

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-43-24>

УДК 658.5

Чайковський Сергій Юрійович, старший науковий співробітник випробувальної лабораторії
<https://orcid.org/0000-0002-2891-0845>

Українського науково-дослідного інституту спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

ПРО ДЕЯКІ ПИТАННЯ КВАЛІМЕТРІЇ У ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ

Чайковський С. Ю. Про деякі питання кваліметрії у виробничо-технологічних системах. Розкрито деякі питання кваліметрії у виробничо-технологічних системах. Наведено схему досліджень з питань оцінки, прогнозування та контролю якості виробів із металоконструкцій та їх виробничо-технологічних систем. Визначено найбільш значущі процедури вирішення проблем кваліметрії. Запропоновано стратегію комплексної оцінки якості обладнання та виробничо-технологічних систем. Підкреслено, що для оцінювання якості виробничо-технологічних систем виготовлення продукції розроблена методика, заснована на визначенні динамічного комплексного показника якості. Обґрунтовано кожен з одиничних показників якості виробничо-технологічної системи, до переліку яких обрано показник безперервності, спеціалізації, виконання планів, автоматизації виробничо-технологічної системи, бездефектності виробництва, прогресивності та техніко-економічної ефективності. Розглянуто методику розрахунку кожного з перерахованих одиничних показників якості виробничо-технологічної системи. Наголошено, що для визначення динамічного комплексного показника якості виробничого процесу, крім розрахунку одиничних показників якості виробничого процесу, повинні бути визначені коефіцієнти вагомості кожного показника. Коефіцієнти вагомості можуть бути визначені різними методами, наприклад, методом параметричних і вартісних регресійних залежностей, методом граничних і номінальних значень, методом еквівалентних співвідношень, експертним методом. Зазначено, що точність експертних оцінок визначають по узгодженості думок експертів, а ступінь збігу оцінок експертів виражається коефіцієнтом конкордації. Зазначено, що при підході до кваліметрії вибирається основна частина, яка визначає якість кількісного вираження виробничо-технологічної системи. Обґрунтовано, що обрана базова частина приймається експертом, як стандарт кількісного аналізу інших частин у галузі досліджень. Далі розраховуються параметри, які називаються параметрами якості виробничо-технологічної системи.

Ключові слова: кваліметрія, виробничо-технологічна система виробництво, продукція, якість, ефективність.

Чайковский С. Ю. О некоторых вопросах квалиметрии в производственно-технологических системах. Раскрыты некоторые вопросы квалиметрии в производственно-технологических системах. Приведена схема исследований по вопросам оценки, прогнозирования и контроля качества изделий из металлоконструкций и их производственно-технологических систем. Определены наиболее значимые процедуры решения проблем квалиметрии. Предложена стратегия комплексной оценки качества оборудования и производственно-технологических систем. Подчеркнуто, что для оценки качества производственно-технологических систем производства продукции разработана методика, основанная на определении динамического комплексного показателя качества. Обосновано каждый из единичных показателей качества производственно-технологической системы, в перечень которых избран показатель непрерывности, специализации, выполнение планов, автоматизации производственно-технологической системы, бездефектности производства, прогрессивности и технико-экономической эффективности. Рассмотрена методика расчета каждого из перечисленных единичных показателей качества производственно-технологической системы. Отмечено, что для определения динамического комплексного показателя качества производственного процесса, кроме расчета единичных показателей качества производственного процесса, должны быть определены коэффициенты весомости каждого показателя. Коэффициенты весомости могут быть определены различными методами, например, методом параметрических и стоимостных регрессионных зависимостей, методом предельных и номинальных значений, методом эквивалентных соотношений, экспертным методом. Отмечено, что точность экспертных оценок определяют по согласованности мнений экспертов, а степень совпадения оценок экспертов выражается коэффициентом конкордации. Отмечено, что при подходе к квалиметрии выбирается основная часть, которая определяет качество количественного выражения производственно-технологической системы. Обосновано, что выбранная базовая часть принимается экспертом, как стандарт количественного анализа других частей в области исследований. Далее рассчитываются параметры, которые называются параметрами качества производственно-технологической системы.

Ключевые слова: квалиметрия, производственно-технологическая система производство, продукция, качество, эффективность.

Tchaikovsky Sergiy. Some questions of qualimetry in technological systems production. Some issues of qualimetry in production and technological systems are revealed. The scheme of researches concerning estimation, forecasting and quality control of products from a metalwork and their production and technological systems is resulted. The most significant procedures for solving qualimetry problems are identified. A strategy for comprehensive assessment of the quality of equipment and production and technological systems is proposed. It is emphasized that to assess the quality of production and technological systems of manufacturing products developed a methodology based on the definition of a dynamic comprehensive quality indicator. Each of the individual indicators of quality of production and technological system is substantiated, the list of which includes the indicator of continuity, specialization, implementation of plans, automation of production and technological system, production defects, progressiveness and technical and economic efficiency. The method of calculation of each of the listed unit indicators of quality of production and technological system is considered. It is emphasized that in order to determine a dynamic complex indicator of the quality of the production process, in addition to the calculation of individual indicators of the quality of the production process, the weighting factors of each indicator must be determined. Weights can be determined by various methods, for example, the method of parametric and cost regression, the method of limit and nominal values, the method of equivalent ratios, the expert method. It is noted that the accuracy of expert assessments is determined by the consistency of expert opinions, and the degree of coincidence of expert assessments is

expressed by the concordance coefficient. It is noted that in the approach to qualimetry the main part is selected, which determines the quality of quantitative expression of the production and technological system. It is substantiated that the selected basic part is accepted by the expert as a standard of quantitative analysis of other parts in the field of research. Next, the parameters are calculated, which are called the quality parameters of the production and technological system.

Keywords: qualimetry, production and technological system production, products, quality, efficiency.

Вступ та постановка проблеми дослідження. На сьогодні, в умовах швидкого нарощування виробничих процесів, постає актуальна проблема, без детального проектування технологічного процесу виготовлення, оцінити складність виготовлення виробу. Сьогодні у виробництві з'являються нові концепції, такі як LEAN-менеджмент, теорія обмежень, статистичний контроль процесів, ергономіка і дизайн та багато інших [1]. Для досягнення високої якості продуктів і ефективності операцій багато виробничих рішень реалізуються виходячи з наукового обґрунтування. Отже, методи кваліметричного аналізу також необхідні для об'єднання економічних інтересів, зокрема витрат на робочу силу, матеріальних витрат, витрат на електроенергію, з урахуванням технічних параметрів, які розраховуються на основі теорії і методів кваліметрії.

Початок теорії кваліметрії відноситься до 60-х років ХХ століття. Кваліметрія виникла як наука завдяки величезному досвіду, накопиченому людством в оцінці якості продукції. Він спирається на експериментальні і статистичні методи дослідження.

У сучасних умовах для забезпечення ефективної, продуктивної діяльності підприємствам необхідно постійно вдосконалювати виробничі процеси, підвищувати якість процесів і якість виробленої продукції. Відповідно кількісні показники якості виробничих процесів можуть виступати критеріями ефективності пропонувані до реалізації або реалізованих заходів вдосконалення виробничих процесів.

Для кількісної оцінки якості виробничих процесів можна використовувати методи кваліметрії [2]. У загальному сенсі кваліметрія – кількісна оцінка якості різних об'єктів (предметів або процесів) [3]. Кількісне оцінювання якості має на меті комплексну кількісну оцінку не окремих, а одночасно всіх властивостей об'єкта.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасна наукова література розкриває ґрунтовні напрацювання у сфері кваліметрії.

Графоаналітичний метод визначення комплексного показника якості об'єктів кваліметрії розкрили О. М. Черняк, Н. А. Сороколат, І. В. Каницька [4]. Науковцями проведено аналіз наукової літератури з питань оцінювання якості об'єктів кваліметрії в частині існуючих математичних залежностей між вимірними показниками якості та їх оцінкою на безрозмірній шкалі. Показано, що, як правило, математичні залежності мають нелінійний характер і їх дослідження зводяться до розроблення універсальних методик, які можна було би застосовувати до об'єктів кваліметрії незалежно від їх природи, складності, важливості та інше.

Г. А. Дмитренко, О. Л. Ануфрієва, Т. І. Бурлаєнко, В. В. Медвідь [5] розкрили принципи застосування кваліметрії у процесі управління на підприємстві. Фундаментальні аспекти прийняття рішень в системі інструментального забезпечення машинобудівних виробництв дослідили Д. І. Курбатов та В. О. Залогова [6]. У ході виконання науково-дослідної роботи на основі логіко-структурного аналізу та опрацювань статистичних даних щодо діяльності машинобудівних підприємств з дрібносерійним та одиничним типом виробництва та за допомогою встановлених принципів і методів формування баз даних створена система техніко-економічних показників якості металорізального інструменту, що купується, з урахуванням невизначеності інформації для конкретних виробничих умов машинобудівного підприємства.

І.С. Грозний [7] провів аналіз методологічних підходів до оцінки якості виробничих процесів промислових підприємств. Автором обґрунтовано доцільність використання кваліметричного підходу. Пропонований підхід дозволить дати об'єктивну кількісну оцінку ступеня виконання вимог, що пред'являються до розвитку виробничих процесів.

Оцінювання якості виробничих процесів підприємств дослідила А. В. Шостаковська [8]. Авторкою доведено, що використання кваліметричного підходу до оцінювання якості розвитку неможливо без певної системи оціночних показників якості розвитку, шкали, за якими ці показники можуть бути оцінені, а також критеріїв, за допомогою яких можлива інтерпретація отриманих результатів. Відбір показників якості виробничого процесу в статті здійснюється за основним принципом – їх вимірюваності. Проведено оцінку можливості застосування до предмета дослідження – якості розвитку – кваліметричні принципи й підходи, що застосовуються до якості

процесів. В результаті застосування методу декомпозиції, вибудовано градацію виробничих процесів за рівнями якості та за рівнями якості розвитку.

Із зарубіжних робіт особливої уваги потребують роботи: O.M. Rozental, A.I. Averbukh [9], A. Freivalds, B. Niebel [10], O. Cherniak, R. Trishch, N. Kim, S. Ratajczak [11], R. Trisch, E. Gorbenko, N. Dotsenko, N. Kim, A. Kiporenko [12], S. Hashemkhani Zolfanir, E. Maknoon, K. Zavadskas [13], R. Ginevičius, K. Suhajda, J. Šimkūnaitė [14] та інші.

Однак незважаючи на масштабність наукових досліджень, дослідження кваліметрії у виробничо-технологічних системах залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Формулювання мети статті. Метою даної статті є розкриття принципів застосування кваліметрії у виробничо-технологічних системах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Термін «кваліфікація» був запропонований в СРСР у 1968 році групою наукових співробітників за ініціативою військового інженера Г.Г. Азгальдова [3]. Кваліметрія – це наукова теорія кількісного визначення якості.

Протягом останніх років автори розробляють теорію комплексної оцінки якості – металургійної кваліметрії [10-14]. За ці роки проведено значну кількість досліджень у галузі оцінки, прогнозування та контролю якості виробів із металоконструкцій та їх виробничо-технологічних систем (рис. 1).

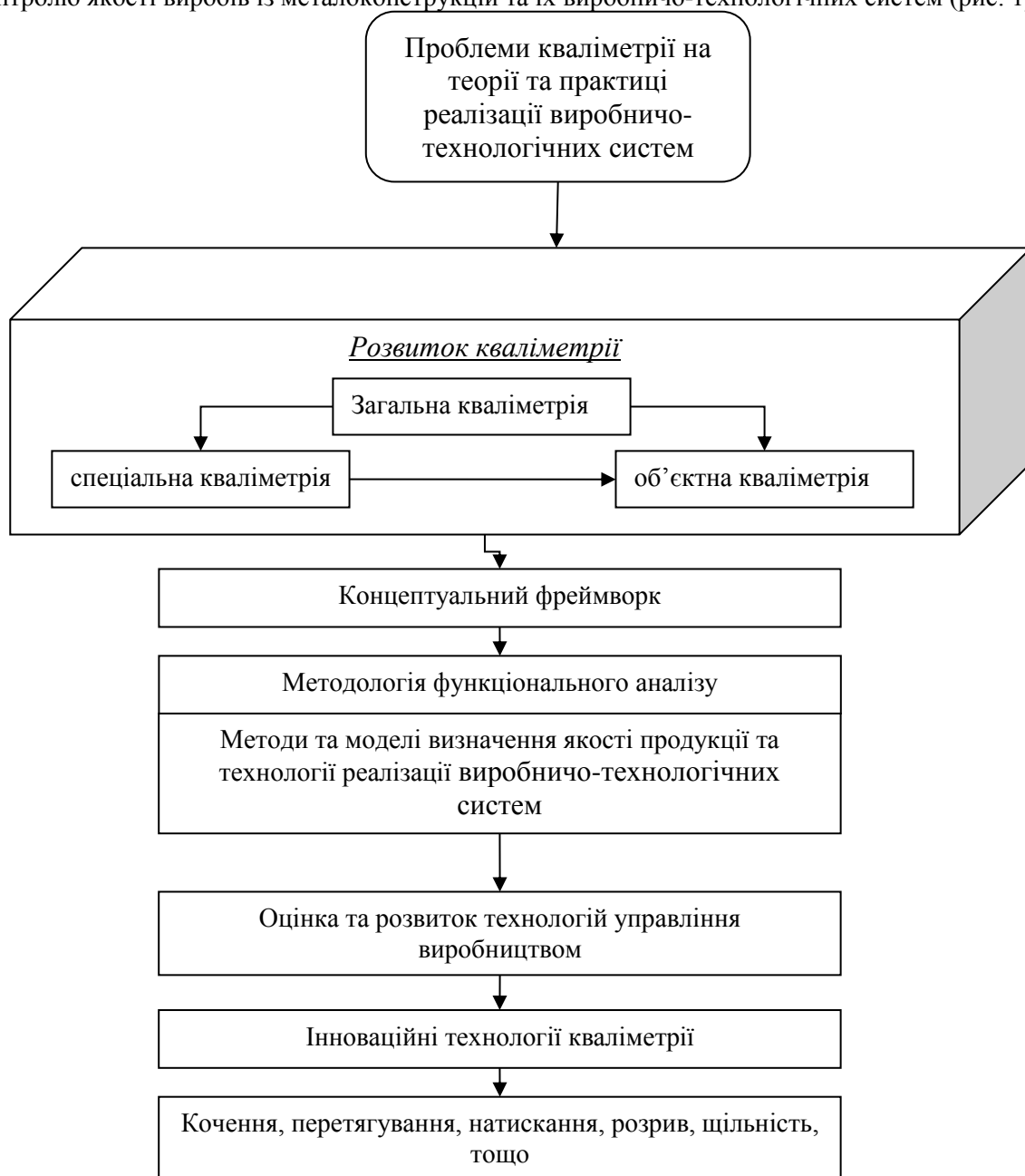


Рис. 1. Схема досліджень з питань оцінки, прогнозування та контролю якості виробів із металоконструкцій та їх виробничо-технологічних систем

Ряд проблем загальної теорії кваліметрії досі не вирішено, і в багатьох додатках до об'єктів дослідження є відсутність правильних операційних методів та алгоритмів оцінки якості продукції та виробничо-технологічних систем.

Існують найбільш значущі процедури вирішення проблем (рис. 2):

- категоріальний апарат кваліметрії розроблений на основі таких понять: функція об'єкта оцінки, споживча фаза об'єкта, взаємодія;
- розроблено принципи структурування якості об'єктів із використанням функціонального підходу;
- розроблено нові методи визначення рівня впливу окремих структурних підрозділів та ієрархії якості на групові та комплексні оцінки;
- розроблено методи згортання оцінки якості в груповій оцінці з урахуванням ефекту синергетичної системи;
- запроваджено показники та методи оцінки комплексу технологічної обробки;
- розроблено методи оперативного аналізу якості технологічної обробки.

Вищезазначені рішення дозволили розробити та реалізувати стратегію комплексної оцінки якості обладнання та виробничо-технологічних систем, засновану на:

- єдиному конструктивному принципі структурування властивостей металоконструкцій;
- системному підході до оцінки якості продукції та виробничо-технологічних систем;
- оцінки параметрів безпосередньої переробки, а не тільки якості товару.

Розроблено стратегію функціонального цільового аналізу [14] для виробничо-технологічних систем. Він базується на:

- визначенні «функцій» на основі фізичної взаємодії;
- визначенні життєвого циклу, який називається фазою споживача, щодо періоду оцінки товару;
- виділенні трьох стадій споживчої фази, таких як транспорт, монтаж та експлуатація.

В основі функціонально-специфічного аналізу лежить наступне:

- систематичний підхід до інтегрованої оцінки якості;
- процесний підхід до оцінки ефективності процесу;
- методи управління процесом з метою отримання бажаної якості обладнання.

Таким чином, вдалося розробити загальну, специфічну та об'єктивну кваліметрію, що застосовується до виробничо-технологічних систем (рис. 2).

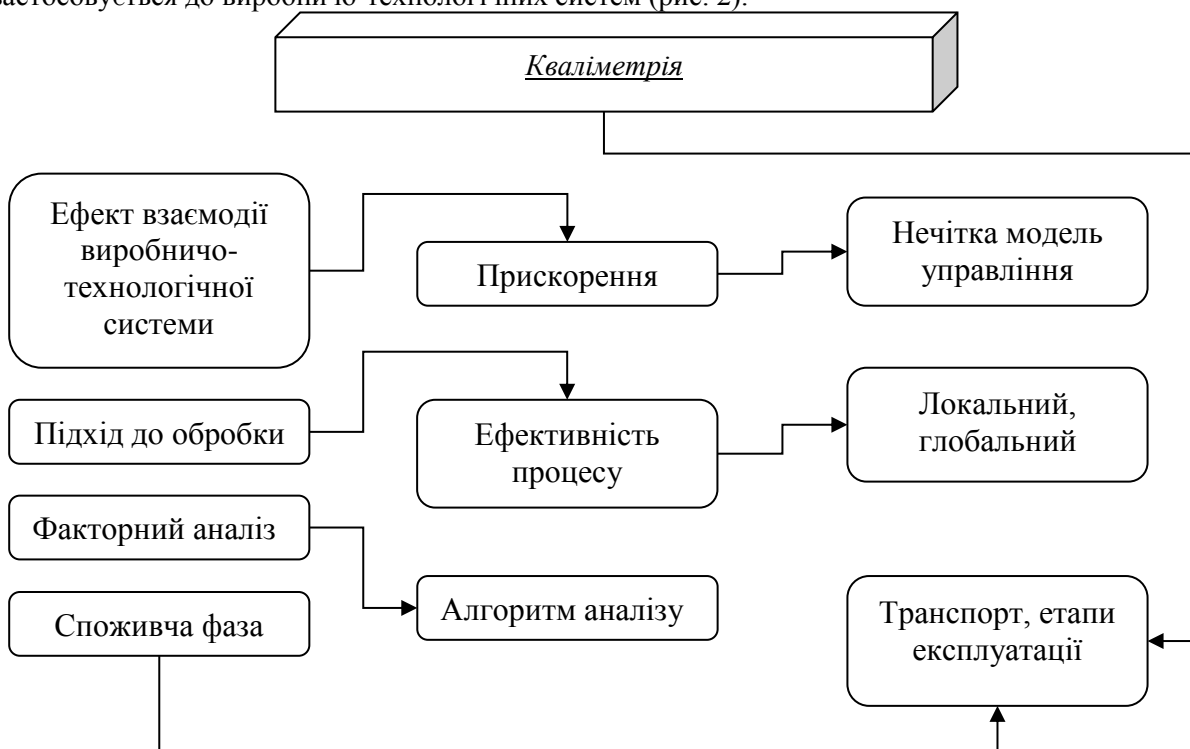


Рис. 2 Структурно-логічна схема дослідження

Для оцінювання якості виробничо-технологічних систем виготовлення продукції розроблена методика, заснована на визначенні динамічного комплексного показника якості

$$K_{\Sigma_i}(t) = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot K_i(t), \quad (1)$$

де $K_{\Sigma_i}(t)$ – динамічний комплексний показник якості виробничо-технологічних систем;

μ_i – коефіцієнт вагомості i -го одиничного показника;

$K_i(t)$ – значення одиничного показника якості виробничо-технологічних систем;

n – кількість одиничних показників;

t – період часу, за який визначаються одиничні показники якості і динамічний комплексний показник якості виробничо-технологічних систем.

Одиничними показниками якості виробничо-технологічної системи обрані:

$K_1(t)$ – показник безперервності;

$K_2(t)$ – показник спеціалізації;

$K_3(t)$ – показник виконання планів;

$K_4(t)$ – показник автоматизації виробничо-технологічної системи;

$K_5(t)$ – показник бездефектності виробництва;

$K_6(t)$ – показник прогресивності;

$K_7(t)$ – показник техніко-економічної ефективності [3, 4].

Розглянемо методику розрахунку кожного з перерахованих одиничних показників якості виробничо-технологічної системи.

1. Показник безперервності.

Безперервність виробничо-технологічної системи – відсутність перерв у виконанні виробничих операцій і пролежування предметів праці в роботі робочих і простою виробничого обладнання [5].

Показник безперервності розраховується за формулою

$$K_1(t) = 1 - \frac{T_{\text{доп}}(t)}{T_{\text{вир}}(t)} \quad (2)$$

де $T_{\text{доп}}(t)$ – тривалість допоміжних операцій; $T_{\text{вир}}(t)$ – тривалість виробничого циклу; t – період часу, за який визначаються тривалість допоміжних операцій і тривалість виробничого циклу.

2. Показник спеціалізації.

Спеціалізація виробничо-технологічної системи – відокремлення робочих місць і виробничих підрозділів для виконання однорідних робіт і виготовлення однорідної продукції [6].

Показник спеціалізації розраховується за формулою

$$K_2(t) = 1 - \frac{C(t)}{n} \quad (3)$$

де $C(t)$ – число виробничих робітників;

n – кількість операцій;

t – період часу, за який розраховується показник спеціалізації.

3. Показник виконання виробничих планів.

Показник виконання планів виробничо-технологічної системи розраховується за формулою

$$K_3(t) = \frac{P_{\text{факт}}(t)}{P_{\text{пл}}(t)} \quad (4)$$

де $P_{\text{факт}}(t)$ – фактичний випуск продукції в абсолютних величинах;

$P_{\text{пл}}(t)$ – планове завдання на випуск продукції;

t – період часу, за який порівнюються фактичний і плановий випуск продукції.

4. Показник автоматизації виробничо-технологічної системи.

Автоматизація виробничо-технологічної системи – здатність (приспосованість) виробничого процесу до заміни фізичної та розумової праці працівника машинним [6].

Показник автоматизації виробничо-технологічної системи можна визначити за формулою

$$K_4(t) = \frac{T_a(t)}{T_{\text{тех}}(t)} \quad (5)$$

де $T_a(t)$, $T_{\text{тех}}(t)$ – трудомісткість робіт, виконуваних автоматично, і сумарна трудомісткість операцій відповідно, розраховані за певний період часу t .

5. Показник бездефектності виробництва.

Бездефектність – властивість виробничого процесу забезпечувати випуск придатної продукції заданого обсягу за плановий період [7].

Показник бездефектності виробництва розраховується за формулою

$$K_5(t) = 1 - \frac{N_{\text{бр}}(t)}{N_r(t) + N_{\text{бр}}(t)} \quad (6)$$

де $N_{\text{бр}}(t)$ – кількість бракованої продукції, за певний період t ;

$N_r(t)$ – кількість придатної продукції, за певний період t .

6. Показник прогресивності.

Прогресивність – властивість, що обумовлює відповідність окремих операцій і виробничо-технологічної системи в цілому прогресивним методам технології та організації виробництва, що забезпечує підвищення продуктивності праці і зниження її монотонності [5].

Розрахунок показника прогресивності проводиться за формулою

$$K_6(t) = 1 - \frac{n - n_{\text{пр}}(t)}{n}, \quad (7)$$

де n – загальна кількість операцій;

$n_{\text{пр}}(t)$ – кількість операцій, що виконуються прогресивними методами;

t – період часу, за який розраховується показник прогресивності.

7. Показник техніко-економічної ефективності виробничо-технологічної системи.

Даний показник відображає додатковий дохід або економію витрат на виробництво продукції за умови вкладення коштів у вдосконалення виробничо-технологічної системи. Показник техніко-економічної ефективності визначається за формулою

$$K_7(t) = \frac{E_{\text{річна}}(t) \cdot k_d}{K(t)} \geq D_n(t) \quad (8)$$

де $E_{\text{річна}}(t)$ – річна економія витрат на виробництво продукції, розрахована за певний період часу грн.;

k – коефіцієнт дисконтування для приведення вартості річної економії до вартості на поточний момент оцінки;

$K(t)$ – капітальні вкладення в удосконалювання виробничого процесу в певний період часу;

$D_n(t)$ – процентна ставка за грошовими вкладами в банк на термін 12 місяців на поточний момент оцінки.

Для визначення динамічного комплексного показника якості виробничого процесу, крім розрахунку одиничних показників якості виробничого процесу, повинні бути визначені коефіцієнти вагомості кожного показника. Коефіцієнти вагомості можуть бути визначені різними методами, наприклад, методом параметричних і вартісних регресійних залежностей, методом граничних і номінальних значень, методом еквівалентних співвідношень, експертним методом [9].

Експертний метод визначення коефіцієнтів вагомості зводиться до наступного [2].

1. Всі одиничні показники якості виробничо-технологічної системи нумеруються в довільному порядку.

2. Експерти ранжують одиничні показники в порядку важливості.

3. Визначаються суми рангів кожного одиничного показника.

4. Будується узагальнений ряд на підставі отриманих сум рангів.

5. По кожному одиничному показнику якості виробничо-технологічної системи визначаються коефіцієнти вагомості.

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^m R_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} R_{ij}} \quad (9)$$

де R_{ij} – ранг, присвоєний j -м експертом i -му одиничному показнику;

m – число експертів;

n – число оцінюваних одиничних показників якості виробничо-технологічної системи.

6. Визначається точність експертних оцінок.

Точність експертних оцінок визначають по узгодженості думок експертів. Ступінь збігу оцінок експертів виражається коефіцієнтом конкордації

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (n^3 - n)} \quad (10)$$

де S – сума квадратів відхилень рангів від середнього значення.

Коефіцієнт конкордації може приймати значення від 0 до 1:

0 – абсолютна неузгодженість експертів, 1 – повний збіг думок експертів [2].

При підході до кваліметрії вибирається основна частина, яка визначає якість кількісного вираження виробничо-технологічної системи. Обрана базова частина приймається експертом, як стандарт кількісного аналізу інших частин у галузі досліджень. Далі розраховуються параметри, які називаються параметрами якості виробничо-технологічної системи.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Наведені теоретичні припущення можна поширити на процеси пов'язані із застосуванням кваліметрії у виробничо-технологічних системах.

Метод кваліметрії базується на статистичному дослідженні залежностей трудомісткості в процесі виробництва. Технічні характеристики виробу вимагають створення великої кількості проектної документації. Методологія якісних показників для визначення якості виробничо-технологічної системи базується на знаходженні показників безперервності, спеціалізації, виконання планів, автоматизації виробничо-технологічної системи, бездефектності виробництва, прогресивності та техніко-економічної ефективності. Визначення значущих факторів трудомісткості вимаже обробки багатьох технологічних схем та карт виробничого процесу на предмет виконання всіх показників.

References.

1. Krivoruchko O.N. Qualimetric assessment of business processes of the motor transport enterprise. *Economics of the transport complex*. 2013. Vip. 21. S. 171–181.
2. Chernyak O.M., Sorokolat N.A., Kanitskaya I.V. Application of the integration method to assess the quality of qualimetry objects. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : New solutions in modern technologies: coll. Science. np. = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : New solutions in modern technology: col. of sci. papers.* Kharkiv: NTU "KhPI", 2020. № 4 (6). P.93-98.
3. Azgaldov G.G., Glichev A.V., Panov V.P. What is quality ?. Moscow: Economics, 1968. 135 p.
4. Chernyak O.M., Sorokolat N.A., Kanytska I.V. Graphoanalytical method for determining the complex quality indicator of qualimetry objects. *The current state of research and technology in industry*. 2020. № 4 (14). Pp. 169-175.
5. Dmitrenko GA, Anufrieva OL, Burlaenko TI, Medvid VV Qualimetry in management: humanistic context: textbook. way. / (edited by GA Dmitrenko). Kyiv: Agrarian Education Publishing House, 2016. 335 p.
6. Kurbatov DI, Zaloga VO Fundamental aspects of decision-making in the system of instrumental support of machine-building industries "(intermediate): report on research work, 2016. 174 p. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/324270347.pdf> (access date: 11.04.2021)
7. Grozny I.S. Qualimetric assessment of the quality of production processes. *Black Sea Economic Studies*. 2016. Vip. 1. pp. 39-42.
8. Shostakovskaya A.V. Evaluation of the quality of production processes of industrial enterprises. *Theoretical and Practical Aspects of Economics and Intellectual Property*. 2017. S. 184–186.
9. Rozental, O.M. & Averbukh, A.I. Introduction to water qualimetry. *Water resources*. 2013. Vol. 40(4). P. 447–461.
10. Freivalds A., Niebel, B. *Niebel's Methods, Standards & Work Design*, 12th Ed. New York: Mc-Graw Hill, 2009. 736 p.
11. Cherniak O., Trishch R., Kim N., Ratajczak S. Quantitative assessment of working conditions in the workplace. *Engineering Management in Production and Services*. 2020. Vol. 12 (2). P. 99–106. doi: <https://doi.org/10.2478/emj-2020-0014>
12. Trisch R., Gorbenko E., Dotsenko N., Kim N., Kiporenko A. Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises according to international standards of the ISO 9000 series. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. № 4/3 (82). P. 18–24. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.75503>
13. Hashemkhani Zolfanir S., Maknoon E., Zavadskas K. Multiple Nash equilibriums and evaluation of strategies. New application of MCDM methods. *Journal of Business Economics and Management*. 2015. Vol. 16. P. 290–305. doi: <https://doi.org/10.3846/16111699.2014.967715>
14. Ginevičius R., Suhajda K., Šimkūnaitė J. Lithuanian experience of quantitative evaluation of socioeconomic system position by multicriteria methods. *Procedia–Social and Behavioral Sciences*. 2014. № 110. P. 952–960. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.941>