

**Сергій Лапковський<sup>1</sup>, Володимир Фролов<sup>2</sup>, Людмила Данилова<sup>3</sup>,  
Василь Приходько<sup>4</sup>, Максим Гладський<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування  
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна)

E-mail: [Lapkovsky@ukr.net](mailto:Lapkovsky@ukr.net), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9870-9231>, ResearcherID: [HCH-3837-2022](https://orcid.org/HCH-3837-2022)

<sup>2</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування  
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна)

E-mail: [v.k.frolov@gmail.com](mailto:v.k.frolov@gmail.com), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3697-286X>, ResearcherID: [ACH-0071-2022](https://orcid.org/ACH-0071-2022)

<sup>3</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування  
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна)

E-mail: [ldanylova@outlook.com](mailto:ldanylova@outlook.com), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4442-3959>, ResearcherID: [ADU-9265-2022](https://orcid.org/ADU-9265-2022)

<sup>4</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування  
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна)

E-mail: [privas@bigmir.net](mailto:privas@bigmir.net), ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1852-3777>, ResearcherID: [HDM-7277-2022](https://orcid.org/HDM-7277-2022)

<sup>5</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування  
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна)

E-mail: [gladsky@gmail.com](mailto:gladsky@gmail.com), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4547-7131>, ResearcherID: [Q-1624-2017](https://orcid.org/Q-1624-2017)

## **ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ – НЕВІД’ЄМНА СКЛАДОВА ЯКОСТІ ВИРОБУ**

*Відпрацювання виробу на технологічність – це невід’ємна частина робіт із забезпечення якості виробів. Стаття присвячена питанням можливості та доцільності проведення робіт із відпрацювання виробів на технологічність незалежно від робіт із відпрацювання виробів за іншими властивостями якості. Запропоновано використовувати методи теорії потенційної ефективності складних систем, яка допускає, що при конструюванні виробів можливо вести відпрацювання виробів на технологічність та за іншими окремими властивостями або показниками якості, але відпрацювання конструкцій виробів на технологічність та за іншими показниками якості менш ефективно, ніж одночасне відпрацювання за всіма показниками якості.*

*Ключові слова:* виріб; якість; технологічність; складна система; потенційна ефективність.

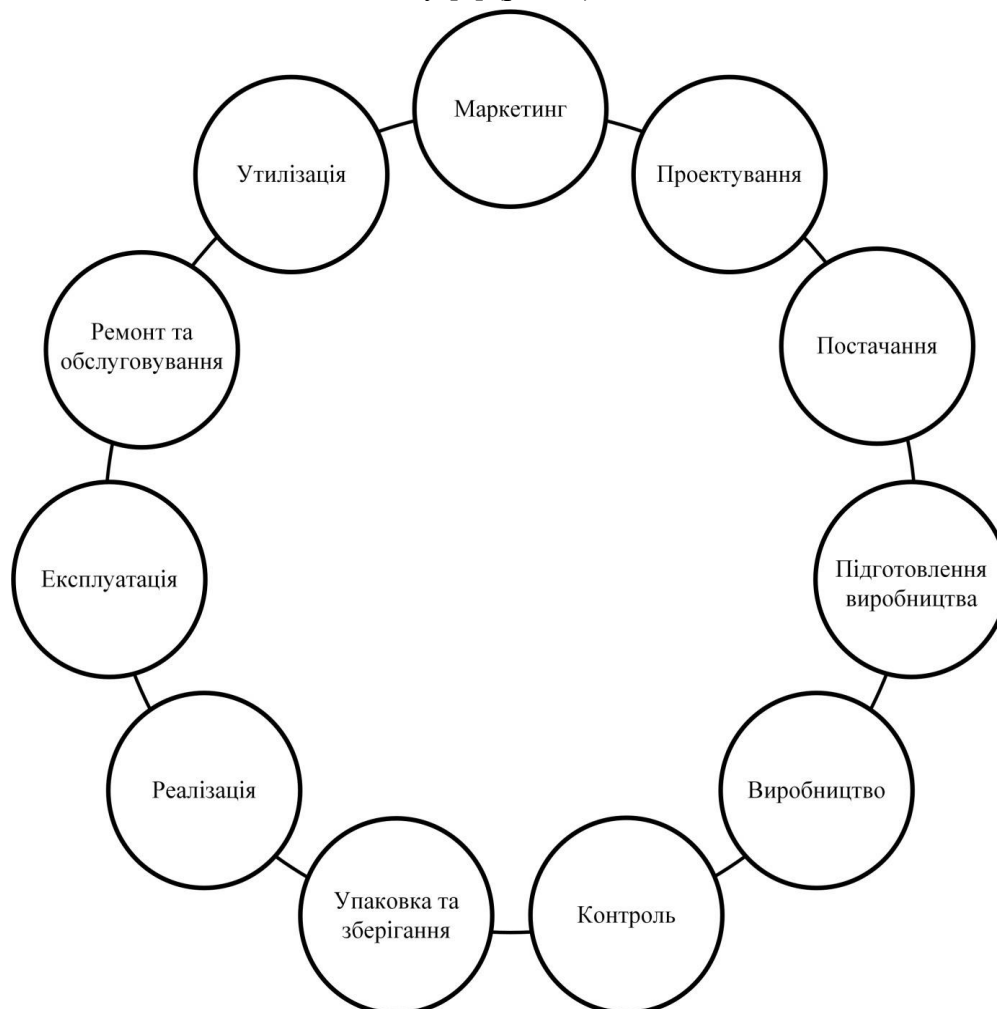
*Рис.: 4. Бібл.: 8.*

**Актуальність теми дослідження.** Перед економікою кожної країни в теперішній час стоять проблеми, серед яких одно з перших місць посідає проблема забезпечення споживачів якісною продукцією вітчизняного виробництва, яка виготовлена з урахуванням їхніх вимог. При цьому очевидно, що перевага кількісних або якісних акцентів визначає напрями вдосконалення виробництва й перспективи його подальшого розвитку. Це так само правильно щодо як до окремого підприємства, так і до усієї держави загалом. Держава перетворюється на провідну, передову або навпаки – стає відсталою країною, «сировинним придатком» залежно від того, які чинники – кількісні і якісні – є стратегічними в розвитку її економіки. Країни світу, в економіці яких багато уваги приділяється якості (як з боку виробника, так і з боку споживача), досягли великих успіхів у розвитку й забезпеченні високого рівня життя своїх громадян. Це не лише зазвичай економічно розвинені країни (США, Японія, Канада, Німеччина та інші країни Західної Європи), але й Південна Корея, Тайвань, Гонконг, Таїланд тощо.

**Постановка проблеми.** Якість продукції визначається такими поняттями, як безпосередньо «якість», а також «властивість» та «характеристика». При визначенні поняття «якість» треба враховувати всі аспекти розуміння цього терміна. Так, згідно з [1], під якістю продукції мається на увазі множина характеристик продукції (або послуги чи процесу), що належать до її здатності задоволення встановлених та передбачуваних потреб.

Характеристика – це низка залежних та незалежних змінних, яка наведена у вигляді графіка, тексту, математичної формули, таблиці тощо. Характеристика зазвичай подається функціонально.

Властивість продукції являє собою таку особливість продукції, яка може виявлятися при її створенні, споживанні або експлуатації [1]. Властивість продукції виражається через показники якості, тобто через кількісні характеристики одного або кількох властивостей продукції, які входять у якість та розглядаються стосовно певних умов створення, споживання або експлуатації останньої. Процес формування якості продукції відбувається на всіх етапах її життєвого циклу [2] (рис. 1).



*Рис. 1. Життєвий цикл продукції*

Джерело: розроблено авторами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У багатьох зарубіжних літературних джерелах поняття якості подається у вигляді відповідності вимогам споживачів, у деяких випадках якість характеризується як здатність до експлуатації. Проте подібний підхід до визначення якості відбиває тільки один його аспект, тому що не враховує останній етап життєвого циклу виробу – його утилізацію [3].

Проте через такий однобокий підхід щодо питань якості як у закордонній, так і у вітчизняній літературі трапляється багато визначень цього поняття. Так, наприклад, у перших версіях міжнародного стандарту ISO серії 9000 якість визначалася як множина характеристик і властивостей послуги або продукції, які надають здатність задовольняти передбачувані або зумовлені потреби. У версії міжнародного стандарту ISO 2000 року якість визначається як міра, з якою множина власних характеристик виконують очікування або потреба, яка встановлена, є обов'язковою або зазвичай передбачається.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Показники якості – це кількісні вираження одного або декількох властивостей або характеристик виробу відносно конкретних умов його створення й експлуатації. Заходи, які спрямовані на покращення якості продукції, обов’язково повинні бути комплексними та всебічно охоплювати заходи щодо підвищення якості сировини та матеріалів, удосконалення технологій, післяпродажного ремонту й обслуговування тощо. Найбільш широко у процесі оцінювання рівня якості знаходять використання одиничні показники, які стосуються однієї з характеристик (властивостей) якості продукції. Одиничні показники відносно легко піддаються контролю та порівнянню. Залежно від властивостей, що характеризуються, існують такі показники якості (рис. 2):

- показники призначення;
- показники надійності;
- ергономічні показники;
- естетичні показники;
- показники безпеки;
- екологічні показники;
- показники технологічності;
- показники транспортабельності;
- показники стандартизації і уніфікації;
- патентно-правові показники;
- економічні показники.

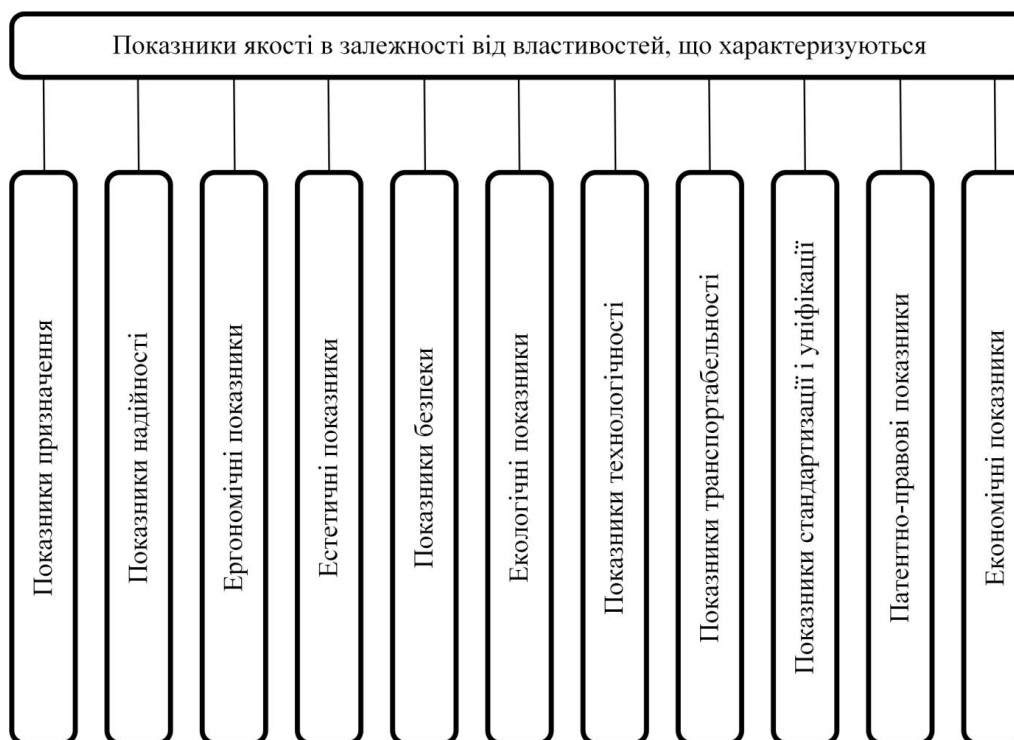


Рис. 2. Показники якості залежно від властивостей, що характеризуються  
Джерело: розроблено авторами.

З наведеного вище виходить, що технологічність конструкції виробу (ТКВ) як властивість виробу входить до складу його якості, тобто ТКВ є однією з властивостей якості виробів, а відпрацювання виробу на технологічність – це невід’ємна частина робіт із забезпечення якості виробів (рис. 3).

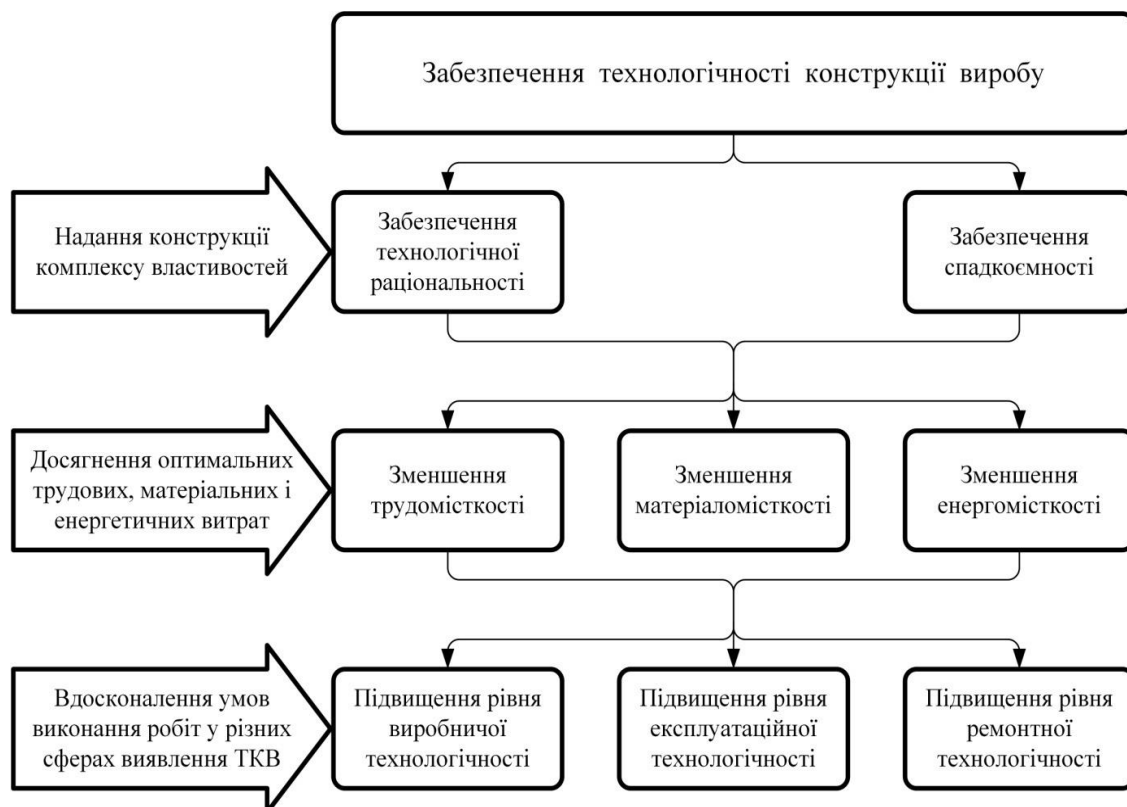


Рис. 3. Технологічність виробу – невід’ємна частина робіт із забезпечення якості  
Джерело: розроблено авторами.

Як кожна властивість, ТКВ характеризується певними показниками (рис. 4). Згідно з [4], показники ТКВ утворюють один із видів показників якості виробів разом із такими, як показники призначення, надійності, рівня стандартизації і уніфікації тощо.

**Метою статті** є визначення можливості та доцільності проведення робіт із відпрацювання виробів на технологічність незалежно від робіт із відпрацювання виробів за іншими властивостями якості.

Необхідність досліджень за цією тематикою виникає тому, що відпрацювання виробу за основними характеристиками якості проводять різнопрофільні спеціалісти. Так, наприклад, для відпрацювання ергономічних характеристик виробу залучаються інженери-дизайнери, оцінювання і відпрацювання виробу за характеристиками надійності проводяться спеціалістами в галузі теорії надійності, відпрацювання ТКВ повинні проводитися технологістами тощо.

Для вирішення цього питання можна скористатися деякими методами теорії потенційної ефективності складних систем [5; 6].

До складних належать будь-які системи, які за складністю поведінки перевершують автоматичні системи, тобто такі системи, які можуть тільки детерміновано реагувати на зміну зовнішнього середовища. Низки різнорідних складних систем з порівняно слабкими зв’язками утворюють великі системи [5; 6]. До такого класу систем належать усі сучасні людиномашинні комплекси.

Отже, майже в усіх випадках об’єктом конструювання буде велика або складна система. Ця система буде відкритою, тобто такою, що взаємодіє із зовнішнім середовищем.

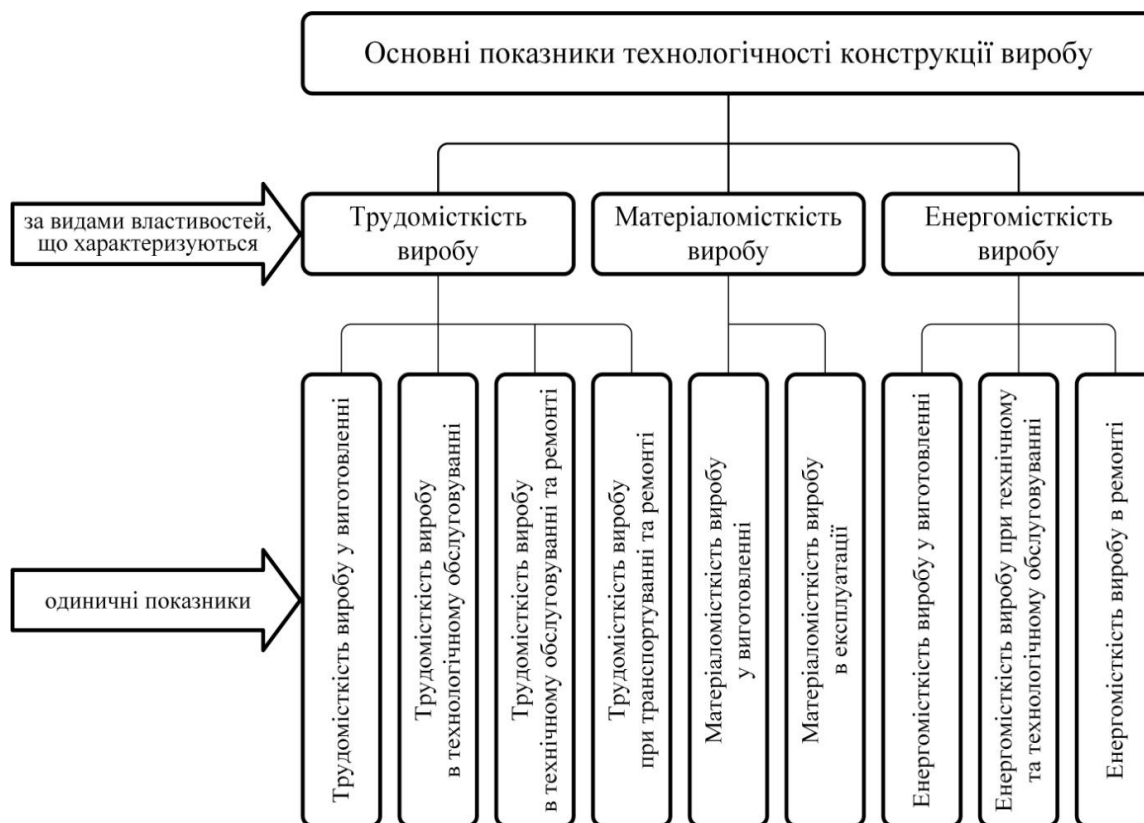


Рис. 4. Основні показники ТКВ і властивості, що ними характеризуються  
Джерело: розроблено авторами.

**Виклад основного матеріалу.** Спочатку в процесі конструювання будь-якої технічної системи має бути визначена її мета. Формалізуючи постановку задачі для будь-якої технічної системи, можна зазначити, що мета системи – досягнення цією системою деякого переважного стану. Критерієм такого переважного стану можуть бути найвигідніші  $(R^{in}, R^{out})$ -обміни [5; 6]. При цьому можна передбачити, що на створення відкритих систем і на забезпечення їх повноцінного функціонування витрачається деяка визначена кількість  $R^{in}$  ресурсів. З іншого боку, функціонування (експлуатація), систем забезпечує одержання  $R^{out}$  ресурсів (засобів). Таким чином, можна сказати, що метою систем є одержання сукупності максимальних  $R^{out}$  при фіксованій сукупності  $R^{in}$ , або при фіксованих сукупностях  $R^{out}$  – забезпечення мінімальних значень витрат  $R^{in}$ . Оскільки при конструюванні будь-якої технічної системи має право на існування майже нескінченна кількість розв’язків, то можна казати про деяку вірогідність  $P(R^{in}, R^{out})$  досягнення системою  $S$  своєї мети, тобто, найвигіднішого  $(R^{in}, R^{out})$ -обміну [5, 6]:

$$P(R^{in}, R^{out}) = P(S). \tag{1}$$

Система  $S$  при фіксації її мети визначається своїми структурою  $St$  та поведінкою  $Be$ :

$$S = (St, Be). \tag{2}$$

Середовище також можливо розглядати як систему  $S_e$  зі своєю метою, структурою  $St_e$  та поведінкою  $Be_e$ :

$$S_e = (St_e, Be_e). \tag{3}$$

Щодо технічних систем за зовнішнє середовище  $S_e$  можливо прийняти взаємопов’язаний комплекс організаційних та технічних умов, у яких відбувається процес експлуатації виробів [5, 6]. У такому сенсі середовище  $S_e$  та система  $S$  можуть перебувати в індиферентному стані, тобто зовнішнє середовище  $S_e$  може заподіяти неумисний вплив, що заважає, на

систему  $S$  (випадок умисного пошкодження виробу не розглядається). Середовище витрачає деяку множину ресурсів і на підтримання функціонування технічної системи, при цьому одержуючи деяку множину  $R^{out}$  ресурсів (у значення  $R^{in}$  обов'язково слід включати витрати на виготовлення виробу). Зрозуміло, що значення  $R^{out}$  залежить як від значення  $R^{in}$ , так і від структури та поведінки систем  $S$  і  $S_e$ :

$$R^{out} = R^{out}(R^{in}, S, S_e). \quad (4)$$

Для оптимальної системи  $S$ , яку можна позначити як  $S_o$ , існує константа  $R_o^{out}$ , що дорівнює

$$R_o^{out} = R^{out}(R^{in}, S_o, S_e) = \max_{S \in R^{in}} R^{out}(R^{in}, S, S_e). \quad (5)$$

При цьому

$$P(R^{in}, R^{out}) \approx \begin{cases} 0 & \text{при } R^{out} > R_o^{out} \\ 1 & \text{при } R^{out} < R_o^{out} \end{cases}. \quad (6)$$

Це означає, що будь-яка система  $S$  не може забезпечувати ефективність від експлуатації більше, ніж  $R_o^{out}$  при кожному визначеному технічному рішенні системи  $S$ . Аналогічно, при фіксованих значеннях  $R^{in}$  і  $R^{out}$  існує деяка оптимальна система  $S_o$ . У деякому загальному випадку дана система може бути відмінною від  $S_o$ .

Отже, завдання конструювання виробу може зводитися до побудови деякої системи  $S$ , яка максимально наближалася б до цільового функціонала  $P(R^{in}, R^{out})$  [5; 6].

Оскільки величина функціоналу  $P(R^{in}, R^{out})$  визначається значеннями показників якості системи  $S$ , то можливо сказати, що система  $S$  має сукупність різних властивостей, множину яких можна позначити через  $\{X\}$ , а елементи цієї множини можна називати  $X$ -властивостями. До  $X$ -властивостей можуть відноситися, наприклад, технологічність, надійність, патентоспроможність, рівень стандартизації тощо. Забезпечення оптимального ступеня кожної з даних  $X$ -властивостей складає деяку конкретно визначену тактичну мету загальної стратегічної мети системи. При відпрацюванні конструкції виробу по кожній із  $X$ -властивостей у системі  $S$  можуть виділятися деякі локальні підсистеми  $S_X = (St_X, Be_X)$  зі своєю структурою  $St_X$  та поведінкою  $Be_X$ . Якщо одночасно проводити відпрацювання по двом  $XY$ -властивостям, то при тактичній меті  $A_{XY}$  у системі виділиться  $XY$ -переріз і  $S_{XY} = (St_{XY}, Be_{XY})$ .

Тактичним цілям  $S_X$  і  $S_{XY}$  тощо, відповідають свої  $(R_X^{in}, R_X^{out})$  і  $(R_{XY}^{in}, R_{XY}^{out})$ -обміни, тобто теорія систем припускає, що відпрацювання конструкцій виробів можливо проводити окремо за показниками технологічності, надійності, патентоспроможності тощо.

На основі вищенаведеного виникає важливе питання: наскільки при такому аспекті можливо забезпечити оптимальність  $(R^{in}, R^{out})$ -обміну [5, 6].

На підставі відомої нерівності Джорджа Буля [7] для нашого випадку Бенціоном Флейшманом була отримана така залежність [8]:

$$1 - \sum_{\{X\}} (1 - P(S_X)) \leq P(S) \leq \min_{\{X\}} P(S_X). \quad (7)$$

Ця залежність означає, що вірогідність досягнення стратегічної мети системи  $S$  не може бути більшою, ніж мінімальне значення вірогідності досягнення тактичної мети за  $X$ -властивістю і не менша за суму вірогідностей невиконання всіх тактичних цілей за  $X$ -властивостям, яка віднімається від одного.

У термінах  $(R^{in}, R^{out})$ -обміну ця залежність може бути записана в такому вигляді:

$$1 - \sum_{\{X\}} (1 - P(R_X^{in}, R_X^{out})) \leq P(R^{in}, R^{out}) \leq \min_{\{X\}} P(R_X^{in}, R_X^{out}). \quad (8)$$

**Висновки.** З наведених вище залежностей можна отримати такі висновки:

1) при конструюванні виробу можливо вести відпрацювання останнього на технологічність та іншим окремим показникам або властивостям якості. Кількість цих показників має бути повною та забезпечувати виконання виробом свого призначення щодо функціонування;

2) відпрацювання конструкцій виробів на технологічність та іншим окремим показникам якості не таке ефективне, як одночасне відпрацювання за всіма показниками якості.

### Список використаних джерел

1. Держстандарт України. (1994). Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення (ДСТУ 2925-94). – Український науково-дослідний інститут стандартизації, сертифікації і інформатики.

ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення. – Чинний від 1996-01-01. – Вид. офіц. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 34 с.

2. Бондаренко С. Г. Основи системної технології життєвого циклу машин : монографія : у 2 ч. Ч. 1 : Системність та створення виробу / С. Г. Бондаренко, О. П. Космач ; за заг. ред. С. Г. Бондаренка. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2020. – 262 с.

3. Стенін О. А. Використання сучасних CAD/CAM/CAE/PLM-систем при крізному паралельному циклі підготовки виробництва [Електронний ресурс] / О. А. Стенін, С. В. Лапковський, М. О. Солдатова // Адаптивні системи автоматичного управління. – 2010. – № 17(37). – С. 109 – 117. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/6920>.

4. Технологичность конструкций изделий. Термины и определения (ГОСТ 14.205-83). – Введен 1983-07-01. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1983.

5. Катренко А. В. Системний аналіз / А. В. Катренко. – Львів : Новий світ-2000, 2022. – 396 с.

6. Величко О. М. Основи системного аналізу і прийняття оптимальних рішень / О. М. Величко, Т. Б. Гордієнко. – Одеса : Олді+, 2021. – 672 с.

7. Найко Д. А. Теорія ймовірностей та математична статистика / Д. А. Найко, О. Ф. Шевчук. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 382 с.

8. Васильків І. М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики / І. М. Васильків. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. – 184 с.

### References

1. Derzhstandart Ukrainy. (1994). *Yakist produktsii. Otsiniuvannia yakosti. Terminy ta vyznachennia* [Product quality. Quality assessment. Terms and definitions] (DSTU 2925-94). Ukrainskyi naukovo-doslidnyi instytut standartyzatsii, sertyfikatsii i informatyky.

2. Bondarenko, S.H. (2020). *Osnovy systemnoi tekhnolohii zhyttievoho tsykladu mashyn* [Fundamentals of system technology of the life cycle of machines]. (Vol. 1). NU "Chernihivska politekhnika".

3. Stenin, O.A., Lapkovskiy, S.V., & Soldatova, M.O. (2010). *Vykorystannia suchasnykh CAD/CAM/CAE/PLM-system pry kriznomu paralelnomu tsykli pidhotovky vyrobnytstva* [The use of modern CAD/CAM/CAE/PLM-systems in the cross-parallel cycle of production preparation]. *Adaptyvni systemy avtomatychnoho upravlinnia – Adaptive systems automatic control*, 17(37), 109–117. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/6920>.

4. Gosudarstvennyi komitet SSSR po standartam (1983). *Tekhnologichnost konstrukticii izdelii. Terminy i opredeleniia* [Technological design of products. Terms and definitions] (GOST 14.205-83). Gosudarstvennyi komitet SSSR po standartam.

5. Katrenko, A.V. (2022). *Systemnyi analiz* [System analysis]. Novyi svit-2000.

6. Velychko, O.M., & Hordiienko T.B. (2021). *Osnovy systemnoho analizu i pryiniattia optymalnykh rishen* [Fundamentals of system analysis and optimal decision-making]. Oldi+.

7. Naiko, D.A., & Shevchuk, O.F. (2020). *Teoriia ymovirnostei ta matematychna statystyka* [Fundamentals of system analysis and optimal decision-making]. VNAU.

8. Vasylykiv, I.M. (2020). *Osnovy teorii ymovirnostei i matematychnoi statystyky* [Basics of the theory of probabilities and mathematical statistics]. LNU imeni Ivana Franka.

Отримано 25.11.2022

**Serhii Lapkovsky<sup>1</sup>, Volodymyr Frolov<sup>2</sup>, Liudmyla Danylova<sup>3</sup>,  
Vasyl Prykhodko<sup>4</sup>, Maksym Gladskyi<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv, Ukraine)

**E-mail:** [Lapkovsky@ukr.net](mailto:Lapkovsky@ukr.net). **ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-9870-9231>. **ResearcherID:** [HCH-3837-2022](https://orcid.org/HCH-3837-2022)

<sup>2</sup>PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv, Ukraine)

**E-mail:** [v.k.frolov@gmail.com](mailto:v.k.frolov@gmail.com). **ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-3697-286X>. **ResearcherID:** [ACH-0071-2022](https://orcid.org/ACH-0071-2022)

<sup>3</sup>PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv, Ukraine)

**E-mail:** [ldanylova@outlook.com](mailto:ldanylova@outlook.com). **ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-4442-3959>. **ResearcherID:** [ADU-9265-2022](https://orcid.org/ADU-9265-2022)

<sup>4</sup>PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv, Ukraine)

**E-mail:** [privas@bigmir.net](mailto:privas@bigmir.net). **ORCID** <https://orcid.org/0000-0003-1852-3777>. **ResearcherID:** [HDM-7277-2022](https://orcid.org/HDM-7277-2022)

<sup>5</sup>PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv, Ukraine)

**E-mail:** [gladsky@gmail.com](mailto:gladsky@gmail.com). **ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-4547-7131>. **ResearcherID:** [Q-1624-2017](https://orcid.org/Q-1624-2017)

### **DFM – AN INALIENABLE COMPONENT OF PRODUCT QUALITY**

*The article is devoted to questions on possibility and expediency of work on working of products on DFM irrespective of works on working of products on other properties of quality. Depending on the properties, there are the following quality indicators: purpose indicators, reliability indicators, ergonomic indicators, aesthetic indicators, safety indicators, ecological indicators, manufacturability indicators, transportability indicators, standardization and unification indicators, patent law indicators, economic indicators. The economy of countries where a lot of attention is paid to quality (both on the part of the producer and on the part of the consumer), have achieved great success in the development and provision of a high standard of living for their citizens. DFM as property of a product is a part of its quality and is one of properties of quality of products, and product working on DFM is an integral part of works on maintenance of quality of products. DFM is characterized by a number of indicators. DFM indicators form one of the types of product quality indicators along with indicators of purpose, reliability, level of standardization and unification, etc. The need for this research arises due to the fact that different specialists conduct the testing of products according to the main quality properties. So, for example, testing and evaluation of products according to reliability indicators is carried out by specialists in the field of reliability theory, engineers-designers are involved to test the ergonomic properties of products, testing of products for manufacturability should be carried out by technologists, etc. For the decision of the given problem it is offered to use methods of the theory of potential efficiency of complicated systems. The theory of complicated systems supposes that at designing of products it is supposed to conduct working of products on DFM and other separate properties or quality indicators, however working of designs of products on DFM and other separate indicators of quality is less effective, than simultaneous working on all indicators of quality.*

**Keywords:** product; quality; DFM; complicated system; potential effectiveness.

**Fig.:** 4. **References:** 8.