

УДК 658.56

**КВАЛІМЕТРИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ  
ПРОЦЕСІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ**©**Катрич О. О., Тріщ А. Р., Денисенко А. М., Діденко Н. В.***Українська інженерно-педагогічна академія***Інформація про авторів:**

**Катрич Олег Олександрович:** ORCID: 0000-0002-5749-6006; o.katrich@kernel.ua; кандидат технічних наук; директор; ТОВ «Українська чорноморська індустрія»; вул. Транспортна, 44, м. Іллічівськ, Одеська обл., 68001, Україна.

**Тріщ Андрій Романович:** ORCID: 0000-0002-0012-4690; trisch\_redbull@mail.ru; аспірант кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

**Денисенко Андрій Миколайович:** ORCID: 0000-0002-3179-2376; denisenko-m2012@mail.ru; здобувач кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

**Діденко Наталя Вікторівна:** ORCID: 0000-0001-7407-1360; nataly.v.didenko@gmail.com; асистент кафедри метрології та безпеки життєдіяльності; Харківський національний автомобільно-дорожній університет; вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002, Україна.

Процеси, що впливають на якість продукції мають різну природу, тобто їх показники якості різні та вони мають різні шкали оцінювання, але на сьогодні не існує єдиної методики їх оцінювання, крім того різноманітність кваліметричних методів оцінювання вимагає глибокого наукового дослідження в частині оптимальності та ефективності.

Аналіз наукової літератури показав, що існуючі математичні моделі (функції бажаності) дозволяють оцінювати якість продукції та процесів різної природи, але не розроблено дієвого кваліметричного інструменту для їх застосування на виробництві.

Для ефективного застосовувати функцій бажаності на практиці, при оцінюванні процесів, пропонується застосовувати їх числові, які дозволяють отримати інтервальні показники якості процесів, що дозволить зробити універсальну стандартизовану методику, яка може бути застосована при оцінці будь – яких процесів не залежно від їх складності. Розглянуто ряд практичних задач, які можуть виникати при оцінюванні процесів.

**Ключові слова:** функція бажаності; якість процесу; безрозмірна шкала; інтервал якості; оцінка якості процесу.

**Катрич О. А., Тріщ А. Р., Денисенко А. Н., Діденко Н. В.** «Кваліметрический инструмент оценивания качества процессов различной природы».

Процессы, влияющие на качество продукции имеют разную природу, то есть их показатели качества разные и они имеют разные шкалы оценивания, но на сегодняшний день не существует единой методики их оценивания, кроме этого разнообразие кваліметрических методов оценивания требует глубокого научного исследования в части оптимальности и эффективности.

Анализ научной литературы показал, что существующие математические модели (функции желательности) позволяют оценивать качество продукции и процессов различной природы, но не разработано действенного кваліметричного инструмента для их применения на производстве.

**Технологія машинобудування**

---

Для ефективного застосування функцій желательности на практиці, при оцінюванні процесів, пропонується застосовувати їх числові характеристики, які дозволяють отримати їх інтервальні показники якості, що дозволить зробити універсальну стандартизовану методологію, яка може бути застосована при оцінці будь-яких процесів незалежно від їх складності. Розглянуто ряд практичних завдань, які можуть виникати при оцінюванні процесів.

**Ключевые слова:** функція желательности; якість процесу; безрозмірна шкала; інтервал якості; оцінка якості процесу.

**Katrich O., Trishch A., Denisenko A., Didenko N.** “Tools kvalimetricheskoj quality evaluation processes of different nature”.

Processes affecting the quality of the products are different in nature, that is, their quality parameters are different and they have different scales of assessment, but to date there is no single method of evaluation, besides a variety of qualimetric assessment methods requires a thorough research regarding optimal and efficient.

An analysis of scientific literature has shown that the existing mathematical models (desirability function) allow to evaluate the quality of the products and processes of different nature, but do not develop effective kvalimetrichno tool for their application in the workplace.

In order to effectively apply the desirability functions in practice, in assessing the processes, are encouraged to apply their numerical characteristics that allow them to receive the interval parameters of quality that will make a universal standardized methodology that can be applied when assessing what - or processes regardless of their complexity. A number of practical problems that may arise when evaluating processes.

**Keywords:** desirability function; quality of the process; dimensionless scale; range of quality; quality assessment process.

**1. Актуальність теми**

Випуск конкурентоспроможної продукції особливо актуально сьогодні, так як, Україна задекларувала курс на вступ в Європейський Союз, тому промисловим підприємствам і організаціям необхідно застосовувати комплексний підхід до забезпечення якості продукції та готуватися до жорсткої конкурентної боротьби в умовах Європейської ринкової економіки. Якість продукції тісно пов'язана з якістю процесів її виробництва, що являється одним із принципів сучасного управління якістю.

Як відомо, управляти можна тим, що можна оцінити, тому стоїть завдання оцінювання процесів, які впливають на якість продукції. Так як якісні показники продукції різні та мають різні шкали оцінювання, то процеси, що на них впливають теж мають різну природу. На сьогодні не існує єдиної методології оцінювання процесів, так як кожне підприємство унікальне за різними показниками і їх унікальність залежить від виду продукції, що випускається або послуги, масштабів, структури підприємства, від кваліфікації персоналу та багатьох інших факторів. Крім цього велика різноманітність кваліметричних методів оцінювання вимагає глибокого наукового дослідження в частині оптимальності та ефективності їх використання для кожного конкретного випадку.

Так як процеси мають різну природу, ступінь складності і рівень значущості в системі, то їх показники якості різнорідні і вони мають різні шкали оцінювання. Для оцінювання процесів необхідно привести оцінки показників якості всіх процесів в одну, бажано безрозмірну, шкалу. В [1] показано різні залежності оцінки основних показників якості різних об'єктів з безрозмірною величиною, але для всіх об'єктів такі залежності розробити неможливо, так як їх безліч і властивості їх постійно змінюються. Крім того методи, алгоритми і методики оцінки якості процесів різні. В таких умовах одні показники якості можуть бути заниженими, що може призвести до зниження якості готової продукції або подорожчання технологічних процесів для її підвищення, а інші завищені, що підвищить її вартість. Тому бажано мати єдину систему оцінки якості процесів.

У статті [2] пропонуються залежності показників якості процесів, які мають різні розмірності з їх оцінками на безрозмірній шкалі, при цьому пропонується використовувати порядкові статистики. Тобто ці залежності мають враховувати мінімально - допустиме значення показника якості процесу та максимально - допустиме значення показника його якості, а також його найкраще (оптимальне) значення. Крім цього пропонується знайти єдиний (універсальний) вид залежності, а параметром форми змінювати її крутизну, що дозволить застосовувати їх для оцінки різних процесів з різними вимогами до якості. Такий вид залежностей вперше був застосований для оптимізації технологічних процесів автором наукової статті Дірінгером ще у 1980 році [3], а також для оцінки систем управління якістю автором дисертації Н. Горбенко [4], але, на наш погляд, в даних роботах не досконалим являється їх застосування в частині визначення коефіцієнта форми, що являється найважливішим фактором у оптимальності їх застосування на практиці.

В роботах [5–7] в якості функції для переводу різнорозмірних показників якості в безрозмірну величину використовували функцію бажаності, яка відома як функція Харінгтона, яка має подвійний експоненціальний вигляд і має ряд особливостей, які приваблювали дослідників до практичного її застосування [7]. З одного боку серія залежностей враховує чотири групи показників якості, але застосовується один і той вид залежності – подвійний експоненційний розподіл, що вважається її недоліком. Тому у якості функції бажаності для переводу різнорозмірних показників якості процесів в безрозмірну величину пропонується функція [8]:

$$F_x = \begin{cases} 0 & X_i \leq X_{i \min} \\ \left[ \frac{X_i - X_{i \min}}{X_{i \max} - X_{i \min}} \right]^k & X_{i \min} < X_i < X_{i \max} \\ 1 & X_i \geq X_{i \max} \end{cases}, \quad (1)$$

де:  $X_i$  – дійсне (виміряне) значення показника якості процесу;

$X_{i \min}$  – мінімальне значення показника якості процесу;

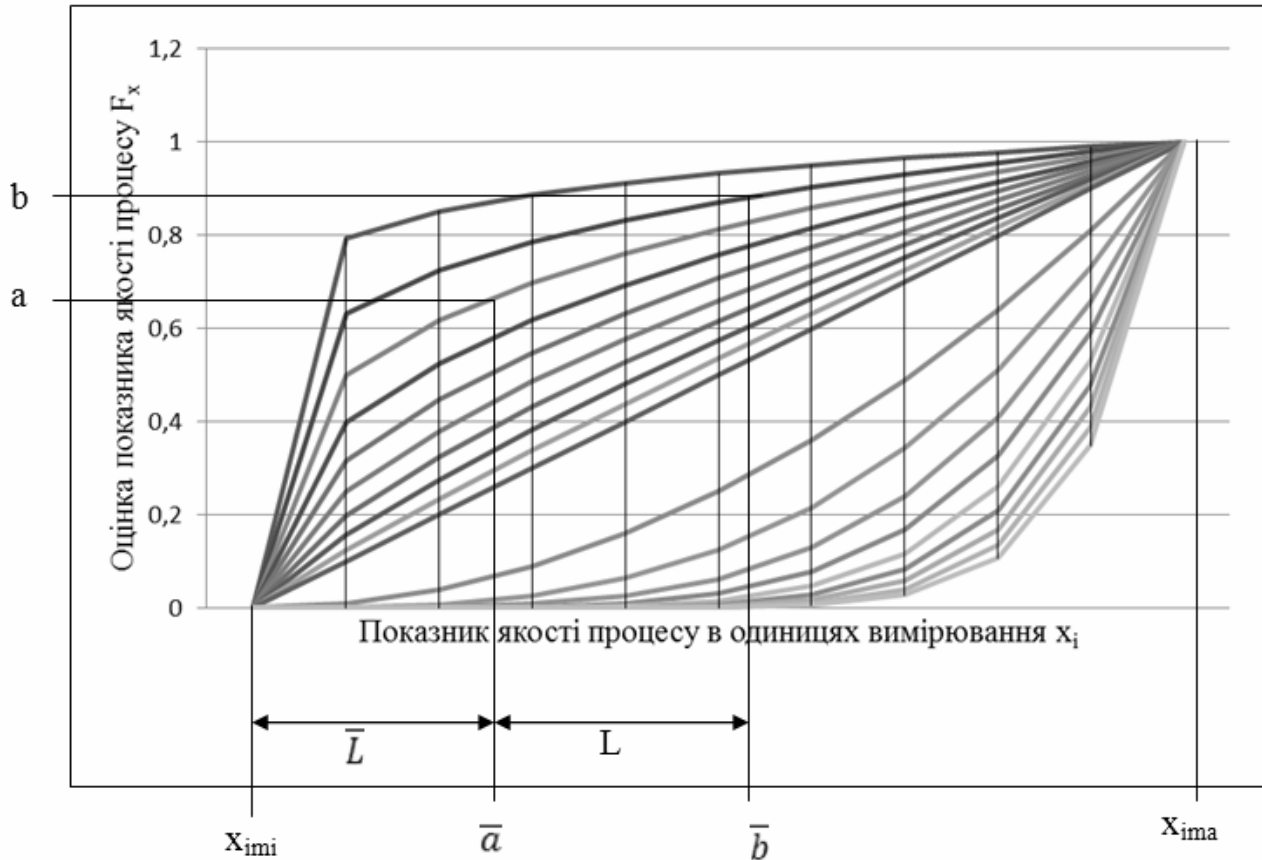
$X_{i \max}$  – максимальне значення показника якості процесу;

$k$  – параметр форми, який змінює кривизну залежності.

**Технологія машинобудування**

Загальний вигляд функції бажаності та її числові характеристики показано на рис. 1.

Дана функція (1) враховує максимально-допустиме і мінімально-допустиме значення показника якості процесу, а також його найкраще (оптимальне) значення. Крім цього присутній параметр форми і крутизни функції, що дозволить застосовувати їх для оцінки різних по значимості процесів з різними вимогами до якості.



**Рис. 1** – Загальний вигляд функції бажаності та її числові характеристики

Якщо параметр форми змінюється від 0,1 до 1 з кроком 0,1, то функції (серія функцій) буде вигнута уверх. Якщо параметр форми буде змінюватися від одиниці до десяти з кроком 1, то функції бажаності будуть увігнуті в низ, як показано на малюнку.

Застосування такого виду функції бажаності дозволить отримувати показник якості процесів на безрозмірній шкалі, а параметр форми дозволить вибирати необхідну функцію, залежно від точності та значимості процесу.

Для ефективного застосовувати функції бажаності на практиці, при оцінюванні процесів, необхідно мати їх числові характеристики. Це дозволить зробити стандартизовану методику, яка буде універсальною і може бути застосована при оцінці будь – яких процесів не залежно від їх складності та ін.

Розглянемо ряд практичних задач, які можуть виникати при оцінюванні процесів. Наприклад, якщо взяти функцію бажаності (1) та задатися фіксованим параметром форми  $k$ , то можна знайти межі, в які повинен попадати показник якості  $x_i$  при умові, що значення його оцінки  $F_x$  буде в заданому інтервалі  $[a-b]$ .

Так як інтервал оцінки якості на безрозмірній шкалі міняється від «0» до «1», то повинна виконуватись умова:

$$0 < a < F_x < b < 1,$$

де  $a$  та  $b$  нижня та верхня межі заданого інтервалу оцінки  $F_x$

Для вирішення цієї задачі вирішимо ступінну нерівність:

$$a < \left[ \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \right] < b$$

Отримаємо нерівність:

$$a^{\frac{1}{k}} < \left[ \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \right] < b^{\frac{1}{k}}$$

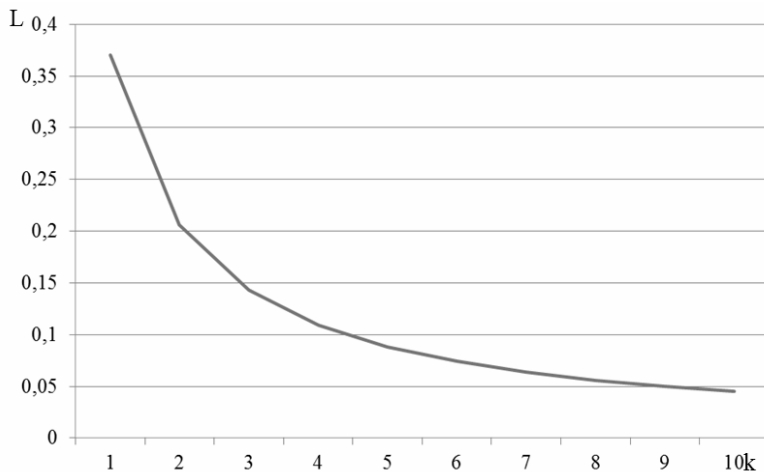
або:

$$a^{\frac{1}{k}}(x_{i\max} - x_{i\min}) + x_{i\min} < x_i < b^{\frac{1}{k}}(x_{i\max} - x_{i\min}) + x_{i\min}$$

Зазначимо, що довжина інтервалу, в якому повинен знаходитись вимірний показник якості процесу буде:

$$L = \left( b^{\frac{1}{k}} - a^{\frac{1}{k}} \right) (x_{i\max} - x_{i\min})$$

На прикладі розсіювання показників якості процесу олійного виробництва, за умови, що  $a = 0,6$ ,  $b = 1$ , та  $1 \leq k \leq 10$ , графік залежності довжини інтервалу  $L$  від значення параметру форми  $k$  має вигляд (рис. 2), з якого видно, що довжина інтервалу може становити до 0,3 % поля допуску показника якості процесу, що дає можливість вибору варіантів управління.



**Рис 2** – Графік залежності  $L$  від  $k$

межу відповідного інтервалу:

$$\bar{b} = \bar{a} + L$$

Крім того, можемо визначити величину, на яку інтервал вимірних значень якості процесу повинен відрізнятись від мінімально допустимого значення  $X_{i\min}$

$$\bar{L} = a^{\frac{1}{k}}(x_{i\max} - x_{i\min})$$

А нижня межа інтервалу, в якому повинен знаходитись вимірний показник якості процесу при заданому інтервалі оцінки  $F_x$  та заданому параметрі форми  $k$  буде:

$$\bar{a} = a^{\frac{1}{k}}(x_{i\max} - x_{i\min}) + x_{i\min}$$

Отже, якщо маємо нижню межу інтервалу показника якості процесу і маємо довжину інтервалу, то можемо отримати верхню

**Технологія машинобудування**

У випадку, коли має місце модель (3.2), то аналогічним способом можна знайти спочатку верхню межу інтервалу:

$$\bar{b} = x_{i\max} - a^{\frac{1}{k}}(x_{i\max} - x_{i\min})$$

в такому випадку нижня межа інтервалу буде:

$$\bar{a} = \bar{b} - L$$

Використовуючи функції бажаності можна вирішити обернену задачу. Нехай буде задано межі оцінок показника якості процесу  $F_x$  в заданому інтервалі  $[a - b]$  таким чином:

$$0 < a < F_x < b < 1,$$

і відомо вимірне значення показника якості  $x_i$ , тоді можна знайти інтервал для параметрів форми  $k$ , при якому буде гарантовано виконання умови. Другими словами визначимо всі функції, які при заданому (вимірному) значенні  $x_i$  забезпечать задану оцінку якості на безрозмірній шкалі. Для вирішення цієї задачі вирішимо ступінну нерівність:

$$a < \left[ \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \right]^k < b$$

Зауважимо, що

$$0 < \left[ \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \right]^k < 1$$

Тому для спрощення розрахунків можна записати нерівність, застосовуючи натуральні логарифми:

$$\frac{\ln b}{\ln \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}} < k < \frac{\ln a}{\ln \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}}.$$

Отже таким чином знайшли інтервал, в якому повинен знаходитись параметр форми  $k$  при заданих умовах.

Задамо ще оду можливу умову. Нехай задано фіксовану оцінку показника  $F_x = a$ , при цьому вимірне значення показника якості  $x_i$  знаходиться в інтервалі  $[\bar{a} - \bar{b}]$ , тоді можна визначити діапазон значень параметру форми  $k$ , при якому будуть виконуватися задані умови. Другими словами визначимо всі функції, які при діапазоні заданих (вимірних) значеннях  $x_i$  забезпечать задану оцінку якості  $F_x = a$  на безрозмірній шкалі. Для вирішення цієї задачі рішаємо рівняння:

$$\left[ \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \right]^k = a$$

Звідси

$$k = \frac{\ln a}{\ln \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}}$$

Враховуючи, що  $\bar{a} < x_i < \bar{b}$  отримуємо інтервал допустимих параметрів форми  $k$ :

$$\frac{\ln a}{\ln \frac{\bar{a} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}} < k < \frac{\ln a}{\ln \frac{\bar{b} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}}$$

Отже за допомогою функцій бажаності можна визначити ряд корисних числових показників якості процесу, застосовуючи які, можна управляти оцінками якості, зменшувати або збільшувати їх, що дозволить ефективно управляти якістю процесів. Таку методіку можна застосовувати і для оцінки якості продукції.

### Висновки

Запропоновані числові характеристики системи залежностей, які дозволяють отримати інтервальні показники якості процесів, чим робить більш універсальною систему залежностей. Запропоновані числові характеристики дозволяють вирішувати ряд практичних задач в кваліметрії та можуть застосовуватися при оцінці якості продукції.

### Список використаних джерел:

1. Азгальдов Г. Г. О кваліметрії / А. А. Азгальдов, Э. П. Райхман. – М.: Издательство стандартов, 1973. – 172 с.
2. Горбенко Н. А. Оценивание процессов системы менеджмента качества предприятий на соответствие требований международных стандартов серии ISO 9000 / Н. А. Горбенко, О. А. Катрич // Вісник Національного технічного університету «ХПИ». Сер.: Механіко-технологічні системи та комплекси: зб. наук. пр. – Харків, 2014. – № 40 (1083). – С. 20–25.
3. Derringer G. Simultaneous Optimization of Several Response Variables / G. Derringer, R. Suich // *Journal of Quality technology*. – 1980. – Vol. 12, no. 4, Oktober. – P. 83–89.
4. Горбенко Н. А. Розробка методології оцінювання процесів систем управління якістю підприємств з урахуванням вимог міжнародних стандартів : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02 / Н. А. Горбенко. – Харків, 2014. – 165 с.
5. Трищ Р. М. Обобщенная точечная и интервальная оценки качества изготовления детали ДВС / Р. М. Трищ, Е. А. Слитюк // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2006. – № 1. – С. 63–67.
6. Трищ Р. М. Точечная и интервальная оценки качества изделий / Р. М. Трищ, Е. А. Слитюк // *Вестник НТУ «ХПИ»*: зб. наук. пр. – Харків, 2006. – Темат. вып. 27 : Новые решения в современных технологиях. – С. 96–102.
7. Трищ Г. М. Розробка методології оцінювання процесів систем управління якістю підприємств з урахуванням вимог міжнародних стандартів : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02 / Г. М. Трищ ; Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів, 2014. – 162 с.
8. Катрич О. О. Розвиток кваліметричних методів оцінювання процесів систем управління якістю підприємств відповідно до вимог міжнародних стандартів : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02 / О. О. Катрич ; Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2015. – 163 с.

### References

1. Azgaldov, G & Raykhman, E 1973, *O kvalimetrii*, Izdatelstvo standartov, Moskva.
2. Gorbenko, N & Katrich, O 2014, 'Otsenivaniye protsessov sistemy menedzhmenta kachestva predpriyatiy na sootvetstviye trebovaniy mezhdunarodnykh standartov serii ISO 9000', *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI": zbirnyk naukovykh prats. Seriya: Mekhaniko-tekhnologichnyi systemy ta komplekсы*, no. 40(1083), pp. 20-25.
3. Derringer, G & Suich, R 1980, 'Simultaneous Optimization of Several Response Variables', *Journal of Quality technology*, vol. 12, no. 4, Oktober, pp. 83-89.
4. Horbenko, N 2014, 'Rozrobka metodolohii otsiniuvannya protsesiv system upravlinnia yakistiu pidpriemstv z urakhuvanniam vymoh mizhnarodnykh standartiv', *Kand.tekh.n. thesis, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia*, Kharkiv.
5. Trishch, R & Slityuk, E 2006, 'Obobshchennaya tochechnaya i intervalnaya otsenki kachestva izgotovleniya detali DVS', *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no. 1, pp. 63–67.
6. Trishch, R & Slityuk, E 2006, 'Tochechnaya i intervalnaya otsenki kachestva izdeliy', *Vetsnyk NTU "KhPI"*, *Novyye resheniya v sovremennykh tekhnologiyakh*, iss. 27, pp. 96–102.
7. Trishch, H 2014, 'Rozrobka metodolohii otsiniuvannya protsesiv system upravlinnia yakistiu pidpriemstv z urakhuvanniam vymoh mizhnarodnykh standartiv', *Kand.tekh.n. thesis, Natsionalnyi universytet "Lvivska politekhnika"*, Lviv.
8. Katrich, O 2015, 'Rozvytok kvalimetrychnykh metodiv otsiniuvannya protsesiv system upravlinnia yakistiu pidpriemstv vidpovidno do vymoh mizhnarodnykh standartiv', *Kand.tekh.n. thesis, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia*, Kharkiv.

Стаття надійшла до редакції 16 листопада 2015 р.