

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ



УДК 389.14:006.015

- © А. М. Редзюк, канд. техн. наук, професор, академік ТАУ, директор;
- © В. Б. Агеєв, канд. техн. наук, перший заст. директора з наук. роботи;
- © В. С. Устименко, канд. техн. наук, зав. лабораторії;
- © О. Ф. Волков, канд. техн. наук, доцент, заст. зав. лабораторії;
- © О. С. Лесик, зав. відділу;
- © К. С. Колобов, зав. сектору лабораторії;
- © С. О. Ричок, інженер I категорії випроб. лабораторії
(лабораторія дослідження використання палив та екології;
відділ стандартизації та метрології, ДП “ДержавтотрансНДІпроект”);
- © Р. О. Волков, магістр зі спеціальності “Автомобілі та автомобільне господарство”;
- © Д. О. Котельницький, студент (КНУ імені Тараса Шевченка)

ВИБІР МІЖКАЛІБРУВАЛЬНОГО ІНТЕРВАЛУ

Анотація. Проаналізовано нормативно-правові підстави щодо калібрування засобів вимірювальної техніки та випробувального устаткування, запропоновано методика з прикладом розрахунку міжкалібрувального інтервалу, розглянуто деякі питання щодо його оптимізації.

Ключові слова: калібрування, міжкалібрувальний інтервал, методика, розрахунок, встановлення.

Аннотация. Проведено анализ нормативно-правовых документов, относящихся к калибровке средств измерительной техники и испытательного оборудования, предложено методика с примером расчёта межкалибровочного интервала, рассмотрены некоторые вопросы его оптимизации.

Ключевые слова: калибровка, межкалибровочный интервал, методика, рас-счёт, принятие.

Annotation. Analysis of normative-and-legal documents related to calibration of measuring devices and testing equipment was conducted; a methodology with an example of calculating between-calibration period was proposed; some issues of its optimisation were considered.

Keywords: calibration, between-calibration period, methodology, calculation, determination.

ВСТУП

Задля відповідності вимогам акредитації випробувальні лабораторії та центри, а також органи з інспектування, як органи з оцінки відповідності (далі – ООВ), зобов'язані проводити калібрування використовуваних ними засобів вимірювальної техніки (далі – ЗВТ) та випробувального устаткування з вимірювальними функціями (далі – ВУ).

Ця вимога щодо калібрування ЗВТ/ВУ стала обов'язковою порівняно недавно і тому створює для ООВ низку нерозв'язаних питань і проблем.

Стаття висвітлює досвід науково-практичного вирішення деяких із цих проблемних питань у Випробувальному центрі колісних транспортних засобів (далі – ВЦ КТЗ) та Органі з інспектування (далі – ІО) ДП “ДержавтотрансНДІпроект”.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

1. Нормативно-правові підстави щодо калібрування ЗВТ/ВУ

1.1 Аналіз наявної інформації

Для визначення регламентувальних вимог обов'язкового калібрування ЗВТ/ВУ, які належать і вико-

ристовують у ВЦ КТЗ/ІО, було проведено аналіз чинних нормативно-правових документів щодо калібрування.

Так, частина 1 статті 27 Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність” [1] визначає що ЗВТ/ВУ, які застосовують у сфері та/або поза сферою законодавчо регульованої метрології підлягають калібруванню в добровільному порядку.

Водночас стандарти ДСТУ EN ISO/IEC 17020 щодо органів з інспектування [3], ДСТУ ISO/IEC 17025 щодо випробувальних лабораторій і центрів [4], а також Політика щодо простежуваності вимірювання [2] Національного агентства з акредитації України (далі – НААУ), яке акредитує ООВ відповідно до зазначених стандартів, встановлюють для акредитованих ООВ обов'язкове калібрування ЗВТ/ВУ в уповноважених метрологічних установах (національних наукових центрах або акредитованих калібрувальних лабораторіях) до початку їх застосування і періодично із певним міжкалібрувальним інтервалом (далі – МКІ).

У ДСТУ IAC-G 24/OIML D 10 [5] зазначено, що одним із найважливіших для ООВ є рішення, коли та як часто проводити калібрування своїх ЗВТ/ВУ, а також цей стандарт містить низку важливих, на наш погляд, настанов, зокрема:

- ООВ залежно від своїх власних потреб та на підставі індивідуальної оцінки ризиків може за бажання використовувати будь-який метод визначення МКІ для своїх ЗВТ/ВУ;

- кожен ООВ, незалежно від встановлених МКІ, повинен мати відповідну систему, яка гарантує, що свої ЗВТ/ВУ відкалібровані та мають належну точність вимірювання до наступного калібрування;

- ООВ має оцінювати, впродовж якого часу після калібрування похибка кожного ЗВТ/ВУ залишається в допустимих межах;

- ограні з акредитування не повинні повчати, як вести ООВ цю діяльність.

Однак цей стандарт не надає приклади конкретного розрахунку МКІ.

У пунктах 1.2, 1.3 національного стандарту ДСТУ 6044 [6] рекомендовано акредитованим ООВ використовувати його для встановлення та коригування міжкалібрувальних інтервалів ЗВТ/ВУ, на які не поширюється державний метрологічний нагляд. І хоча приклади розрахунку МКІ також відсутні, але пункт 6.5 цього стандарту рекомендує враховувати вимоги РМГ 74 [7] під час встановлення значення і коригування таких інтервалів.

І тільки у додатку А.5 РМГ 74 [7] викладено методику та приклад розрахунку МКІ за унормованими показниками надійності ЗВТ/ВУ. Для цього розрахунку числові значення критеріїв, тобто показників надійності ЗВТ/ВУ щодо визначення МКІ, призначає ООВ (див. останній абзац пункту 5.5 РМГ 74 [7]).

1.2 Висновки за розділом

1.2.1 Акредитовані ООВ повинні обов'язково проводити калібрування своїх ЗВТ/ВУ до початку їх застосування та періодично через встановлені МКІ.

1.2.2 Для встановлення МКІ може бути використана методика розрахунку за унормованими показниками надійності ЗВТ/ВУ, викладена у додатку А.5 РМГ 74.

1.2.3 Згідно з чинними вимогами ООВ для своїх ЗВТ/ВУ самостійно вибирає і застосовує метод визначення МКІ, методику його розрахунку та числові значення критеріїв, а ограні з акредитування не повинні повчати ООВ, як здійснювати цю діяльність.

2. Розрахунок МКІ

2.1 Розрахунок МКІ за унормованими показниками надійності ЗВТ/ВУ

2.1.1 За методикою розрахунку МКІ [7, 8] пропускають, що процес дрейфу невизначеності вимірювання (похибки) відносно нуля є випадковим і може мати або віяловий (симетричний) характер розподілення, або лінійний (асиметричний) характер розподілення цього дрейфу.

2.1.2 Обчислюють за формулою (1) для віялового дрейфу інтервал T_1 (років):

$$T_1 = t \cdot \left[\frac{\ln \left[\frac{\Delta_e - \lambda_p \cdot \sigma_0}{\lambda_{p(t)} \cdot \sigma_0} \right]}{\ln \left[\frac{\Delta_e}{\lambda_{p(t)} \cdot \sigma_0} \right]} \right], \quad (1)$$

для лінійного дрейфу – інтервал T_2 (років) за формулою (2):

$$T_2 = t \cdot \left[\frac{\Delta_e - \lambda_p \cdot \sigma_0}{\Delta_e - \lambda_{p(t)} \cdot \sigma_0} \right], \quad (2)$$

де Δ – межа допустимої похибки ЗВТ/ВУ, встановлена підприємством-виробником в експлуатаційній документації або за результатами попередніх калібрувань чи повірок;

Δ_e – межа допустимої похибки ЗВТ/ВУ, встановлена нормативними документами на метод випробування/інспектування. За відсутності – числове значення Δ_e встановлює користувач ЗВТ/ВУ, з урахуванням реальних умов його експлуатації та впливу усіх інших факторів;

σ_0 – середнє квадратичне відхилення розподілу похибки градування ЗВТ/ВУ під час його виготовлення на виробництві. Приймають 0,1 ціни поділки або індикації шкали ЗВТ/ВУ;

$\lambda_{p(t)}$ – коефіцієнт нормального розподілу, який відповідає 90 % імовірності справного стану ЗВТ/ВУ на момент калібрування. Квантиль нормального розподілу для $\lambda_{0,9} = 1,654$;

λ_p – коефіцієнт нормального розподілу, який відповідає 95 % імовірності безвідмовної роботи ЗВТ/ВУ за час наробітку на відмову. Квантиль нормального розподілу для $\lambda_{0,95} = 2$;

t – напрацювання на відмову ЗВТ/ВУ в одиницях часу.

2.1.3 Для обчислення T_1 та T_2 необхідно знати величину напрацювання ЗВТ/ВУ на метрологічну відмову t , але рекомендації РМГ 74 щодо визначення числового значення цього параметру зазвичай не можуть бути виконані ООВ за відсутності необхідної для цього інформації.

Тому відповідно до методики розрахунку МКІ [8], яку застосовує ВЦ КТЗ/ІО, розглядають і враховують три можливі варіанти визначення t :

а) встановлене виробником в експлуатаційній документації ЗВТ/ВУ (позначаємо t_x). У переважній більшості ЗВТ/ВУ, які належать ВЦ КТЗ/ІО, така інформація відсутня. Але якщо t_x встановлено в одиницях часу, то $t = t_x$ (років). Якщо t_x встановлено в мотогодинах, то це число ділять на використаний за рік моторесурс, тобто $t = t_x/t_e$ (років) або можуть бути застосовані інші варіанти встановлення числового значення t_x із експлуатаційної документації виробника ЗВТ/ВУ;

б) визначене ООВ (позначаємо t_ϕ) на підставі фактичної тривалості експлуатації своїх ЗВТ/ВУ без метрологічних відмов;

в) обчислене ООВ згідно з положеннями теорії надійності та технічної експлуатації техніки з урахуванням фактичної тривалості роботи цього ЗВТ/ВУ протягом року (позначаємо t_p) за формулою (3) за відсутності будь-якої інформації щодо надійності та напрацювання на відмову певного, наприклад, нового ЗВТ/ВУ.

$$t_p = k \cdot t_0 \quad (3)$$

де $k = 0,499 \dots 0,999$ – коефіцієнт, що враховує сукупність впливу основних експлуатаційних та усіх інших факторів на тривалість безвідмовної роботи (чим важчі умови експлуатації, тим менше числове значення k , яке самостійно встановлює ко-

ристувач ЗВТ/ВУ на підставі реальних умов їх експлуатації).

t_0 – напрацювання на відмову за ідеальних умов експлуатації певного ЗВТ/ВУ з урахуванням лише часу його фактичної роботи протягом календарного року. Розраховують за формулою (4):

$$t_0 = - \frac{1}{\left[1 - \frac{8760 - t_e}{8760}\right]} \ln(Pt), \quad (4)$$

де $P_m = 0,85...0,99$ – допустима імовірність безвідмовної роботи (приймають за експлуатаційною документацією). За відсутності – числове значення P_m (чим важливіший параметр чи показник, тим більше має бути число P_m) самостійно встановлює користувач ЗВТ/ВУ;

t_e – час використання ЗВТ/ВУ протягом року, год. Значення цього показника визначають як добуток середнього часу використання ЗВТ/ВУ під час одного випробовування/інспектування на кількість таких дій протягом року;

8760 – кількість годин у тривалості року (365 днів * 24 години = 8760 годин).

2.2 Встановлення обґрунтованого МКІ

2.2.1 Методика встановлення обґрунтованого МКІ у ВЦ КТЗ/ІО [8] відрізняється тим, що для розрахунку T_1 та T_2 може бути вибране числове значення напрацювання на відмову t для кожного ЗВТ/ВУ в межах відомих значень t_x, t_f, t_p .

2.2.2 Для ЗВТ/ВУ, які одночасно вимірюють більше одного параметра, МКІ розраховують за основним параметром, або за усіма рівноцінними параметрами і обґрунтованим приймають найменший МКІ.

2.2.3 Для проведення розрахунку МКІ та зменшення кількості помилок під час таких обчислень ВЦ КТЗ/ІО використовують стандартне програмне забезпечення (Microsoft Excel), на базі якого організовано автоматизацію розрахунку МКІ та формування звіту з обґрунтування МКІ (табл. 1), що містить усі внесені вхідні дані, зазначено порядок, формули та числові дані розрахунку, а також висновок із рекомендованим МКІ.

Таблиця 1

Приклад звіту з обґрунтування МКІ

Ф ЗВ-М-001 (редакція від 18.05.201__ № 1)		
Звіт із обґрунтування міжкалібрувального інтервалу (МКІ)		
Рулетка STANLEY FatMax, 33-684, 5 м (Франція), інв. № 12876		
1	Вхідні дані:	
1.1	Умовне позначення параметра X та одиниця вимірювання, X(?):	L (мм)
1.2	Тривалість одноразового використання, t_x :	5 хв.
1.3	Річна тривалість використання, t_e :	24 год
1.4	Річний фонд календарного часу, F:	8760 год
1.5	Межа допустимої похибки встановлена виробником, Δ :	1 мм
1.6	Межа допустимої похибки встановлена користувачем, Δ_e :	2 мм
1.7	Середнє квадратичне відхилення розподілу градування виробником, σ_0 :	0,1
1.8	Квантили нормального розподілу: $\lambda_{p(t)} = \lambda_{0,9} = 1,654$ та $\lambda_p = \lambda_{0,95} = 2$.	
1.9	Імовірність безвідмовної роботи, P_x :	0,97
1.10	Коефіцієнт впливу експлуатаційних факторів, k:	0,95
1.11	Напрацювання на відмову встановлене виробником, t_x :	не встановлено
1.12	Фактична тривалість експлуатації без метрологічної відмови, t_f :	9 р.
2	Розрахунки:	
2.1	Визначаємо (формула 4) напрацювання на відмову за ідеальних умов t_0 : $t_0 = \left\{ \frac{-1}{1 - (F - t_e)/F} \right\} * (\ln P_x) = \left\{ \frac{-1}{1 - 8736/8760} \right\} * (\ln 0,97) = 11,118$ р.	
2.2	Знаходимо (формула 3) напрацювання на відмову за реальних умов t_p : $t_p = k * t_0 = 0,95 * 11,118 = 10,562$ р.	
2.3	На підставі вхідних даних (t_x, t_f) та обчислення t_p , приймаємо для розрахунку $t = 8$ р., яке не перевищує максимального значення, найбільшого із цих трьох показників – t_x, t_f, t_p .	
2.4	Розраховуємо МКІ (лінійний процес) T_2 (формула 2): $T_2 = t * \left\{ \frac{(\Delta_e - \lambda_{0,95} * \sigma_0)}{(\Delta - \lambda_{0,9} * \sigma_0)} \right\} = 8 * \left\{ \frac{(1 - 2 * 0,1)}{(1 - 1,654 * 0,1)} \right\} = 7,668$ р.	
2.5	Розраховуємо МКІ (віяловий процес) T_1 (формула 1): $T_1 = t * \left\{ \frac{\ln(\Delta_e / (\lambda_{0,95} * \sigma_0))}{\ln(\Delta / (\lambda_{0,9} * \sigma_0))} \right\} = 8 * \left\{ \frac{\ln(1 / (2 * 0,1))}{\ln(1 / (1,654 * 0,1))} \right\} = 7,155$ р.	
2.6	Вибираємо із розрахованих чисел T_1 та T_2 значення обґрунтованого розрахунками МКІ, T: $T = \min(T_1; T_2) = \min(7,155; 7,668) = 7,155$	
3	ВИСНОВОК. За результатами розрахунків приймаємо, що рулетка STANLEY FatMax, 33-684, 5м (Франція), інв. № 12876 за фактичних умов використання потребує повторного калібрування через кожні 7 р., тобто обґрунтований МКІ = 7 р.	
	Відповідальний за метрологічне забезпечення	
	(підпис) (прізвище, ініціали)	

2.3 Висновки за розділом

2.3.1 Рекомендації методики розрахунку за унормованими показниками надійності ЗВТ/ВУ, які містить РМГ 74 [7] щодо обчислення характеру випадкового розподілення в'ялового (симетричного) T_1 та лінійного (асиметричного) T_2 процесу дрейфу невизначеності вимірювання відносно нуля не можуть бути коректно виконані за відсутності у ООВ необхідної для цього інформації.

2.3.2 Методика розрахунку МКІ, яку застосовує ВЦ КТЗ/ІО [8], надає три варіанти визначення (див. 2.1.3) напрацювання ЗВТ/ВУ на метрологічну відмову t (встановлене виробником t_x , визначене за тривалістю безвідмовної роботи t_ϕ та обчислене за формулою (3) t_p) що, за будь-яких умов, забезпечує обчислення параметрів T_1 та T_2 процесу дрейфу невизначеності вимірювання відносно нуля для довільного ЗВТ/ВУ.

2.3.3 Програма Microsoft Excel забезпечує безпомилкове і швидке проведення розрахунків та автоматично формує звіт із рекомендаціями щодо МКІ (табл. 1), який містить усі вхідні дані, порядок обчислення, формули, результати розрахунку та висновок з обґрунтованим МКІ, вираженим у роках.

3. Деякі питання щодо вибору оптимального МКІ

3.1 Теоретичні засади щодо встановлення МКІ

Міжнародний стандарт ДСТУ ІLAC-G 24/OIML D 10 [5] містить важливу засторогу, в якій зазначено, що велика величина МКІ (позначимо цю величину літерою T) призводить до збільшення невизначеності вимірювання та ризику суттєвого зростання витрат внаслідок погіршення якості вимірювання (позначимо ці витрати S_B), які можуть значно перевищувати вартість калібрування ЗВТ/ВУ (позначимо витрати

на калібрування S_K). Із цього випливає простий висновок – чим більша величина T , тим менші витрати S_K , але є ризик різкого зростання S_B , і навпаки, чим менше T , тим більше S_K , а S_B у цьому випадку прямує до нуля.

Очевидна наявність двох протилежних тенденцій у зміні витрат S_K та S_B дає змогу припустити можливість встановлення оптимального його значення (T_{opt}). Оптимальним є таке значення МКІ, яке забезпечує мінімальні сумарні витрати на калібрування і погіршення якості вимірювання S_Σ протягом усього періоду експлуатації певного ЗВТ/ВУ (рис. 1).

Можна впевнено констатувати, що характер зміни кривої S_Σ зі зростанням T зберігає такі ж тенденції для будь-якого ЗВТ/ВУ незалежно від умов ООВ.

3.2 Практичні підходи щодо встановлення МКІ

У ВЦ КТЗ/ІО, для мінімізації витрат, пов'язаних із використанням ЗВТ/ВУ, удосконалено систему підтримання належного їх метрологічного статусу шляхом встановлення оптимального, чи близького до оптимального, МКІ.

Наприклад, вартість утримання п'ятиметрової рулетки STANLEY FatMax, яка коштує 128 грн і використовується протягом 15 років, обійдеться ООВ у 216 грн при щорічному її калібруванні. За прийнятою у ВЦ КТЗ/ІО системою вартість щорічного утримання такої ж рулетки становить всього 36 грн при зменшенні ризику погіршення якості вимірювання і забезпеченні тієї ж невизначеності.

Як елемент удосконаленої системи, для збереження відповідності метрологічним вимогам ДСТУ ISO/IEC 17025 та ДСТУ EN ISO/IEC 17020, у ВЦ КТЗ/ІО розроблено і запроваджено реєстраційний паспорт ЗВТ/ВУ (форма 1), який містить повний опис ідентифікаційних

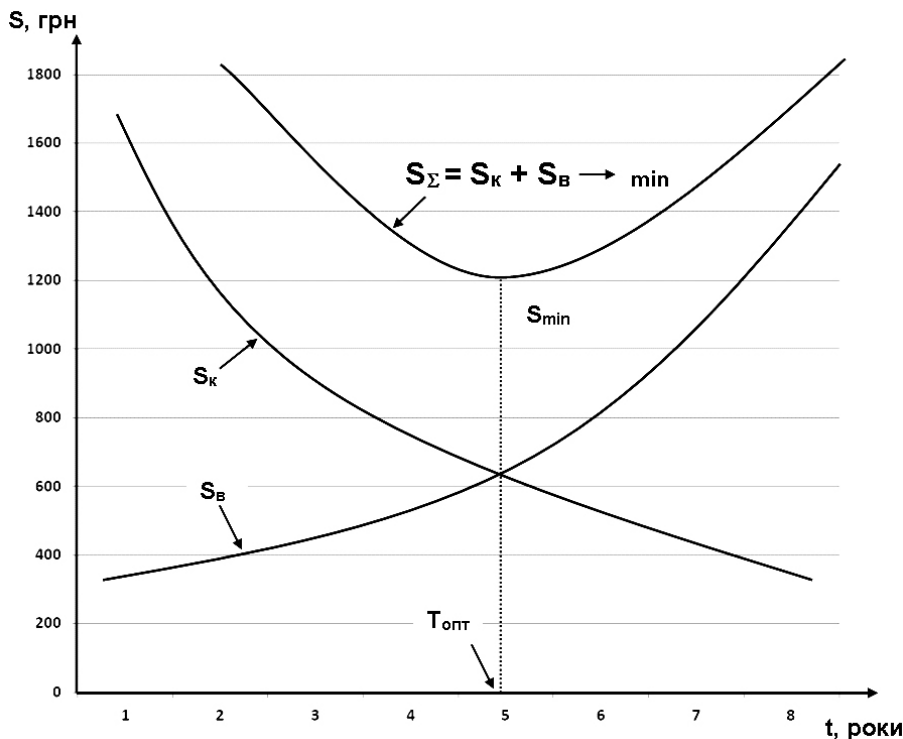


Рис. 1. До поняття оптимального міжкалібрувального інтервалу

даних, характеристик, умов використання і необхідних дій під час технічної експлуатації кожного типу ЗВТ/ВУ

ВУ. Інші особливості цієї системи доцільно розглянути в окремій статті.

3.3 Висновки за розділом

3.3.1 Необхідно вважати доконаним фактом існування для ЗВТ/ВУ, за певних умов його використання у кожному ООВ, оптимального значення МКІ, якому відповідають мінімальні сумарні витрати на калібрування і погіршення якості вимірювання протягом усього періоду експлуатації цього ЗВТ/ВУ.

3.3.2 Встановлення оптимального, чи близького до нього, міжкалібрувального інтервалу дає змогу в разі зменшити сумарні витрати ООВ на утримання ЗВТ/ВУ, але потребує удосконалення системи забезпечення відповідності метрологічним вимогам ДСТУ ISO/IEC 17025 чи ДСТУ EN ISO/IEC 17020.

РЕЄСТРАЦІЙНИЙ ПАСПОРТ ЗВТ/ВУ		Ф 06-0303-Б	
назва ЗВТ/ВУ _____			
Код виду вимірювання – ____ Підрозділ _____			
Тип			
Підприємство-виробник (фірма)			
Заводський номер			
Інвентарний номер			
Дата виготовлення			
Дата введення до експлуатації			
Програмне забезпечення			
Метрологічний статус			
Пломбування ЗВТ/ВУ			
Метрологічні характеристики ЗВТ/ВУ			
Назва величини, яку (які) вимірює ЗВТ/ВУ	Діапазони вимірювання	Точність вимірювання	Вимоги до зовнішніх умов використання ЗВТ/ВУ

Керівництво користувача ЗВТ/ВУ (етапи використання та технічної експлуатації):	
1. Початковий етап (підготовка до вимірювання)	1.1
2. Основний етап (проведення вимірювання)	2.1
3. Завершальний етап (завершення вимірювання)	3.1
4. Регламентне ¹⁾ технічне обслуговування	4.1
5. Планове технічне обслуговування	5.1
6. Процедура проміжного перевіряння	6.1
7. Заходи безпеки	7.1

¹⁾ **Регламентні роботи** – захід із технічної експлуатації, що виконується в певній послідовності та з певною періодичністю відповідно до вимог технічної документації виробників і експлуатаційної документації ЗВТ/ВУ та вимог НД щодо методів випробування/інспектування.

Відповідальний за метрологічну діяльність _____
позначення підрозділу підпис, дата ініціали, прізвище

Форма 1. Приклад реєстраційного паспорту ЗВТ/ВУ

ВИСНОВКИ

4.1 Коректним варто вважати вибір і встановлення МКІ, виконане з урахуванням інтенсивності використання й особливостей експлуатації ЗВТ/ВУ в умовах кожного ООВ на підставі (за пріоритетністю і наявністю необхідної інформації):

а) рекомендацій виробника ЗВТ/ВУ щодо періодичності його калібрування;

б) методики розрахунку МКІ за унормованими показниками надійності ЗВТ/ВУ, викладеної у РМГ 74 [7], за наявності інформації щодо напрацювання на відмову (t_x), встановлене виробником ЗВТ/ВУ;

в) методики розрахунку МКІ за унормованими показниками надійності, викладеної у цій статті, за відсутності необхідної інформації від виробника ЗВТ/ВУ.

4.2 Обґрунтований розрахунками МКІ, який вибирають та встановлюють у ВЦ КТЗ/ІО для кожного ЗВТ/ВУ за методикою і за допомогою програмного забезпечення, означеними у цій статті, має близьке до оптимального значення, що дає змогу суттєво зменшити сумарні витрати на утримання власних ЗВТ/ВУ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України № 1314-VII від 05.06.2014 (зі змінами за Законами України № 124-VIII від 15.01.2015 (ВВР, 2015, № 14, ст. 96) та № 2119-VIII від 22.06.2017 (ВВР, 2017, № 34, ст. 370).
2. Політика НААУ щодо простежуваності вимірювання, що проводять органи з оцінки відповідності відповідно до заявленої сфери акредитації (ред. 07 від 08.02.2016 ЗД-08.00.09), схвалена і рекомендована до застосування рішенням Ради з акредитації НААУ від 25.07.2016.
3. Оцінка відповідності. Вимоги до роботи різних типів органів з інспектування (ISO/IEC 17020:2012, IDT) : ДСТУ EN ISO/IEC 17020:2014. – [Чинний з 2016–01–01]. – Київ : Держспоживстандарт України 2016. – (Національний стандарт України).
4. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2005, IDT) : ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. – [Чинний з 2006–12–27]. – Київ : Держспоживстандарт України 2006. – 32 с. : табл. – (Національний стандарт України).
5. Національний стандарт України. Метрологія. Настанови щодо визначення між калібрувальних інтервалів засобів вимірювальної техніки : ДСТУ ILAC-G 24/OIML D 10:2013 (ILAC-G 24/OIML D 10:2010, IDT). – [Чинний з 2013–12–11]. – Київ : Держспоживстандарт України 2014. – 7 с. : табл. – (Національний стандарт України).
6. Метрологія. Міжповірочний інтервал засобів вимірювальної техніки. Основні положення і вимоги до установлення : ДСТУ 6044:2008. – [Чинний з 2008–12–26]. – Київ : Держспоживстандарт України 2009. – 9 с. – (Національний стандарт України).
7. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерения : РМГ 74-2004. – [Введен в эксплуатацию с 2005–03–01]. – Москва : Стандартиформ 2006. – 24 с. : табл. – (Госстандарт России).
8. Волков О. Ф., Волков Р. О., Колобов К. С., Лесик О. С., Ричок С. О. Розрахунок міжкалібрувальних інтервалів засобів вимірювальної техніки // Автошляховик України. – 2015. – № 5. – С. 11–13.

