

УДК 631.3.05  
DOI: 10.31891/2219-9365-2020-66-2-2

КУЧЕРУК В. Ю., КУЛАКОВ П. І.  
Вінницький національний технічний університет  
ІВАНЕЦЬ О. Б.  
Національний авіаційний університет  
КУЛАКОВА А. П.  
Вінницький національний технічний університет

## ПІДХІД ДО КРИТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЯ ВІДХИЛЕННЯ ВІД НОРМИ СТАНУ ОБ'ЄКТА

*У статті наведено результати досліджень у галузі методів експерименту та запропоновано новий підхід до критеріального оцінювання ступеню відхилення від норми стану різноманітних об'єктів на основі результатів вимірювального контролю їх параметрів. Розроблений критерій може приймати значення в діапазоні від нуля до одиниці, чим більше чисельне значення критерію наближається до одиниці, тим менша ступінь відхилення стану об'єкта від норми. Наведено результати експериментальних досліджень та застосування запропонованої методики критеріального оцінювання. Результати досліджень, які наведено у статті, можуть бути використані для оцінювання ступеню відхилення від норми стану як технічних, так і біологічних об'єктів, у тому числі організму людей або тварин.*

*Ключові слова:* критерій, вимірювальний контроль, оцінювання, контроль стану, ступінь відхилення.

KUCHERUK V., KULAKOV P.  
Vinnytsia National Technical University  
IVANETS O.  
National Aviation University  
KULAKOVA A.  
Vinnytsia National Technical University

## APPROACH TO CRITERION-BASED ASSESSMENT OF THE DEVIATION DEGREE OF THE OBJECTS FROM THE NORMAL STATE

*Effective criteria-based assessment of the objects state and quality is important for various fields of industrie and science. The optimal quantitative indicator of the object state is the probability of a particular deviation type. Traditional methods of the probability determining of the presence of a particular type of deviation are an extremely difficult task that requires a very large amount of experimental research. Given the large number of industries in which criteria-based assessment of the objects state is used, an urgent task is to create a universal criterion suitable for use in various, even unrelated fields of science and technology, and relatively easy to use. The aim of the article is to develop the theory of criteria-based assessment, techniques and methods of experiment. As a result of the research, a new approach to criterial assessment of the various objects state was proposed, a universal criterion was developed for assessing the deviation degree from the norm of the objects state based on the measuring control results of their parameters. The convenience of using the developed criterion is ensured due to the fact that its numerical value is in the range from zero to one, and the smaller its numerical value, the greater the deviation degree of the object state from the norm. The results of experimental studies and the application of the proposed criteria-based assessment technique are presented. The effectiveness of using the developed approach to criteria-based assessment is confirmed by experimental results. The research results presented in the article can be used to assess the deviation degree from the norm of the state of both technical and biological objects, including the body of humans or animals.*

*Key words:* measuring control, assessment, criterion, condition control, degree of deviation.

**Вступ.** Критеріальне оцінювання широко використовується у різних галузях науки і техніки для якісної та кількісної характеристики стану різноманітних об'єктів, як технічних, так і біологічних. Під час критеріального оцінювання стану складних об'єктів враховується значна кількість факторів впливу та показників стану, в тому числі результатів вимірювання та вимірювального контролю параметрів об'єктів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень складних об'єктів встановлюються зв'язки між досліджуваним об'єктом і навколишнім середовищем, виявляються загальні закономірності, пояснюються, узагальнюються та формалізуються емпіричні закономірності. Враховуючи велику кількість галузей, у яких використовується критеріальне оцінювання стану об'єктів, важливим завданням є створення універсального критерію, придатного для використання у різних, навіть не споріднених галузях науки і техніки. Метою статті є розвиток теорії критеріального оцінювання, техніки та методів експерименту, розробка універсального критерію оцінювання ступеню відхилення від норми стану об'єкта та впровадження у практичне використання нових методів оперативного оцінювання стану різноманітних об'єктів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Критеріальне оцінювання стану та якості об'єктів є важливим для різноманітних галузей промисловості та науки. У роботах [1, 2] розглянуто деякі критерії якості спеціалізованого програмного забезпечення, у роботі [3] розглянуто критерії, які характеризують

методики та якості навчання, певні методики критеріального оцінювання у галузі лінгвістики, медицини та соціальної інфраструктури розглянуто, відповідно, у роботах [4–6]. Деякі підходи до критеріального оцінювання стану механічних параметрів електричних машин розглянуто у [7], а певні підходи до критеріального оцінювання допустимого вмісту води у молоці та якості молока – в роботах [8–10]. У роботі [11] запропоновано універсальний критерій оцінювання ступеня відхилення від норми стану складових елементів технологічного процесу виробництва молока, який визначається на основі результатів вимірювального контролю його параметрів. Цей критерій має певну універсальність і може бути використаний для критеріального оцінювання стану інших різноманітних об'єктів. Недоліком цього критерію є незручність у використанні, тому що його значення змінюється в межах від певного мінімального значення до одиниці, а мінімальне значення залежить від коефіцієнтів кореляції між контрольованими параметрами об'єкта. Окрім того, наближення значення цього критерію до одиниці свідчить про збільшення ступеню відхилення стану об'єкта від норми, що на думку авторів, є незручним для сприйняття.

**Постановка задачі.** Для більшості варіантів відхилень стану складових елементів об'єкта оцінювання від норми можна виділити множину параметрів, значення яких, при наявності відхилення, не відповідає границям допуску. Оптимальним кількісним показником стану складових елементів об'єктів оцінювання є імовірність наявності того чи іншого варіанту відхилення. Теоретично, її можливо визначити на основі результатів встановлення відповідності значень параметрів об'єкта границям допуску, враховуючи їх взаємкорельованість, з використанням методів теорії імовірності. Але такий спосіб визначення імовірності являє собою надзвичайно складне завдання, яке потребує проведення дуже великої кількості експериментальних досліджень. Вирішити це завдання можна за допомогою універсального критерію оцінювання ступеня відхилення стану об'єкта від норми, який запропоновано у роботі [11], але цей критерій не є зручним для використання. Тому актуальним завданням є розробка універсального критерію оцінювання ступеню відхилення стану об'єкта від норми, зручного у використанні, чисельне значення якого знаходиться в діапазоні від нуля до одиниці і визначається на основі результатів вимірювального контролю параметрів об'єкта.

**Вирішення поставленої задачі.** Протягом функціонування практично будь-якого об'єкта виникають події, які негативно впливають на його ефективність. Результати вимірювального контролю параметрів об'єкта характеризують не тільки його стан в цілому, а і окремих складових елементів. Виходячи з цього, на основі результатів вимірювального контролю параметрів об'єкта можна здійснити оцінювання його стану в цілому, а також його окремих складових елементів, та виявити наявність певних подій, які негативно впливають на ефективність функціонування об'єкта. Основною ознакою виникнення певної події є негативний результат вимірювального контролю відповідного параметра об'єкта. Слід відзначити, що у багатьох випадках невідповідність значення певного параметра об'єкта межах допуску може виникнути внаслідок великої кількості різноманітних факторів, тобто ця обставина не гарантує наявності відповідної події. У багатьох випадках, відхилення стану об'єкта від норми, як правило, супроводжується одночасною зміною та знаходженням за межами допуску певної кількості його параметрів. Таким чином, у багатьох випадках, оцінити стан складових елементів об'єкта можливо на основі результатів вимірювального контролю декількох його параметрів.

Під контрольованим параметром першого рівня будемо розуміти такий параметр об'єкта, відхилення якого від норми є основною ознакою виникнення певного типу відхилення об'єкта від норми. Нехай для виявлення відхилення стану складового елементу об'єкта від норми здійснюється вимірювальний контроль  $N_K$  параметрів, які корельовані з контрольованим параметром першого рівня. Під контрольованим параметром другого рівня будемо розуміти той контрольований параметр, який має найбільше значення модуля коефіцієнту кореляції з контрольованим параметром першого рівня. Відповідно, під контрольованим параметром другого рівня, будемо розуміти той параметр, який має друге за величиною значення модуля коефіцієнту кореляції з контрольованим параметром першого рівня. Таким чином, контрольованим параметром  $i$ -го рівня є той контрольований параметр, який має  $i$ -те за величиною значення модуля коефіцієнту кореляції з контрольованим параметром першого рівня.

Позначимо через  $P_{K1}, P_{K2} \dots P_{Ki} \dots P_{KN_K}$  – результати вимірювального контролю контрольованих параметрів  $1, 2 \dots i \dots N_K$  рівня. Прийmemo, що якщо значення контрольованого параметра  $i$ -го рівня не відповідає нормі, то  $P_{Ki} = 1$ , якщо відповідає нормі –  $P_{Ki} = 0$ .

Позначимо через  $\rho_{K1}, \rho_{K2} \dots \rho_{Ki} \dots \rho_{KN_K}$  коефіцієнти кореляції між контрольованим параметром першого рівня та контрольованими параметрами  $1, 2 \dots i \dots N_K$  рівня, які визначаються на основі серії експериментальних даних.

Розглянемо певний параметр  $K_{P0}$ , який визначається виразом:

$$K_{P0} = \frac{|\rho_{K1}|P_{K1} + |\rho_{K2}|P_{K2} + \dots + |\rho_{Ki}|P_{Ki} + \dots + |\rho_{KN_K}|P_{KN_K}}{|\rho_{K1}| + |\rho_{K2}| + \dots + |\rho_{Ki}| + |\rho_{KN_K}|}. \quad (1)$$

З урахуванням того, що оцінювати стан об'єкта на основі результатів вимірювального контролю його параметрів є сенс тільки тоді, коли  $P_{K1} = 1$ , вираз (1) набуде вигляду:

$$K_{P0} = \frac{|\rho_{K1}| + \sum_{i=2}^{N_K} |\rho_{Ki}| P_{Ki}}{\sum_{i=1}^{N_K} |\rho_{Ki}|}. \quad (2)$$

Параметр  $K_{P0}$ , як слідує з виразу (2), може приймати значення в межах від мінімального значення  $K_{P0MIN}$  до одиниці, при умові, що  $P_{K1} = 1$ . У цьому випадку мінімальне значення параметра  $K_{P0}$  визначається за виразом

$$K_{P0MIN} = \frac{|\rho_{K1}|}{\sum_{i=1}^{N_K} |\rho_{Ki}|}. \quad (3)$$

Теоретично, мінімальне значення параметра  $K_{P0MIN}$  може знаходитись в межах, які визначається співвідношенням:

$$K_{P0MIN} \in (0;1] \quad (4)$$

З виразів (1) та (2) слідує, що чим більше значення параметра  $K_{P0}$  наближається до одиниці, тим більша імовірність наявності відхилення стану об'єкта від норми, тобто чисельне значення параметра  $K_{P0}$  певним чином характеризує стан об'єкта і може бути використано для критеріальної оцінки його стану. Але чисельне значення параметра  $K_{P0}$  у діапазоні  $[K_{P0MIN}; 1]$  є незручним для сприйняття, більш інформативним є значення критерію, яке змінюється в діапазоні від нуля до одиниці, при умові, що наближення чисельного значення критерію до одиниці свідчить про зменшення ступеню відхилення стану об'єкта від норми.

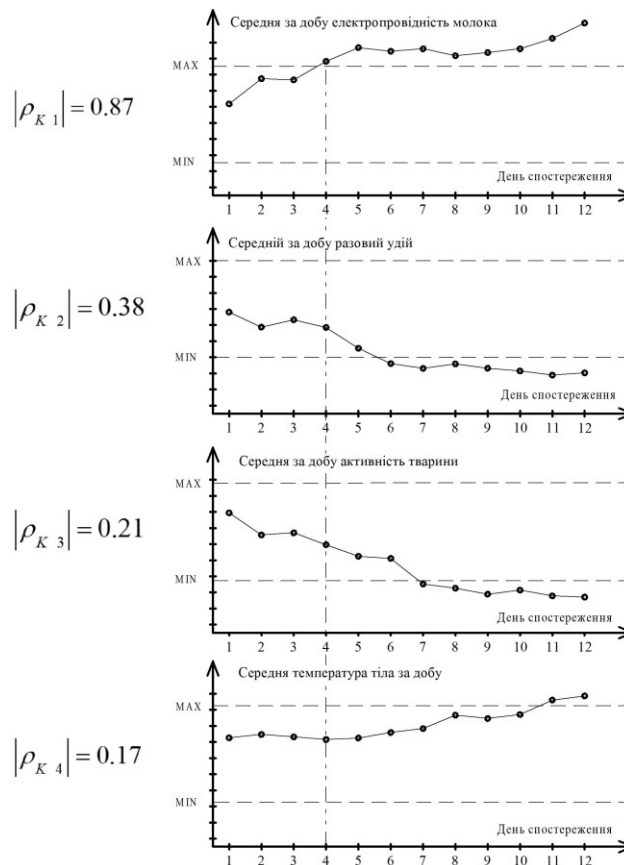
Відповідно, з урахуванням того, що наближення чисельного значення критерію до одиниці повинно свідчити про зменшення ступеню відхилення стану об'єкта від норми, критерій оцінювання ступеню відхилення стану об'єкта від норми на основі результатів вимірювального контролю його параметрів пропонується визначати за виразом:

$$K_S = 1 - K_{P0} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N_K} |\rho_{Ki}| P_{Ki}}{\sum_{i=1}^{N_K} |\rho_{Ki}|}. \quad (5)$$

Чисельне значення критерію  $K_S$  змінюється в межах від нуля до одиниці. Якщо чисельне значення  $K_S$  дорівнює одиниці, тобто  $P_{K1}, P_{K2} \dots P_{Ki} \dots P_{KN_K} = 0$ , це свідчить про повну відсутність будь-яких відхилень від норми. Чим вище значення критерію  $K_S$ , тим більше стан об'єкта наближений до нормального стану, і навпаки. Якщо чисельне значення критерію  $K_S$  дорівнює нулю, тобто  $P_{K1}, P_{K2} \dots P_{Ki} \dots P_{KN_K} = 1$ , це свідчить про те, що усі контрольовані параметри знаходяться за границями допуску і ступінь відхилення стану об'єкта від норми максимальна.

Від чисельного значення критерію залежить прийняття рішення стосовно дій, спрямованих на усунення подій, що спричинили відхилення стану. У випадку, якщо критерій оцінювання стану має значення наближене до нуля, то дії, спрямовані на усунення причин відхилення контрольованих параметрів від норми, треба провести негайно. Слід відзначити, що корельованість параметрів, які характеризують стан об'єкта, для різних варіантів відхилень від норми необхідно визначати окремо для кожного типу об'єктів. Ефективність використання запропонованого критерію зумовлена наочністю користування та простотою проведення розрахунків.

Експериментальне дослідження розробленого критерію проводилося авторами шляхом критеріального оцінювання ступеня відхилення від норми стану біологічного об'єкта - дійної тварини, у якій виявлено захворюваність маститом. При захворюваності тварини маститом, основною ознакою цієї події, при проведенні експрес-діагностики, є збільшення електропровідності молока вище межі допуску [12 - 14], тобто електропровідність молока, у даному випадку, є контрольованим параметром першого рівню. Із збільшенням електропровідності поступово зменшується разовий удій тварини, який у даному випадку є контрольованим параметром другого рівню. Внаслідок погіршення самопочуття тварини починає зменшуватись активність, яка є контрольованим параметром третього рівня, та збільшується температура тіла, яка є контрольованим параметром четвертого рівня. Типові експериментальні залежності зоотехнічних параметрів дійної тварини від дня спостереження при виникненні маститу наведено на рис. 1.



**Рис. 1. Типові експериментальні залежності зоотехнічних параметрів тварини від дня спостереження при виникненні маститу**

В результаті експериментальних досліджень, та відповідно до [12–14], встановлено значення коефіцієнтів кореляції між наявністю мастита та контрольованими параметрами першого, другого, третього та четвертого рівнів:  $|\rho_{K1}| = 0,87$ ,  $|\rho_{K2}| = 0,38$ ,  $|\rho_{K3}| = 0,21$ ,  $|\rho_{K4}| = 0,17$ . Розраховане значення критерію ступеню відхилення від норми стану тварини, яка хвора на мастит, для кожного дня, протягом дванадцяти днів спостереження, наведено у таблиці 1. Як слідує з таблиці 1, протягом перших трьох днів спостереження усі контрольовані параметри, у тому числі і параметр першого рівню, були в границях допуску. Відповідно, чисельне значення критерію протягом цих днів дорівнювало одиниці. Протягом четвертого і п'ятого дня середня електропровідність молока (параметр першого рівня) збільшилася вище максимально допустимого значення, відповідно, чисельне значення критерію зменшилося до 0,47. На шостий день, внаслідок розвитку захворювання, середній за добу разовий удій тварини знизився нижче мінімального значення, відповідно, чисельне значення критерію зменшилося до 0,23. З сьомого по десятий день, у зв'язку з погіршенням стану тварини, її активність зменшилася нижче допустимого рівня, відповідно, чисельне значення критерію зменшилося до 0,10.

Таблиця 1

**Значення критерію ступеню відхилення стану тварини захворілої маститом від норми протягом десяти днів спостереження**

День спостереження	$P_{K1}$	$P_{K2}$	$P_{K3}$	$P_{K4}$	$K_s$
1	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	1
4	1	0	0	0	0.47
5	1	0	0	0	0.47
6	1	1	0	0	0.23
7	1	1	1	0	0.10
8	1	1	1	0	0.10
9	1	1	1	0	0.10
10	1	1	1	0	0.10
11	1	1	1	1	0
12	1	1	1	1	0

Протягом одинадцятого та дванадцятого дня спостереження, вище допустимого значення збільшилася температура тіла тварини. Відповідно, чисельне значення критерію зменшилося до нуля, тому як усі контрольовані параметри тварини не відповідають границям допуску. Нульове значення критерію свідчить про дуже високу імовірність того, що тварина хвора на мастит. Слід відзначити, що остаточний висновок про наявність маститу та його ступінь можна зробити тільки після проведення відповідних лабораторних досліджень молока та вимені тварини.

Більша частина експериментальних результатів була отримана за допомогою інформаційної системи для доїльної установки з молокопроводом «ІС-Молокопровід» [15], для розробки критерію ступеню відхилення стану від норми та розрахунку його чисельних значень використовувалося програмне забезпечення Maple V.

Слід відзначити, що розроблений критерій можна використовувати для оцінювання ступеня відхилення стану тварини від норми і при інших типах відхилень. Так, наприклад, збільшення температури тіла тварини вище верхньої границі допуску одночасно із збільшенням тривалості латентного періоду, збільшенням тривалості доїння, зменшення середньої інтенсивності молоковіддачі та інтенсивності молоковіддачі протягом першого, другого, та третього тридцятисекундного часового інтервалу після початку доїння, є певною ознакою наявності запалювального процесу або інфекційного захворювання. Збільшення тривалості латентного періоду та тривалості доїння одночасно із зменшенням середньої інтенсивності молоковіддачі та інтенсивності молоковіддачі протягом першого, другого, та третього тридцятисекундного часового інтервалу після початку доїння може бути ознакою неякісної підготовки тварини до доїння, або наявністю стресового стану, який може виникнути внаслідок великої кількості причин. Одночасне зменшення активності, румінації, разового удою та добового удою є ознакою наявності стресового стану або травмованості тварини.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень розроблено універсальний критерій оцінювання ступеню відхилення від норми стану різноманітних об'єктів на основі результатів вимірювального контролю їх параметрів. Розроблений критерій зручний у використанні, його чисельне значення знаходиться в діапазоні від нуля до одиниці, чим вище його чисельне значення, тим більше стан об'єкта наближений до нормального. Ефективність використання розробленого критерію підтверджено результатами експериментальних досліджень. Результати досліджень, які наведено у статті, можуть бути використані для оцінювання ступеню відхилення від норми стану як технічних, так і біологічних об'єктів.

### Література

1. A. Rawashdeh and B. Matakah, "A new software quality model for evaluating COTS components," *Journal of Computer Science*, vol. 2, pp. 373–381, 2006.
2. S. Liu and T. A. Moughal, "A novel method for dynamic multicriteria decision making with hybrid evaluation information," *Journal of Applied Mathematics*, vol. 2014, Article ID 864628, 11 pages, 2014.
3. Sadler, D. Royce. "Interpretations of criteria-based assessment and grading in higher education." *Assessment & evaluation in higher education* 30.2 (2005): 175-194.
4. Van Trijp, R. (2013). Linguistic Assessment Criteria for Explaining Language Change: A Case Study on Syncretism in German. *Definite Articles, Language Dynamics and Change*, 3(1), 105-132. doi: <https://doi.org/10.1163/22105832-13030106>
5. Rhodes V. A. Criteria for assessment of nausea, vomiting, and retching. *Oncology Nursing Forum*. 1997 Aug; 24 (7 Suppl): 13-19.
6. Sierra, Leonardo A., Víctor Yepes, and Eugenio Pellicer. "A review of multi-criteria assessment of the social sustainability of infrastructures." *Journal of Cleaner Production* 187 (2018): 496-513.
7. Vasilevskyi O. M., "Advanced mathematical model of measuring the starting torque motors," *Tekhnichna elektrodinamika* 6, 76-81 (2013).
8. R. Tsenkova, S. Atanassova, K. Toyoda, Y. Ozaki, K. Itoh, T. Fearn, Near-Infrared Spectroscopy for Dairy Management: Measurement of Unhomogenized Milk Composition, *Journal of Dairy Science*, Volume 82, Issue 11, 1999, Pages 2344-2351, ISSN 0022-0302, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75484-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75484-6).
9. Kucheruk, V. Mathematical model of the visible range optical radiation passing through a water-milk solution / V. Kucheruk, I. P. Kurytnik, P. Kulakov, A. N. Vasilevskyi, D. Zh. Karabekova, D. Mostovyi, A. Kulakova // *Bulletin of the Karaganda University. «Physics» series.*, ISSN 2518-7198, № 1(89) / 2018, p. 24 – 31, URI: [rep.ksu.kz/handle/data/2937](http://rep.ksu.kz/handle/data/2937)
10. Volodymyr Kucheruk, Pavlo Kulakov, Oleksandr Vasilevskyi, Dmytro Mostovyi, Anna Kulakova, Iryna M. Kobylanska, Gaini Karnakova, and Piotr Kisala "Optical method to determine the quantity of water in milk using the visible radiation range", *Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018*, 108080Y (1 October 2018); <https://doi.org/10.1117/12.2501605>
11. Кулаков, П. І. Елементи теорії вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи доїння / П. І. Кулаков. – Вінниця : БНТУ, 2015. – 220 с. - ISBN 978-966-641-641-7.
12. Rasmussen, M. D. Detection and separation of abnormal milk in automatic milking systems / M. D. Rasmussen, A. Meijering, H. Hogeveen, C. J. A. M. de Koning // *Automatic Milking – A Better Understanding*. Wageningen Academic Publishers. –2004. – P. 189–197.
13. Chagunda, M. G. A model for detection of individual cow mastitis based on an indicator measured in milk / M. G. Chagunda, N. C. Friggens, M. D. Rasmussen, T. Larsen. // *Journal of Dairy Science*. – 2006. – V. 89. – P. 2980–2998.
14. Hamann, J. Diagnosis of mastitis and indicators of milk quality / J. Hamann, Krömker V. // *Mastitis in Dairy Production: Current Knowledge and Future Solutions*. – Wageningen Academic Publishers. – 2005. – P. 82–91.
15. Офіційний веб-сайт компанії «АГРО-ПРОМЦЕРБІС». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agropro/mservis.net.ua/>.

## References

1. A. Rawashdeh and B. Matalkah, "A new software quality model for evaluating COTS components," *Journal of Computer Science*, vol. 2, pp. 373–381, 2006.
2. S. Liu and T. A. Moughal, "A novel method for dynamic multicriteria decision making with hybrid evaluation information," *Journal of Applied Mathematics*, vol. 2014, Article ID 864628, 11 pages, 2014.
3. Sadler, D. Royce. "Interpretations of criteria-based assessment and grading in higher education." *Assessment & evaluation in higher education* 30.2 (2005): 175-194.
4. Van Trijp, R. (2013). Linguistic Assessment Criteria for Explaining Language Change: A Case Study on Syncretism in German Definite Articles, *Language Dynamics and Change*, 3(1), 105-132. doi: <https://doi.org/10.1163/22105832-13030106>
5. Rhodes V. A. Criteria for assessment of nausea, vomiting, and retching. *Oncology Nursing Forum*. 1997 Aug; 24 (7 Suppl): 13-19.
6. Sierra, Leonardo A., Víctor Yepes, and Eugenio Pellicer. "A review of multi-criteria assessment of the social sustainability of infrastructures." *Journal of Cleaner Production* 187 (2018): 496-513.
7. Vasilevskyi O. M., "Advanced mathematical model of measuring the starting torque motors," *Tekhnichna elektrodinamika* 6, 76-81 (2013).
8. R. Tsenkova, S. Atanassova, K. Toyoda, Y. Ozaki, K. Itoh, T. Fearn, Near-Infrared Spectroscopy for Dairy Management: Measurement of Unhomogenized Milk Composition, *Journal of Dairy Science*, Volume 82, Issue 11, 1999, Pages 2344-2351, ISSN 0022-0302, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75484-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75484-6).
9. Kucheruk, V. Mathematical model of the visible range optical radiation passing through a water-milk solution / V. Kucheruk, I. P. Kurytnik, P. Kulakov, A. N. Vasilevskyi, D. Zh. Karabekova, D. Mostovyi, A. Kulakova // *Bulletin of the Karaganda University. «Physics» series.*, ISSN 2518-7198, № 1(89) / 2018, p. 24 – 31, URI: [rep.ksu.kz/handle/data/2937](http://rep.ksu.kz/handle/data/2937)
10. Volodymyr Kucheruk, Pavlo Kulakov, Oleksandr Vasilevskyi, Dmytro Mostovyi, Anna Kulakova, Iryna M. Kobylanska, Gaini Karnakova, and Piotr Kisala "Optical method to determine the quantity of water in milk using the visible radiation range", *Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018*, 108080Y (1 October 2018); <https://doi.org/10.1117/12.2501605>
11. Kulakov, P. I. Elementy teorii vymiryuvalnogo kontrolyu parametriv biotekhnichnoyi systemy doyinnya / P. I. Kulakov. – Vinnytsia : VNTU, 2015. – 220 p. - ISBN 978-966-641-641-7.
12. Rasmussen, M. D. Detection and separation of abnormal milk in automatic milking systems / M. D. Rasmussen, A. Meijering, H. Hogeveen, C. J. A. M. de Koning // *Automatic Milking – A Better Understanding*. Wageningen Academic Publishers. –2004. – P. 189–197.
13. Chagunda, M. G. A model for detection of individual cow mastitis based on an indicator measured in milk / M. G. Chagunda, N. C. Friggens, M. D. Rasmussen, T. Larsen. // *Journal of Dairy Science*. – 2006. – V. 89. – P. 2980–2998.
14. Hamann, J. Diagnosis of mastitis and indicators of milk quality / J. Hamann, Krömker V. // *Mastitis in Dairy Production: Current Knowledge and Future Solutions*. – Wageningen Academic Publishers. – 2005. – P. 82–91.
15. Official web site of «AGRO-PROMSERVIS LTD». – [Electronic resource]. – Access mode: <https://agropromservis.net.ua/>.

Надійшла / Paper received: 17.09.2020

Надрукована / Paper Printed : 02.12.2020