістю для машинобудівного підприємства, відповідно до вимог найновіших редакцій нормативних документів. Запропоновано методику для системи проектування та управління виробництвом машинобудівної продукції, згідно з якою варто здійснювати наступні етапи створення та опрацювання інформації про якість. Перший етап полягає у збиранні даних під час процесів проектування і виробництва та ґрунтується на теорії матричного числення. На другому етапі виконують FMEA-аналіз (ризиків виникнення потенційних видів відмов продуктів і процесів), а також – дослідження рівня якості продукції з метою підтримання її конкурентоздатності. Запропоновано застосовувати діаграми Ісікави для встановлення причин погіршення якості продукції, процесів та факторів, які цьому сприяють. Протягом третього етапу здійснюється первинний статистичний аналіз отриманих даних за допомогою діаграм Парето, завдяки яким визначають потрібні корегувальні дії.

**Ключові слова:** система управління якістю, матриця якості, FMEA-аналіз, одиничний показник якості, пріоритетне число ризику, вектор якості, діаграми Ісікави та Парето.

**Annotation.** Article describes the features and specifics of building the quality management system for machine-building enterprise, based on the requirements of the latest versions of normative documents. Structure of the generalized quality management system during the design, production and use of such products is presented on the basis of methodology of the process approach in conjunction with the «Plan-Do-Check-Act» Deming cycle. New approach is proposed for the construction of system for managing the processes of the product life cycle (production – process management), which is based on consistently-parallel control of the set of stages of the life cycle of machine-building enterprise.

Methodology for the system of engineering and managing the production of machine-building enterprise is presented, according to which it is necessary to carry out the following stages of creating and processing of information Quality. The first stage consists in collecting data during the design and production processes. It is based on the theory of matrix calculus. Generalized quality matrices for stages of designing, manufacturing and final inspection of the machine-building product are considered.

At the second stage the FMEA analyzes the risks of potential types of product and process failures as well as the study of the quality level of products in order to maintain its competitiveness. At the same time, unlike the previous ones, the matrix of quality is formed from a specific group of individual quality indicators – the so-called priority numbers of risk. They contain information about:

- designed object due to different planes of its vision;
- comprehensive production preparation;
- technological process as integrity;
- comprehensive outgoing control of the final product;
- environmental factors that affect the final production result.

As result, the comparison of received partial matrices with some reference matrices is carried out.

It is proposed to apply Ishikawa charts for determination of the causes of deterioration in the quality of products and processes and contribution factors. Example of typical technological process envisages the structure of constructing such a diagram and the properties of its elements. Four quality vectors for carrying out the necessary research are given. Reason for violation of quality of product during the FMEA-analysis is substantiated.

At the third stage the data's primary statistical analysis is obtained using Pareto charts, which provides the necessary corrective actions. Example of construction of this diagram is shown for typical rather simple technology based on the requirement to establish the main causes of defect appearance.

**Key words:** quality management system, quality matrix, FMEA analysis method, individual quality score, priority number of risk, quality vector, Ishikawa and Pareto Diagrams.

### Вступ

Важливою властивістю продукції, з якою вітчизняні машинобудівні підприємства намагаються вийти на сучасні міжнародні ринки, є якість. Для цього необхідно формувати відповідні собівартість та надійність продукції протягом експлуатації. Завдяки таким перевагам вироби будуть конкурентоздатнішими, тобто привабливішими для споживачів.

Для реалізації цих завдань та забезпечення ефективної роботи будь-якого підприємства звичайно будують систему управління якістю (СУЯ).

В останніх редакціях міжнародних нормативних документів стосовно СУЯ, чинних тепер і в Україні [1, 2], введено нові вимоги, завдяки яким децю змінюються завдання їхньої узагальненої структури під час виконання процесів

проектування, продукування та використання продукції (рис. 1).

Тепер СУЯ складається з таких систем:

- процесів життєвого циклу продукції (проектування (ПР), виробництво (ВР), вихідний контроль (ВК) – управління процесами);
- моніторингу, вимірювання, аналізування і вивчення задля поліпшення;
- відповідальності керівництва (стратегія і політика (СП), управління для досягнення сталого успіху (УСУ), покращення, інновації та навчання (ІН));
- управління ресурсами.

Така структура СУЯ зумовлена тенденціями щодо забезпечення ефективного управління якістю у США, Європі, Японії, Південній Кореї, Китаї тощо. Яскравим доказом цього є високий попит на багато різних видів продукції виробників цих країн.

Сьогодні науковці й провідні фахівці надають перевагу методології процесного підходу, викладеній у [1, 2], у поєднанні із циклом Демінга «Plan-Do-Check-Act» (плануй – виконуй – перевіряй – дій). *Плануй* означає встановлення цілей СУЯ, всієї сукупності її процесів, ресурсів для цього, а також ризиків, котрі можуть виникнути. *Виконуй* стосується упровадження всього запланованого. *Перевіряй* полягає у здійсненні моніторингу і вимірювань процесів, в результаті яких отримують продукцію, зважаючи на вибрану політику якості, цілі, вимоги та заплановані роботи. *Дій* означає

вживання заходів для поліпшення діяльності протягом виконання всіх робіт.

### Недоліки

Процесний підхід передбачає систематичне визначення процесів, їх взаємодій та керування ними з тим, щоб досягати запланованих результатів відповідно до політики у сфері якості та стратегічного напрямку організації. Розуміння та керування взаємопов'язаними процесами як системою сприяє ефективній діяльності підприємства та досягненню запланованих результатів у вигляді випуску якісної та потрібної споживачеві продукції.

Сьогодні для вітчизняних машинобудівних підприємств важливо насамперед організувати випуск якісної продукції, враховуючи потребу в створенні передового, науково обґрунтованого виробництва [3]. Тому зосередимося на системі управління процесами життєвого циклу продукції як складовій СУЯ (рис. 1).

### Мета роботи

Мета роботи – визначення оптимального шляху організації системи управління проектуванням і виробництвом машинобудівної продукції з використанням інструментарію для контролю, аналізу й управління якістю та рекомендацій чинних нормативних документів ДСТУ ISO 9000.

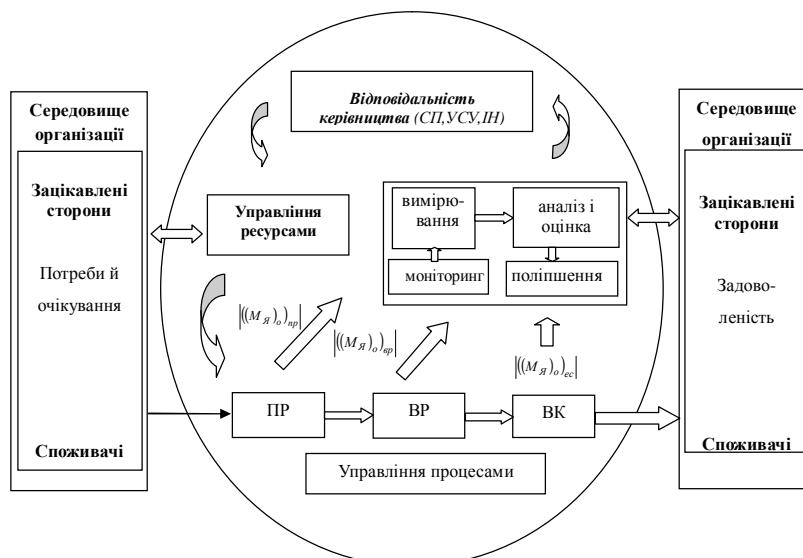


Рис. 1. Структура узагальненої системи управління якістю під час процесів проектування, продукування та використання продукції

Fig. 1. The structure of a generalized quality management system during processes design, production and use of products

### Матеріали та методи

Для організації та функціонування такої системи управління запропоновано новий підхід,

котрий полягає у послідовно-паралельному контролі сукупності стадій життєвого циклу машинобудівної продукції. Для організації такої ефективної системи доцільно застосовувати ризикоорієнтоване мислення,

повніше й оптимальніше відобразити всі аспекти якості під час проектування, виготовлення і експлуатації продукції. Запропоновано методику, згідно з якою варто здійснювати усі етапи створення та опрацювання інформації про якість (рис. 2).

Перший з них – це послідовне одержання даних на стадіях проектування, виготовлення і кінцевої перевірки (вихідного контролю) машинобудівного продукту, котрий являє собою певний складний виріб. На нашу думку, для математичного опису процесів, що відбуваються, доцільно застосовувати теорію матричного числення [4].

Внаслідок відповідних вимірювань і розрахунків отримують загальні матриці якості: після проектування  $\left| (M_{Я})_{np} \right|$  (рис. 1), під час  $N$  технологічних операцій виробництва  $\left| (M_{Я})_{mo1} \right|, \dots, \left| (M_{Я})_{moN} \right| \in \left| (M_{Я})_o \right|_{ep}$  та в результаті вихідного контролю  $\left| (M_{Я})_{ek} \right|$  (рис. 2). Ці матриці складаються з часткових матриць якості, що характеризують всі виконувані процеси, а також з переліків відповідних одиничних показників якості (ОПЯ).

На *другому етапі* доцільно використати FMEA-аналіз (метод проведення аналізу ризику виникнення потенційних видів відмов продуктів і процесів, їхніх наслідків, ймовірності появи та виявлення) [5,6]. У результаті також створюються часткові матриці якості, які містять інформацію про:

- спроектований об'єкт з огляду на різні площини його бачення  $\left| (Q_0)_{1-np} \right| \dots \left| (Q_0)_{a-np} \right|$ ;
- всебічне підготування виробництва  $\left| (Q_0)_{1-n\epsilon} \right| \dots \left| (Q_0)_{\delta-n\epsilon} \right|$ ;
- технологічні процеси у повному обсязі  $\left| (Q_0)_{1-mn} \right| \dots \left| (Q_0)_{\epsilon-mn} \right|$ ;
- усебічний вихідний контроль готового виробу  $\left| (Q_0)_{s-ek} \right| \dots \left| (Q_0)_{\delta-ek} \right|$ ;
- фактори умов навколишнього середовища (УНС), які впливають на кінцевий результат виготовлення –  $\left| (Q_0)_{1-nc} \right| \dots \left| (Q_0)_{z-nc} \right|$  (рис. 2).

Але ці матриці, на відміну від попередніх, характеризують ризики, що можуть надалі спричинити погіршення якості виробу або вихід його з ладу.

Ці матриці складаються з певної групи ОПЯ – так званих пріоритетних чисел ризику (ПЧР), котрі розраховують за виразом

$$n_p = S_{\epsilon} \cdot O_{\delta} \cdot D_{\epsilon\delta}, \quad (1)$$

де  $S_{\epsilon}$  – показник ступеня вагомості наслідків ризику;  $O_{\delta}$  – показник ймовірності виникнення дефекту;  $D_{\epsilon\delta}$  – показник ймовірності виявлення дефекту.

Відтак здійснюється порівняння отриманих часткових матриць, що містять ці ПЧР, з деякими еталонними матрицями, які складаються із відпо-

відних граничних значень  $(n_p)_{ep}$ , що встановлюють максимальний рівень якості для кожного ОПЯ. Як правило, в таких випадках виявляють порушення умови визначеного рівня якості

$$n_p < (n_p)_{ep}, \quad (2)$$

причому часто для багатьох ОПЯ. Тому виникає потреба у вирішенні цих проблем зі знаходженням чи визначенням причин їхньої появи та реалізацією необхідних корегувальних дій. Таким інструментарієм слугують причинно-наслідкові діаграми Ісікави, узагальнений вигляд яких для виробництва наведено на рис. 3 [7].

Нехай, як вказано вище, йдеться про  $k$ -й технологічний процес виробництва, що характеризується матрицею якості  $\left| (Q_0)_{k-mn} \right|$ .

Для з'ясування проблеми у досліджуваному процесі (наприклад, технологічному) треба виокремити основні причини. Тут це лінії, спрямовані до товстої горизонтальної лінії. Для машинобудівного підприємства частіше це: технологічні причини (1 – вектор якості  $T$ ), машини й устаткування (2 – вектор якості  $Y$ ), персонал (3 – вектор якості  $P$ ) та сировина (4 – вектор якості  $C$ ). Тобто

$$\left| (Q_0)_{k-mn} \right| = \begin{vmatrix} T \\ Y \\ P \\ C \end{vmatrix}. \quad (3)$$

У разі необхідності, якщо велика кількість та істотно різні властивості ОПЯ, очевидно, що вектор перетворюється на часткову матрицю якості.

Тонші стрілки на рис. 3, які скеровані до цих чотирьох ліній, відображають фактори, що сприяють виникненню кожної з них. У цьому варіанті кожна тонка лінія і цифрове позначення стосуються одного ОПЯ (загалом може бути кілька).

Стосовно технологічних причин це: тривалість процесу (1.1); швидкість оброблення напівфабрикату під час кожної операції процесу (1.2 – вектор ОПЯ); дотримання точності параметрів напівфабрикату, коли виконуються операції процесу (1.3 – вектор ОПЯ); параметри середовища у виробничому приміщенні (1.4 – вектор ОПЯ); спосіб виробництва за його проведенням та технологічними прийомами і методами виконання (1.5 – вектор ОПЯ). Тобто у розглянутому варіанті  $|T| = \left| n_{p-1.1} n_{p-1.2} n_{p-1.3} n_{p-1.4} n_{p-1.5} \right|$ .

Для аналізу машин і устаткування важливими вважаються: умови експлуатації (2.1 – вектор ОПЯ); підготування до роботи (2.2 – вектор ОПЯ); фізичне зношення (2.3 – вектор ОПЯ); використання різноманітного, зокрема нестандартного устаткування (2.4 – вектор ОПЯ); погане проведення технологічних операцій з використання устаткування (2.5 – вектор ОПЯ).

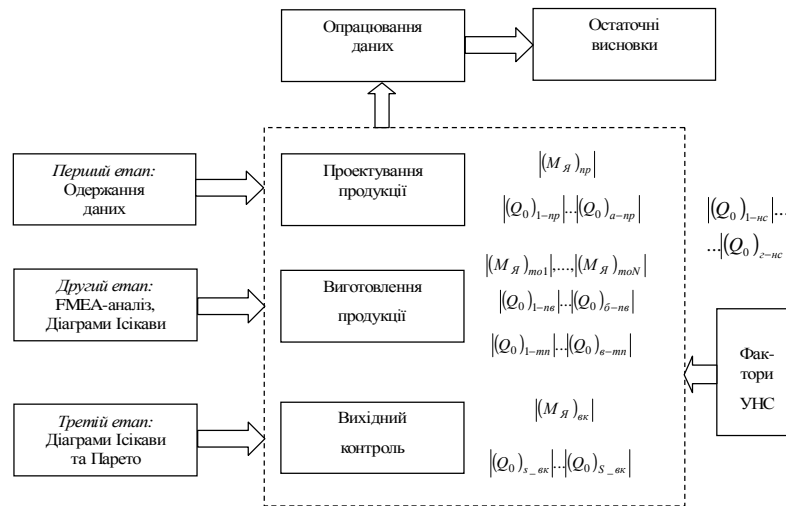


Рис. 2. Методика організації та функціонування системи управління процесами життєвого циклу машинобудівної продукції

Fig. 2. A methodology for the organization and operation of a process management system the life cycle of machine-building products

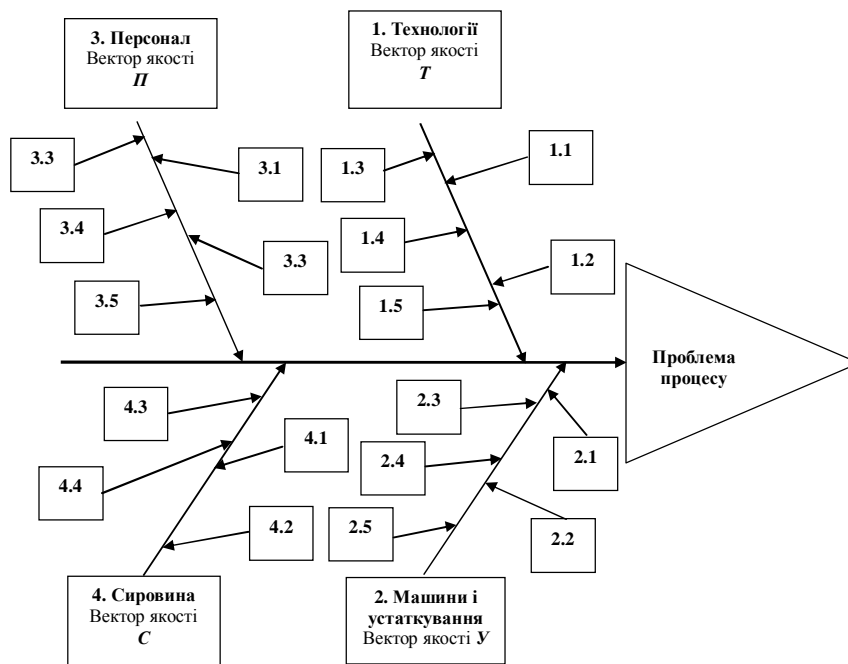


Рис. 3. Узагальнений вигляд причинно-наслідкової діаграми Ісікаві для виробництва

Fig. 3. A generalized view of the Ishikawa causation diagram for production

$$\text{Маємо } |Y| = |n_{p-2.1} n_{p-2.2} n_{p-2.3} n_{p-2.4} n_{p-2.5}|.$$

Щодо персоналу досліджуються: організація праці (3.1); неуважність персоналу (3.2); недостатня кваліфікація (3.3); недостатній контроль (3.4); робоче місце (3.5). Тут  $|P| = |n_{p-3.1} n_{p-3.2} n_{p-3.3} n_{p-3.4} n_{p-3.5}|.$

З погляду сировини аналізують: стабільність чи зміни параметрів первинних матеріалів та

напівфабрикатів (4.1); якість первинних матеріалів (4.2); якість напівфабрикатів і допоміжних матеріалів (4.3); якість партії від постачальника в усіх аспектах, зокрема його репутацію (4.4). Нарешті

$$|C| = |n_{p-4.1} n_{p-4.2} n_{p-4.3} n_{p-4.4}|.$$

Іноколи, з урахуванням особливостей продукту чи технології, кількість основних причин діаграми Ісікаві може бути збільшена, як правило, до шести [7].

Спосіб формування загальних і часткових векторів і матриць якості аналогічний до викладеного в [4]. Зауважимо, що завдяки матричному представленню, крім порівняно простого опрацювання даних для оцінювання рівня якості, систематизується і впорядковується зібрана інформація.

Як наголошено вище та враховуючи методику [4], під час аналізу наведених векторів (часткових матриць) якості потрібно досліджувати їх, порівнюючи з еталонними векторами (матрицями) якості. Останні формують на підставі міркувань, пов'язаних із виразом (2). Тобто умовою недотримання якості виробу буде

$$\left| (Q_0)_{k-mn} \right| \leq \left| (Q_0)_{k-mn} \right|_{ep}. \quad (4)$$

Йдеться про ймовірні порушення в одній або декількох з чотирьох наведених часткових матриць чи векторів якості  $T, U, P, C$ .

На підставі опрацювання даних діаграм Ісікави напрацьовують комплекс необхідних дій і заходів, націлених на виправлення ситуацій, які можуть виникнути протягом проектування чи виконання технологічних процесів виробництва.

Варто наголосити, що *другий етап* (рис. 2) не завжди закінчується виявленням ймовірних ризиків виникнення потенційних видів відмов продуктів і процесів. Часто причинно-наслідкові діаграми будують для моніторингу стану цих двох стадій життєвого циклу продукції з огляду на подальше управління якістю цих комплексів процесів.

Під час *третього етапу* (рис. 2) функціонування системи управління якістю виробництва реалізується вихідний контроль готової машинобудівної продукції. Як і вище, здійснюється визначення масивів ОПЯ, завдяки яким складають матриці якості продукту  $\left| (Q_0)_{s-вк} \right| \dots \left| (Q_0)_{s-вк} \right|$ . Є підстави стверджувати, що забезпечується висока якість конкретного виробу, якщо ОПЯ останніх близькі до значень відповідних ОПЯ еталонних матриць. Щоб виявити причини зростання кількості бракованих виробів на виході, доводиться опрацьовувати великі обсяги різноманітних даних про: брак на різних операціях, простоювання устаткування через поломки та погану організацію роботи і процесів, надлишки чи відсутність комплектуючих, рекламації тощо (рис. 2). За даними [7, 8], ефективним інструментом розгляду та аналізу таких даних вважають діаграми Парето. Зауважимо, що їх можна застосувати на *третьому етапі* у сукупності із розглянутими вище діаграмами Ісікави. Наприклад, після встановлення причин виникнення проблем стосовно досліджуваного продукту, виробу або блока, як правило, виникає певне коло незалежних одна від одної проблем. Здебільшого ці проблеми стосуються складових вузлів чи елементів, що містяться у складнішому продукті, тобто з'являється можливість розділити комплексну проблему на менші за обсягом даних.

Відповідно до [9], у разі виникнення групи проблем погіршення якості, наприклад, на виробництві порівняно нескладних вузлів, варто застосо-

увати принцип Парето. Він полягає у тому, що стосовно виокремленої проблеми (чи групи проблем) найперше потрібно визначити коло причин, які спричиняють її. Для цього будують діаграму (рис. 4), за допомогою якої розглядають ранжування (важливість) цих причин.

Спочатку інформацію систематизують, розподіливши її у вигляді вертикальних стовпців, розміщених у послідовності зменшення значень помилок у відсотках. На осі абсцис наведено частки помилок для кожного ОПЯ (у відсотках):

- забруднення ( $m_1$ );
- щербини ( $m_2$ );
- тріщини ( $m_3$ );
- задирки ( $m_4$ );
- оголені проводи ( $m_5$ );
- відкриті модулі ( $m_6$ );
- інші недоліки ( $m_7$ ) [9].

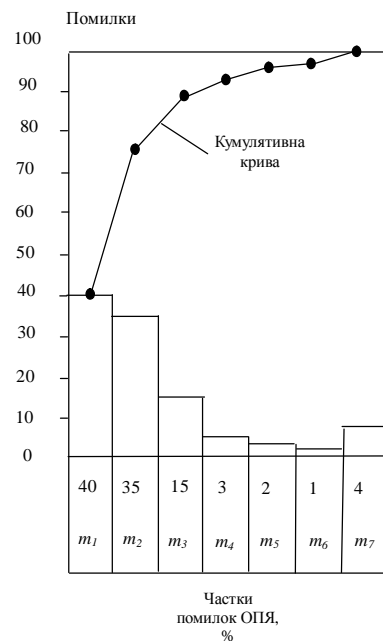


Рис 4. Типова діаграма Парето для аналізу якості порівняно простої деталі

Fig. 4. A typical Pareto chart for quality analysis of a relatively simple detail

Потім будують кумулятивну криву Лоренца, котра являє собою послідовно сформовану суму ординат стовпців. Як бачимо, 90 % помилок з'являється через три причини, що становлять меншість від всієї сукупності помилок. В аналізованому випадку ми дослідили деякий вектор якості, наприклад, такий як на рис. 3 –  $C$  (перші шість ОПЯ  $m_1, \dots, m_6$ ). Після корегувальних дій можна залишати весь перелік ОПЯ, а можна зменшити, що уникнути надлишковості даних.

Варто зазначити, що склад корегувальних дій залежить також від питомих втрат, спричинених і внеском кожної причини помилки, і видатками та організаційними витратами на їхнє усунення.

Отже, побудова діаграм Парето являє собою первинне статистичне опрацювання даних. Це дає змогу зрештою виявити початково причини невідповідностей ОПЯ досліджуваних простіших вузлів, з яких утворюється складний технічний виріб. З метою напрацювання ефективних і обґрунтованих корегувальних дій необхідно скоригувати кожен ОПЯ відповідно до вагомості його впливу на якість вузла, тобто значення  $i_0$ -го ОПЯ  $o$ -го вузла

$$(m_{\mathcal{Y}})_{i_0-k_2} = g_{i_0} \cdot m_{i_0}, \quad (5)$$

де  $g_{i_0}$  – коефіцієнт вагомості ОПЯ  $m_{i_0}$ .

Для кожного елемента вектора чи часткової матриці якості вживають цей вираз. Потім із даних ОПЯ, як вище у прикладі  $T$ ,  $U$ ,  $P$ ,  $C$ , формують відповідні вектори якості. А з останніх, аналогічно як у виразі (3), складають спочатку часткові матриці вихідного контролю готового виробу  $|(Q_0)_{s\_вк}| \dots |(Q_0)_{s\_вк}|$ . Їх почергово порівнюють із еталонними частковими матрицями якості  $|(Q_0)_{s\_вк}|_{сп} \dots |(Q_0)_{s\_вк}|_{сп}$ . Оцінивши комплексну шкоду через недотримання умови (4), встановлюють потребу в безумовних корегувальних діях або найефективніших.

### Результати й обговорення

Наведений варіант оцінювання вихідного контролю стосується FMEA-аналізу. Якщо йдеться про традиційне управління якістю готового виробу, то формування векторів і часткових матриць якості відбувається за схожими правилами та із відповідних ОПЯ (рис. 2).

У разі потреби найповнішого дослідження якості системи управління виробництвом додатково утворюють часткові матриці якості: проектування  $|(Q_0)_{1-пр}| \dots |(Q_0)_{a-пр}|$ , підготування виробництва  $|(Q_0)_{1-вп}| \dots |(Q_0)_{б-вп}|$ , усіх технологічних процесів  $|(Q_0)_{1-мн}| \dots |(Q_0)_{в-мн}|$ , факторів УНС  $|(Q_0)_{1-нс}| \dots |(Q_0)_{г-нс}|$  (рис. 2).

Це дає загальну картину стану справ на підприємстві.

Розвитком цієї методики аналізу якості може бути статистичне опрацювання інформації з метою встановлення змін у процесах життєвого циклу в СУЯ. Це дало б змогу отримати дані стосовно хоч би приблизних законів випадкових змін важливих параметрів машинобудівної продукції.

### Висновки

Отже, завдяки розробленій методиці створення та опрацювання інформації про якість, яка ґрунтується на матричному методі та застосуванні ефективного інструментарію моніторингу якості продукції та послуг, запропоновано новий підхід до

вдосконалення системи управління якістю підприємства на підставі оцінювання потенційних ризиків відмов під час реалізації процесів життєвого циклу продукції. Це сприяє підвищенню результативності діяльності та конкурентоспроможності машинобудівних підприємств.

### Подяка

Автори висловлюють вдячність колективу кафедрі інформаційно-вимірювальних технологій Національного університету «Львівська політехніка», Україна за всебічну допомогу та сприяння у підготовці статті.

### Список літератури

1. ДСТУ ISO 9001-2015. Системи управління якістю. Вимоги. – Введ. 01.07.2016. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2016. – 27 с.
2. ДСТУ ISO 9004-2012. Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю. – Введ. 01.05.2013. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2012. – 60 с.
3. Юзевич В. М., Байцар Р. І., Гунькало А. В. (2007). СУЯ: моделювання управління процесами // Вісн. ун-ту «Львівська політехніка» Автоматика, вимірювання та керування. – № 574. – С. 122–130.
4. Ванько В. М., Столярчук П. Г. (2007). Метод оцінки якості продукції та послуг за допомогою теорії матриць // Вимірювальна техніка та метрологія. – № 67. – С. 108–114.
5. FMEA-анализ видов и последствий потенциальных отказов: руководство / Крайслер Корп, Форд Мотор Компани, Дженерал Моторс Корп. – 4-е изд. – 2008.
6. IEC 60812:2006. Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).
7. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: учеб. пособ. / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, В. Я. Белобрагин и др. – М.: РИИ «Стандарты и качество», 2005. – 248 с.
8. Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н., Ширтладзе А. Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учеб. пособ. – СПб.: Питер, 2008. – 560 с.
9. Харрингтон Дж. Управление качеством в американских корпорациях: пер. с англ. – М.: Экономика, 1990. – 272 с.

### References

1. DSTU ISO 9001-2015. Quality management systems. Requirements.
2. DSTU ISO 9004-2012. Managing for the sustained success of an organization. A quality management approach.
3. Usevych V. M., Baitsar R. I., Gunkalo A. V. (2007). MSO. Process management simulation. Visnyk NU "Lvivska polytechnika". Automation, measurement and control. No. 574, P. 122–130.
4. Vanko V. M., Stoliarcuk P. G. (2007). Method for assessing the quality of products and services using the matrix theory. Measurement Technology and Metrology: Issue 67, P. 108–114.
5. FMEA-analysis of the types and consequences of potential failures, Chrysler Corp., Ford Motor Company, General Motors Corp. Guide 4th edition. 2008.
6. IEC 60812:2006. Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).
7. Ponomariov S. V., Mischenko S. V., Belobragin V. I. other. (2005). Product quality management. Tools and methods of quality management: a manual. Moskva, Russia, 248 p.
8. Kane M. M., Ivanov B. V., Korshkov V. N., Shirladze A. G. (2008). Systems, methods and tools of quality management: Study. Allowance. St. Petersburg, Russia. 560 p.
9. Harrington H. J. (1987). The Improvement Process how America's leading Companies improve quality. Wisconsin, USA. 272 p.