

УДК 621.831.004.55

DOI: 10.18372/0370-2197.4(97).16961

*М. В. КИНДРАЧУК, В. Б. МЕЛЬНИК, Д. В. ЛЕУСЕНКО, Ю. В. РОМАНЬОК**Національний авіаційний університет, Україна*

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОСЛУГ ЛАБОРАТОРІЇ З КАЛІБРУВАННЯ КВАЛІМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Побудована причинно-наслідкова діаграма й визначені основні фактори, що впливають на якість калібрування засобів вимірювальної техніки лабораторії; оцінена якість роботи ЛК за допомогою експертного метода і встановлено, що комплексний показник з якості майже наближений до базового, що свідчить про належну якість послуг ЛК

Ключові слова: *причинно-наслідкова діаграма, засоби вимірювальної техніки, лабораторія з калібрування, комплексний показник з якості, кваліметрія, диференціальний метод, інтегральний метод, експертний метод.*

Вступ. Якщо в Україні до моменту підписання угоди асоціації з ЄС повірка засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) була по ступеню значимості вища ніж калібрування, то після підписання угоди калібрування ЗВТ стає набагато актуальнішим ніж повірка тому що в ЄС визнаються лише ті результати вимірювань, які були отримані за допомогою ЗВТ, що пройшли калібрування. Угодою між Україною та ЄС передбачено гармонізацію національних стандартів, а також розробку нормативно-правових актів відповідно до європейських вимог у зв'язку з цим з 1-го січня 2016 року набув чинності в новій редакції Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», який повністю адаптований до вимог ЄС. В цьому законі розділом 4 статтею 27 «Калібрування засобів вимірювальної техніки» пунктом 3 передбачається, що «Калібрування ЗВТ проводиться: ... метрологічними центрами, калібрувальними лабораторіями, які мають документально підтверджену простежуваність своїх еталонів до національних, еталонів інших держав або міжнародних еталонів ...», тобто щоб здійснювати калібрування засобів вимірювальної техніки для власних потреб необхідно лише підтвердити простежуваність еталонів до національних шляхом їх калібрування в центрах метрології, стандартизації та сертифікації.

Постановка завдання. Виходячи з вищевказаного метою цієї роботи є організація акредитації лабораторії з калібрування відділу головного метролога (ЛК ВГМт) на право проведення калібрування ЗВТ згідно з вимогами державного стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій» [1] та оцінка якості роботи ЛК за допомогою одного із кваліметричних методів, для того щоб, у разі негативних результатів усунути невідповідності до моменту проведення акредитації;

Методика досліджень. Для того щоб ЛК успішно пройшла акредитацію на право проведення калібрування ЗВТ згідно з вимогами стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 потрібно проаналізувати цей стандарт, виділити основні фактори, що впливають на якість послуг які надає ЛК, визначити основні причини виникнення проблем, оцінити якість послуг ЛК та усунути невідповідності до моменту подачі заявки в Національне агентство з акредитації України (НААУ) на уповноваження.

Зважаючи на вищесказане для оцінки та аналізу факторів, що впливають на якість послуг скористаємося діаграмою Ісікави або причинно-наслідковою діаграмою (рис.1).

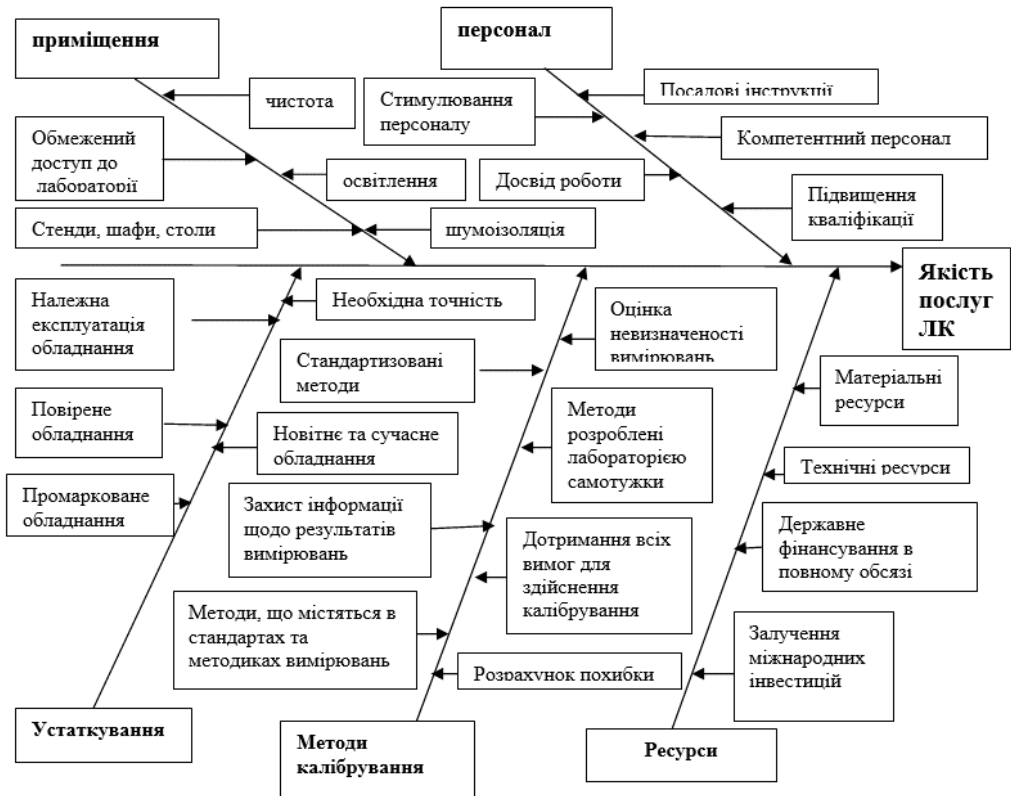


Рис. 1. Причинно-наслідкова діаграма

Причинно-наслідкова діаграма інструмент, що забезпечує системний підхід до визначення фактичних причин виникнення проблем. Мета причинно-наслідкової діаграми вивчити, відобразити і забезпечити технологію пошуку справжніх причин розглянутої проблеми для ефективного їх вирішення.

Діаграма дозволяє в простій і доступній формі систематизувати всі потенційні причини розглянутих проблем, виділити найістотніші і провести ступінчастий пошук першопричин [2].

Виходячи з рис. 1 робимо висновок, що основними факторами, які впливають на якість послуг ЛК згідно з вимогами ДСТУ ISO/IEC 17025 є персонал, приміщення, устаткування, методи калібрування та ресурси на які в свою чергу впливають фактори другого порядку (причини) такі як компетентний персонал, посадові інструкції, чистота в приміщеннях, освітлення, шумоізоляція, повірене, промарковане обладнання, належна експлуатація обладнання, стандартизовані методи та розроблені лабораторією самотужки, оцінка невизначеності вимірювань, розрахунок похибки та інше. Всі виділені причини вносять свої корективи до загальної якості послуг ЛК, для того щоб забезпечити належну якість необхідно щоб всі її складові (причини) повинні відповідати вимогам до якості, постійно аналізуватися та поліпшуватися.

Кваліметрія – це наука про вимірювання та кількісну оцінку якості всіляких предметів та процесів тобто об'єктів реального світу. Кваліметрія передбачає наступні методи оцінки якості:

- диференціальний метод – це метод заснований на порівнянні одиничних показників якості розглянутого зразка продукції з такими ж показниками якості базового зразка;
- метод комплексної оцінки якості – цей метод передбачає використання комплексного (узагальнюючого) показника;
- змішаний метод – передбачає застосування зразу двох методів разом диференційного та методу комплексної оцінки;
- метод інтегральної оцінки якості – знаходиться як частка від ділення значення інтегрального показника якості об'єкта на відповідне базове значення;
- експертний метод – це метод, яким користуються в основному для оцінки якості послуг та коли відсутня можливість оцінки якості більш об'єктивними способами [2].

Зважаючи на вищесказане для оцінки якості послуг ЛК скористаємось експертним методом. Експертний метод реалізується групою експертів.. Для комплексної оцінки якості послуг ЛК необхідно виділити основні показники якості, які визначалися завдяки факторам другого порядку (причинам) зображеним на причинно-наслідковій діаграмі (рис.1).

Результати дослідження та їх обговорення. Для виділення з усієї кількості факторів (причин) лише основних показників якості проведено опитування експертів в ході якого встановлені наступні показники якості послуг ЛК що відображені у табл. 1.

Таблиця 1

Основні показники якості послуг ЛК

№ п/п	Показники якості послуг ЛК
1	Стимулювання персоналу за додаткові об'єми робіт
2	Підвищення кваліфікації та отримання свідоцтва державного калібрувальника
3	Оснащення лабораторії необхідними матеріалами та реагентами
4	Забезпечення всіх необхідних кліматичних умов в приміщеннях де проводяться вимірювання
5	Відкалібровані засоби вимірювальної техніки яким проводять калібрування
6	Правильна експлуатація засобів вимірювальної техніки
7	Використання стандартизованих методів калібрування
8	Використання методів калібрування розроблених ЛК .
9	Державне фінансування пункту програми в повному обсязі
10	Забезпечення ЛК технічними та матеріальними ресурсами

Оцінку показників якості експертами відображено в табл. 2. Отримавши необхідні показники якості послуг ЛК проводимо експертне опитування щодо вибору та складанню рангового ряду показників. На даному етапі кожен експерт розставляє показники в порядку убавання їх важливості. Першому найбільш важливому показнику привласнюють ранг 1, другому - 2 і так далі. Таким чином кожен експерт має право висловити свою точку зору щодо значимості показників,

які на його думку можуть впливати на якість робіт ЛК. Цей метод дозволяє не тільки отримати оцінку показників якості з боку експертів, але й виділити з усіх показників найважливіші та сконцентрувати усю увагу на них адже саме вони забезпечують необхідну якість послуг ЛК і саме їх потрібно постійно аналізувати та поліпшувати [3].

Таблиця 2

Оцінка показників якості експертами

№ п/п	Показники якості послуг ЛК	Експерти						$\sum_{i=1}^n Q_i$	Q_{cp}
		1	2	3	4	5	6		
		Бали (1-10)							
1	Стимулювання персоналу за додаткові об'єми робіт	2	4	3	1	1	1	12	2
2	Підвищення кваліфікації та отримання свідоцтва державного калібрувальника	1	3	4	5	6	2	21	3,5
3	Оснащення лабораторії необхідними матеріалами та реагентами	6	9	8	10	4	5	42	7
4	Забезпечення всіх необхідних кліматичних умов в приміщеннях де проводяться вимірювання	5	5	2	2	2	4	20	3,3
5	Правильна експлуатація засобів вимірювальної техніки	9	10	7	8	8	10	52	8,6
6	Відкалібровані засоби вимірювальної техніки якими проводять калібрування	3	2	1	4	5	7	22	3,6
7	Використання стандартизованих методів калібрування	4	1	5	3	3	3	19	3,1
8	Державне фінансування пункту програми в повному обсязі	8	7	6	9	7	9	27	7,6
9	Використання методів калібрування розроблених ЛК ДСП ЧАЕС	10	8	10	6	9	8	51	8,5
10	Забезпечення ЛК технічними та матеріальними ресурсами	7	6	9	7	10	6	45	7,5
								311	
$\sum_{i=1}^m Q_i$		55	55	55	55	55	55		

Проводимо розрахунок *коефіцієнта узгодженості* думок експертів. Обробка експертних оцінок полягає у визначенні узгодженості думок експертів і підрахунку зведених характеристик опитування по кожному показнику. Для оцінки узгодженості думок експертів підраховується *коефіцієнт конкордації (погодженості) Кендела*, який приймає значення в інтервалі $0 \leq W \leq 1$ і розраховується за формулою:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^m \left[\sum_{i=1}^n Q_{ij} - \frac{1}{2} n(m+1) \right]^2}{n^2(m^3 - m)} \quad (1)$$

де Q_{ij} – оцінка в рангах, дана i -му показнику j -м експертом; n – кількість експертів; m – кількість оцінюваних показників.

Значення коефіцієнта змінюється від 0 при повній відсутності узгодженості думок експертів до 1,0, коли думки експертів абсолютно ідентичні. Визначаємо коефіцієнт узгодженості думок експертів за формулою (3.1). Значення складо:

$$W = 0,7$$

У зв'язку з тим, що в даній роботі якість послуг ЛК оцінюється за десятьма показниками, то проводимо перевірку суттєвості спостережуваного значення узгодженості думок експертів по χ^2 – розподілу для випадку, коли число оцінюваних показників $m > 6$.

$$\chi^2 = n(m - 1)W \quad (2)$$

Значення χ^2 порівнюється зі значенням χ_α^2 узятим для довірчої ймовірності і відповідної степені свободи $f = m - 1$

$$\chi^2 = 6 \cdot (10 - 1) \cdot 0,7 = 36,7$$

Значення χ_α^2 взяте для довірчої ймовірності і відповідної степені свободи $f = 9$, $\alpha = 0,05$ та $P = 0,95$ становить:

$$\chi_{0,95,9}^2 = 16,92$$

Так як $\chi^2 > \chi_{0,95,9}^2$, то можна вважати, що коефіцієнт конкордації W статистично значимий і думки експертів узгоджуються з відповідною довірчою ймовірністю.

Проводимо визначення коефіцієнта вагомості для кожного показника за формулою

$$g_i = \frac{\sum_{j=1}^m Q_{i,j}}{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} Q_{i,j}}, \quad (3)$$

де n – кількість експертів; m – число оцінюваних показників; $Q_{i,j}$ – оцінка в рангах, дана i -му показнику j -м експертом.

Значення розрахунків коефіцієнтів вагомості занесені в таблицю 3.4.

Таблиця 3

Коефіцієнти вагомості для кожного показника якості

Коефіцієнти вагомості, g_i									
g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
0,03	0,06	0,135	0,064	0,167	0,07	0,061	0,08	0,163	0,144

Визначаємо істотно значущі показники якості послуг ЛК. Істотно значимими вважаються показники, для яких $g_i < \frac{1}{m}$. Так як $g_i < 0,1$, то цій умові задовольняють $g_1 = 0,03$, $g_2 = 0,06$, $g_4 = 0,064$, $g_6 = 0,07$, $g_7 = 0,061$ та $g_8 = 0,08$ тобто ці показники вважаються істотно значущими і вибирають визначальними для забезпечення належної якості послуг ЛК. Саме їх потрібно постійно аналізувати та поліпшувати з метою покращення якості роботи ЛК й неприпустимості виникнення невідповідностей.

Далі проводимо експертне опитування щодо якості послуг ЛК. Для цього розроблюємо анкету щодо проведення експертної оцінки з метою визначення задоволеності якістю послуг ЛК. Експерти оцінюють показники якості по шкалі

порядку (за 5-ти бальною шкалою) де 1 – дуже низька оцінка, 2 – низька оцінка, 3 – задовільна оцінка, 4 – добра оцінка, 5 – висока оцінка.

Якщо до цього експерти оцінювали показники якості з метою визначити з усією сукупності показників істотно значимі, то на цьому етапі експерти оцінюють задоволеність цими показниками [3].

Результати анкетування представлені в таблиці 4

Таблиця 4

Результати анкетування експертів

№ п/п	Показники якості	Експерти						$Q_{ср\ i}$	$\sum_{i=1}^n Q_i$
		1	2	3	4	5	6		
		Оцінки (1-5)							
1	Стимулювання персоналу за додаткові об'єми робіт	5	5	4	5	5	5	4,8	29
2	Підвищення кваліфікації та отримання свідоцтва державного калібрувальника	5	5	5	4	5	5	4,8	29
3	Забезпечення всіх необхідних кліматичних умов в приміщеннях де проводяться вимірювання	5	4	4	5	5	5	4,6	28
4	Відкалібровані засоби вимірювальної техніки якими проводять калібрування	5	4	4	5	4	5	4,5	27
5	Використання стандартизованих методів калібрування	5	5	5	5	5	5	5	30
6	Державне фінансування пункту програми в повному обсязі	5	5	5	4	5	5	4,8	29
									172

Визначаємо комплексний показник якості послуг ЛК який конкретно для цього випадку тотожний середньому арифметичному зваженому і розраховується за формулою:

$$K = Q_{ср.в} = \sum_{i=1}^n g_i Q_i \quad (4)$$

де g_i – коефіцієнт вагомості для окремого показника; Q_i – показник якості.

Середнє арифметичне зважене використовується переважно тоді, коли в комплексний показник якості об'єднують однорідні одиничні показники, а розкид між доданками невеликий. Перед тим, як розрахувати комплексний показник якості необхідно повторно розрахувати коефіцієнти вагомості для кожного з показників, які були обрані визначальними (істотно значимими) для послуг ЛК за формулою (3). Розрахунки занесені в таблицю 5.

Таблиця 5

Коефіцієнти вагомості для істотно значущих показників

Коефіцієнти вагомості, g_i					
g_1	g_2	g_4	g_6	g_7	g_8
0,168	0,168	0,162	0,157	0,174	0,168

Так як значення коефіцієнтів вагомості визначені, то розраховуємо значення комплексного показника якості за допомогою формули (3.4). Значення комплексного показника якості склало:

$$K = 4,7$$

Висновок. Порівнявши значення комплексного показника якості з базовим значенням яке прийняте в якості «5» робимо висновок, що послуги, які

надає ЛК практично повністю відповідають вимогам до якості, що дає можливість упевнитися в успішній акредитації ЛК, жодних невідповідностей при цьому не виявлено однак слід приділяти достатньої уваги істотно значимим показникам з метою покращення якості робіт ЛК. Звісно дуже хотілося б щоб комплексний показник якості був тотожний базовому та зважаючи на ряд проблем, які впливають на ЛК, а саме недофінансування метрологічних робіт, дуже слабе оновлення еталонної бази ЛК більш сучасними та інноваційними засобами вимірювальної техніки це просто неможливо.

Список літератури

1. ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 «Загальні вимоги до компетенції випробувальних та калібрувальних лабораторій» – Взамін ДСТУ ISO/IEC 17025:2006, – М.: УкрНДНЦ, 2007 – 25 с.
2. Кваліметрія. Навчальний посібник / В. Р. Куц, П. Г. Столярчук, В. М. Друзюк. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 256 с.
3. Софійський І.Ю., Гущина М.О. Основи кваліметрії. Курс лекцій. Навч. Посібник – Севастополь: СНУЯЄиП, 2011. – 148 с.

Стаття надійшла до редакції 13.11.2022

Кіндрачук Мирослав Васильович – докт. техн. наук, професор, професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів Національний авіаційний університет, пр. Любомира Гузара, 1, м. Київ, Україна, 03058, <https://orcid.org/0000-0002-0529-2466>.

Мельник Володимир Борисович – канд. техн. наук, доцент кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів, Національного авіаційного університету, м. Київ, Україна, nau12@ukr.net.

Леусенко Дар'я Володимирівна – аспірантка кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів, Національного авіаційного університету, м. Київ, Україна, nau12@ukr.net.

Романьок Юлія Володимирівна – магістр кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів, Національного авіаційного університету, м. Київ, Україна, nau12@ukr.net.

M. V. KINDRACHUK, V. B. MELNYK, D. V. LEUSENKO, Y. V. ROMANOK

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF CALIBRATION LABORATORY SERVICES USING THE QUALIMETRIC METHOD

A cause-and-effect diagram was built and the main factors affecting the quality of calibration of the laboratory's measuring equipment were determined; the quality of the work of the LC was assessed using an expert method and it was established that the comprehensive quality indicator is almost close to the basic one, which indicates the proper quality of the LC services

Key words: cause and effect diagram, measuring equipment, calibration laboratory, comprehensive quality indicator, qualimetry, differential method, integral method, expert method.

References

1. DSTU ISO/IEC 17025:2017 calibrating laboratories" - DSTU ISO/IEC 17025:2006, - M.: UkrNDNTs, 2007 - 25 p.
2. Qualimetry. Heading guide / V. R. Kuts, P. G. Stolyarchuk, V. M. Druzyuk. Lviv: Education of the Lviv Polytechnic, 2012. - 256 p.
3. Sofia I. Yu., Gushchina M. O. Fundamentals of qualimetry. Course of lectures. Navch. Helper -Sevastopol: SNUYaIiP, 2011. - 148 p.

Kindrachuk Myroslav Vasyliovych – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Applied Mechanics and Materials Engineering, National Aviation University, 1 Lubomyra Huzar Ave., Kyiv, Ukraine, 03058, E-mail: nau12@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0529-2466>.

Melnyk Volodymyr Borysovych – candidate, technical of Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Mechanics and Materials Engineering, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, nau12@ukr.net.

Darya Volodymyrivna Leusenko – is a graduate student at the Department of Applied Mechanics and Materials Engineering, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, nau12@ukr.net.

Yuliya Romanyok – Master of Applied Mechanics and Materials Engineering Department, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, nau12@ukr.net.