

УДК 006.83

# ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ЇХ ПОСТІЙНОГО ПОЛІПШЕННЯ

## Application of the Statistical Approach to Evaluating the Performance of Processes for Their Constant Improvement

**Є. Володарський**, доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації експериментальних досліджень, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
e-mail: vet-1@ukr.net

**Л. Аксьонова**, директор зі стандартизації та управління якістю, ТОВ «Укрспецмаш», м. Бердянськ,  
e-mail: aksenova.amz@gmail.com

**Y. Volodarskiy**, doctor of technical sciences, professor of Automation of Experimental Research Department, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,  
e-mail: vet-1@ukr.net

**L. Aksionova**, director for standards and quality management, Limited Liability Company «Ukrspetsmash», Berdyansk,  
e-mail: aksenova.amz@gmail.com

*Розглянуто підхід до забезпечення постійного поліпшення процесів системи управління якістю, який здійснюється під час внутрішнього аудиту та ґрунтується на статистичному підході до оцінювання їх результативності. Запропоновано процедуру послідовного зменшення варіацій показників процесів з використанням статистичного критерію Пірсона.*

*The article considers the approach to ensuring the continuous improvement of the processes of the quality management system (QMS), which is carried out during the internal audit (IA) and is based on a statistical approach to assessing their effectiveness. A procedure is proposed for sequentially reducing the variations of the process indicators using the Pearson statistical criterion.*

**Ключові слова:** внутрішній аудит, оцінювання результативності, поліпшення процесів, статистичний критерій Пірсона.  
**Keywords:** internal audit, performance evaluation, process improvement, Pearson statistical criterion.

На сьогодні одним із важливих питань для підприємств машинобудівної галузі, що працюють на вітчизняному та світовому ринках, є гарантоване забезпечення якісної продукції, яка відповідає вимогам її замовника, згідно з міжнародним стандартом ISO 9001 [1]. Характерні особливості сучасних машинобудівних підприємств — те, що вони спеціалізуються на одиничному виробництві, а це передбачає різноманітний асортимент. При цьому використовують багато нормативно-технічної документації, що, зважаючи на складність підприємства, впливає на своєчасне та якісне виготовлення продукції. Останнє, у свою чергу, веде не тільки до скарг замовника, але й до додаткових матеріальних та фінансових витрат на їх усунення. Тому актуальним для цих підприємств є досягнення компромісу між виготовленням якісної продукції та зниженням її собівартості, що здійснюється внаслідок постійного поліпшення (ПП) процесів системи управління якістю (СУЯ), результативність яких необхідно оцінювати та забезпечувати.

Вирішенню завдання оцінювання результативності процесів СУЯ сприяє використання процесно-орієнтованого внутрішнього аудиту (ВА), який ґрунтується на статистичному підході та дає можливість об'єктивно оцінювати рівень виконання вимог замовника продукції, враховуючи при цьому особливості машинобудівного підприємства [2]. Для забезпечення ПП процесів, відповідно до рекомендацій міжнародного



Є. Володарський



Л. Аксьонова

стандарту [3], мету та завдання аудиту визначають залежно від рівня розвитку СУЯ. Проте, цей стандарт, а також стандарти серії ISO 9000 не визначають рівня розвитку СУЯ, зокрема, його критеріїв оцінки. Більшість публікацій, у яких розглядають питання визначення розвитку СУЯ, мають його загальні показники, які представляються у балах, наприклад, такі, як ставлення керівництва підприємства до СУЯ [4]; рівень культури якості [5, 6], загального стану виробничих процесів, які оцінюють за критерієм конкурентоспроможності цього підприємства [7]. Тому ці показники складно використовувати для розроблення програми аудиту. Окрім того, статистичний підхід не може бути обмеженим лише оцінкою результативності процесів, а має також ураховувати стабільність цих процесів (або статистичну керованість його стану), що надасть можливість здійснити об'єктивне розроблення коригувальних дій для забезпечення їх ПП.

*Мета роботи* — розробити підхід до забезпечення ПП процесів СУЯ, який ґрунтується на статистичному підході до оцінювання їх результативності, враховуючи статистичну керованість стану процесу.

#### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Стабільність процесів СУЯ забезпечується дотриманням вимог стандартів підприємства (СТП), які описують спосіб їх здійснення та є методичною базою для оцінювання їх результативності [2]. Поліпшення процесів СУЯ за результатами оцінки здійснюється шляхом визначення невідповідностей (або варіацій) в його результатах та безперервного усунення причин їх виникнення, тим самим знижуючи їх число до мінімуму. Для цього необхідно доповнити аудит обов'язковим аналізом причин невідповідностей, тобто здійснювати комплексне оцінювання, застосовуючи разом діагностування та оцінку відповідності [8].

Зважаючи на наведене вище та керуючись статистичною теорією Демінга [9], яка описує послідовність поліпшування будь-яких процесів з позиції

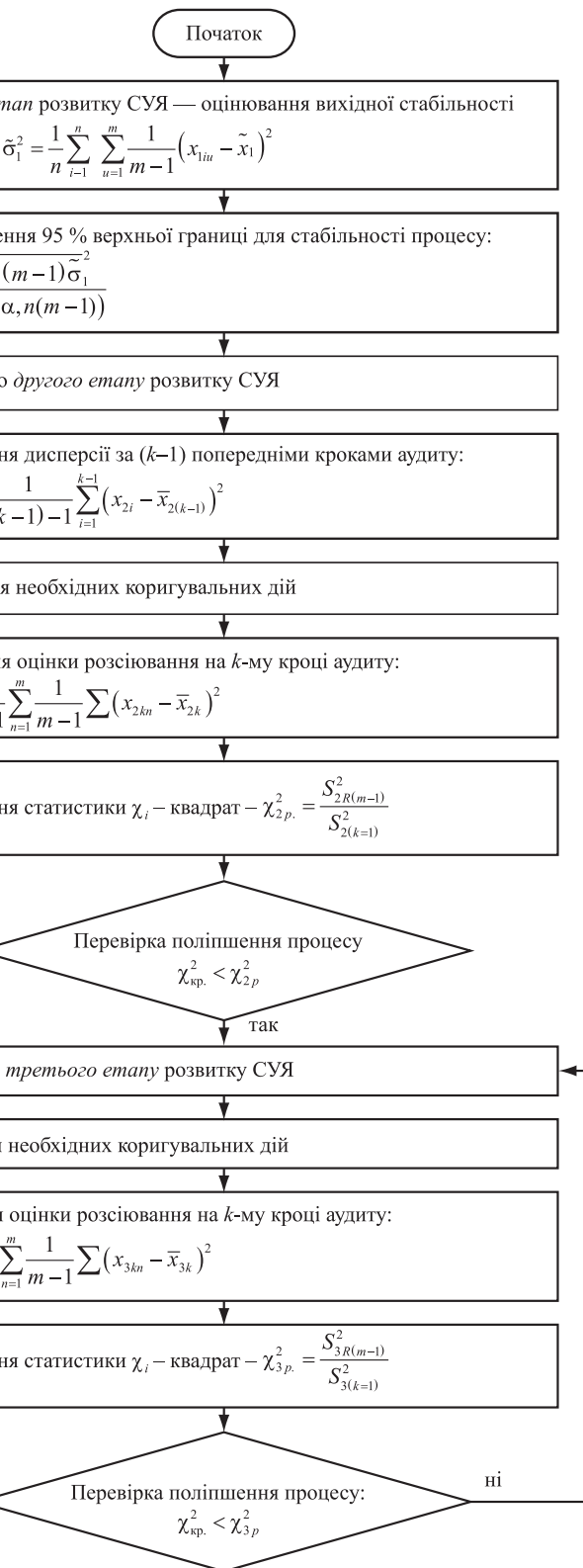


Рис. 1. Послідовна процедура поліпшування процесів СУЯ  
Fig. 1. A consistent procedure for improving the QMS processes

постійного зменшення варіацій у його результатах, пропонується, виходячи зі стану процесу, поділяти процедуру поліпшення СУЯ на *три етапи*.

При цьому поліпшування процесів має здійснюватися поступово, починаючи з другого етапу,

базуючись на наявних об'єктивних статистичних даних. Зважаючи на це, розроблено процедуру переходу до наступного етапу поліпшування процесів СУЯ, враховуючи стан, в якому на момент аудиту перебуває цей процес (рис. 1). На *першому етапі* розвитку СУЯ здійснюють оцінювання вихідної стабільності процесів, за результатами якої встановлюють її допустимі межі.

*Етапи поліпшування процесів СУЯ* складаються із кроків, на яких для оцінювання поточного розсіювання показників результативності процесу (якості, часу) запропоновано використовувати критерій Пірсона  $\chi^2$ . На поточному  $k$ -ому кроці оцінюється розсіювання показників результативності для  $j$ -го етапу, яке порівнюється з «інтегральним» СКВ для цього етапу, яке отримується, виходячи з результатів попередніх кроків аудиту, а саме:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{(k_j - 1) - 1} \sum_{i=1}^{k_j-1} (x_{ji} - \bar{X}_{(k_j-1)})^2}, \quad (1)$$

$$\text{де } \bar{X}_{(k_j-1)} = \frac{1}{k_j - 1} \sum_{i=1}^{k_j-1} x_{ji}.$$

Для оцінювання розсіювання на  $k$ -ому кроці проводиться  $m$  дослідів (за відносно короткий час):

$$S_k^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{n=1}^m (x_{jkn} - \bar{X}_k)^2. \quad (2)$$

Помножимо  $S_k^2$  на  $(m-1)$  та на знаменник і віднесемо до  $\sigma^2$ . Отримаємо випадкову величину, яка є статистикою Пірсона [10]:

$$\frac{S_k^2 (m-1)}{\sigma^2} = \chi_j^2. \quad (3)$$

Це характеризує поточне розсіювання на  $k$ -ому кроці  $j$ -го етапу. Отримане значення порівнюється з критичним значенням  $\chi_{\text{кр},(1-\alpha, \gamma)}^2$ .

На поточному  $k$ -ому кроці  $j$ -го етапу ( $j = 1, \bar{3}$ ) міститься оцінка вибіркової дисперсії показників результативності, тобто проводиться вибірка  $m$  елементів:

$$S_{jk}^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{n=1}^m (x_{jkn} - \bar{x}_{jk})^2, \quad (4)$$

де  $\bar{x}_{jk} = \frac{1}{m-1} \sum_{n=1}^m x_{jkn}$  — середнє значення вибірки на  $k$ -ому кроці аудиту.

Як міра розсіювання використовується дисперсія показників результативності, які обчислюються за результатами попередніх  $(k-1)$  кроків аудиту:

$$\tilde{\sigma}_{j(k-1)}^2 = \frac{1}{1 - (k_j - 1)m} \sum_{i=1}^{k_j-1} \sum_{n=1}^m (x_{jin} - \bar{x}_{k_j-1})^2, \quad (5)$$

$$\text{де } \bar{x}_{k_j-1} = \frac{1}{(k_j - 1)m} \sum_{i=1}^{k_j-1} \sum_{u=1}^m x_{jin} \text{ — середнє значення}$$

для  $j$ -го значення за  $(k_j - 1)$  попередніх кроків.

Домножимо вираз (4) на  $(m-1)$  та поділимо на  $\tilde{\sigma}^2$ . Отримаємо розрахункове значення  $x_{jk(p)}^2$ , яке характеризує поточну відповідність показників результативності для  $k$ -ого кроку (часу):

$$x_{jk(p)}^2 = \frac{S_{jk(m-1)}^2}{\tilde{\sigma}_{j,k-1}^2}. \quad (6)$$

Результати порівняння критичного значення  $\chi_{\text{кр}}^2$  з  $\chi_{jk}^2$  є вихідним для прийняття рішення стосовно подальшого поліпшування результативності СУЯ, враховуючи стан, в якому на момент аудиту перебуває процес. Якщо на  $j$ -ому етапі виконується умова  $\chi_{\text{кр}}^2 < \chi_{jk}^2$ , то після необхідних коригувальних дій, необхідність яких виявлена на  $k_j$  кроці аудиту, переходять до реалізації  $(j+1)$  етапу. Якщо ця нерівність не виконується, переходять до  $(j-1)$  етапу. У такий спосіб здійснюється послідовне (поетапне) адаптивне поліпшування результативності СУЯ. Рішення щодо переходу з  $j$ -го стану до  $(j+1)$ -го або  $(j-1)$ -го стану залежить від поточного. При цьому точність оцінювання дисперсії показників результативності збільшується з кожним кроком, що, у свою чергу, підвищує статистичну надійність рішень, які приймають за результатами оцінки.

Ця процедура повторюється через певний проміжок часу, який визначається наявністю збільшення числа скарг.


## ВИСНОВОК

Розроблено підхід до забезпечення постійного поліпшування результативності СУЯ, який ґрунтується на комплексному оцінюванні процесів для поступового зменшення розсіювання їх показників та відрізняється тим, що здійснюється розбиття на етапи, а рішення стосовно переходу до наступного етапу або повернення до попереднього приймається залежно від поточного стану процесу з використанням критерію Пірсона. Це дозволяє підвищити статистичну надійність висновків, які приймають за результатами оцінювання процесів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. ДСТУ ISO 9001-2015. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT): ДСТУ ISO 9001:2016. — Чинний від 2009-07-01. — К.: Держспоживстандарт України, (DSTU ISO 9001-2015. Sistemi upravlinnya yakistyu.

Vimogi (ISO 9001:2015, IDT): DSTU ISO 9001:2016. — Chinniy vid 2009-07-01. — K.: Derzhspozhivstandart Ukraini) 2016. — 22 s. — (Natsional'nyi standart Ukraini) (Natsional'nyy standart Ukraini).

2. Володарський Є.Т. Статистична модель оцінювання результативності процесів життєвого циклу продукції машинобудівного підприємства / Є.Т. Володарський, Л.І. Аксьонова // Стандартизація, сертифікація, якість (Volodars'kiy Ye.T. Statistichna model' otsinyuvannya rezul'tativnosti protsesiv zhitteвого tsiklu produktsii mashinobudivnogo pidpriemstva / Ye.T. Volodars'kiy, L.I. Aks'onova // Standartizatsiya, sertifikatsiya, yakist'). — 2017. — № 3. — С./S. 14—21.
3. ДСТУ ISO 19011:2013. Настанови щодо здійснення аудитів систем управління (ISO 19011:2011, IDT). — Чинний від 2013-07-01. — К.: Держспоживстандарт України (DSTU ISO 19011:2013. Nastanovi shchodo zdiysnennya auditiv sistem upravlinnya (ISO 19011:2011, IDT). — Chinniy vid 2013-07-01. — K.: Derzhspozhivstandart Ukraini), — 2012. — 25 с./s. — (Національний стандарт України) (Natsional'niy standart Ukraini).
4. Рахлин К.М. Механизмы непрерывного улучшения в российских компаниях / К.М. Рахлин, В.А. Чайка // Стандарты и качество (Rakhlin K. M. Mekhanizmu nepreryvnogo uluchsheniya v rossiyskikh kompaniyakh / K. M. Rakhlin, V.A. Chayka // Standarty i kachestvo). — 2006. — № 1. — С./S. 80—85.
5. Качалов В.А. Аудит, добавляющий ценность — это вопрос партнерства / В.А. Качалов, Карякин Р.А. // Методы менеджмента и качества (Kachalov V. A. Audit, dobavlyayushchiy tsennost'— eto vopros partnerstva / V.A. Kachalov, Karyakin R. A. // Metody menedzhmenta i kachestva). — 2010. — № 4. — С./S. 18—23.
6. Калита Т. Три рівні зрілості системи управління / Т. Калита // Стандартизація, сертифікація, якість (Kalita T. Tri rivni zrilosti sistemi upravlinnya / T. Kalita // Standartizatsiya, sertifikatsiya, yakist'). — 2010. — № 5. — С./S. 57—62.
7. Аванесов Е.К. Самооценка организационного профиля компании и СМК / Е. К. Аванесов, В. Е. Швец // Методы менеджмента качества (Avanesov Ye.K. Samootsenka organizatsionnogo profilya kompanii i SMK / Ye.K. Avanesov, V.YE. Shvets // Metody menedzhmenta kachestva). — 2005. — № 1. — С./S. 4—10.
8. Аксьонова Л.І. Застосування статистичних методів для діагностичного оцінювання процесів системи управління якістю при проведенні внутрішнього аудиту / Л.І. Аксьонова // Молодий вчений (Aks'onova L. I. Zastosuvannya statistichnikh metodiv dlya diagnostichnogo otsinyuvannya protsesiv sistemi upravlinnya yakistyu pri provedeni vnutrishn'ogo auditu / L. I. Aks'onova // Molodiy vcheniy). — 2015. — № 9. — С./S. 20—23.
9. Деминг Э. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами: пер. с англ. / Э. Деминг. — М.: Альпина Бизнес Букс (Deming E. Vykhod iz krizisa. Novaya paradigma upravleniya lyud'mi, sistemami i protsesami: per s angl. / E. Deming. — M.: Al'pina Biznes Buks), — 2007. — 370 с./s.
10. Володарський Є.Т. Статистична обробка даних: навч. посібник. / Є.Т. Володарський, Л.О. Кошева. — Київ: НАУ (Volodars'kiy Ye.T. Statistichna obrobka danikh: navch. posibnik. / Ye.T. Volodars'kiy, L.O. Kosheva. — Kiiv: NAU), — 2008. — 308 с./s. 

Отримано / received: 22.04.2018.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Л.О. Кошевою (Україна).  
Prof. L.O. Kosheva, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.