

В умовах великого вибору на ринку товарів та послуг споживач не спроможний самостійно знайти детальну інформацію, яка б допомогла зробити оптимальний вибір на користь того чи іншого продукту, а у випадку необхідності добитися захисту своїх прав в судовому порядку.

1. <http://finance-dom.ru/marketing/76/340-vivchennya-spozhyvachiv>. 2. <http://govuadocs.com.ua/docs/17/index-257434.html?page=2>. 3. <http://www.psv.org.ua/arts/suspilstvo/view-896.html>. 4. Методи визначення фальсифікації товарів: підручник / А.А. Дубініна, І.Ф. Овчиннікова, С.О. Дубініна та ін. – К.: Видавничий дім “Професіонал”, 2010. – 272 с. 5. <http://www.bfr.bund.de>. 6. Стратегії забезпечення безпеки харчової продукції. – Берлін: ВМЕЛВ, відділ 311. Федеральне міністерство продовольства, сільського господарства та захисту прав споживачів, Федеральної Республіки Німеччини, 2008. – 44 с. 7. <https://www.free-lance.ru/blogs/lichnyie-blogi/523967/potrebitelskie-riski-kak-svoystvo-potrebitelskogo-povedeniya.html>. 8. <http://www.consumerinfo.org.ua>. 9. Про захист прав споживачів: Закон України від 12.05.1991 р. // ВВР України. – 1991.

УДК 519.2:58

В.М. Кулик, І.С. Катеринчук, А.П. Батугіна

Хмельницький кооперативний торговельно-економічний інститут,
Національна академія Державної прикордонної служби України

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ ПОВІРКИ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ЗА ЇХ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ

© Кулик В.М., Катеринчук І.С., Батугіна А.П., 2013

Запропоновано методику для визначення термінів перевірки засобів вимірювань за прогнозованим рівнем стабільності (метрологічною надійністю), що визначається за результатами попередніх і поточної перевірок (атестацій) шляхом їх статистичного аналізу. У цій методиці як модель для апроксимації моментних функцій випадкового процесу дрейфу MX пропонується застосовувати оригінальні структуровані поліноми з вкладеними поліномами Чебишева, що задовольняють відомі умови ортогональності. Виконання цих умов забезпечить достовірне визначення прогнозованого терміну чергової перевірки досліджуваних ЗВ за їх технічним станом.

Ключові слова: засоби вимірювань, перевірка, методика, метрологічні характеристики, імовірнісна оцінка, міжперевірковий інтервал, апроксимація.

In the article the offered methodology is for definitions of check of facilities of measuring on the forecast level of stability (to metrology reliability) that is determined for to the results of previous and current checks (attestations) by away them statistical analysis. In this methodology as a model for approximation of moment functions of casual process of drift of MX application of the original structured polynomials is offered with the inlaid polynomials of Tchebushev, that satisfy to the known terms of ortogonal. Implementation of these terms will provide reliable determination of the forecast term of duty check of investigated ЗВ on their technical state.

Key words: facilities of measuring, check, methodology, metrology descriptions, probabilistic estimation, calibration interval, approximation.

Постановка проблеми

Сьогодні актуальним завданням забезпечення метрологічної надійності засобів вимірювань (ЗВ) є встановлення оптимального значення міжперевіркового інтервалу (МПІ). При цьому виникає проблема, зумовлена тим, що застосування основних положень теорії надійності про існування тільки працездатного та непрацездатного стану технічних засобів вимірювання з властивостями

пуассонівського потоку відмов постійної в часі інтенсивності призводить до суттєвих помилок у визначенні оптимального МПІ [1].

Відповідно до [3], вирішуючи завдання визначення МПІ та забезпечення метрологічної надійності, доцільно застосовувати спеціальні моделі прогнозування нестабільності метрологічних характеристик (МХ) засобів вимірювальної техніки, основаних на теорії марковських випадкових процесів [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питань забезпечення метрологічної надійності та встановлення оптимального значення МПІ стосуються роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних учених, зокрема С.С. Федіна, О.С. Гончарова, А.В. Скімова, А.Е. Фрідмана, П.В. Новіцького, В.Т. Кондратова. У цих дослідженнях використано різні методи аналізу даних науково-технічного та економічного походження, основані на теорії метрологічної надійності згідно із загальнонауковою методологією системного підходу та теорії марковських випадкових процесів [5–6]. Методичні прийоми більшості публікацій передбачали застосування і обробку даних з метрологічної справності засобів вимірювання, за наявності безлічі працездатних станів, одним із найефективніших методів – марковських імовірнісних моделей прогнозування нестабільності МХ засобів вимірювальної техніки [7]. Водночас, розвиток інформаційних технологій та телекомунікацій значно розширює сьогодні можливості отримання критерію оцінки нормованого значення імовірності метрологічної справності ЗВ.

Ознайомлення з роботами цих та інших авторів дало змогу визначити ряд питань, які потребують нагального вирішення. Насамперед це розроблення методики для визначення термінів перевірки (атестації) ЗВ за їх технічним станом та імовірнісної оцінки прогнозування оптимального МПІ.

Постановка задачі

Метою дослідження є розроблення моделі імовірнісної оцінки та прогнозування оптимального МПІ (атестації) засобів вимірювання за прогнозованим рівнем стабільності (метрологічної надійності), що визначається за результатами попередніх і поточної перевірок (атестацій) шляхом їх статистичного аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Методика містить постановку задачі статистичного аналізу даних і алгоритм для визначення ймовірних коефіцієнтів за допомогою ПЕОМ.

1. Постановка задачі визначення термінів перевірки (атестації) засобів вимірювання

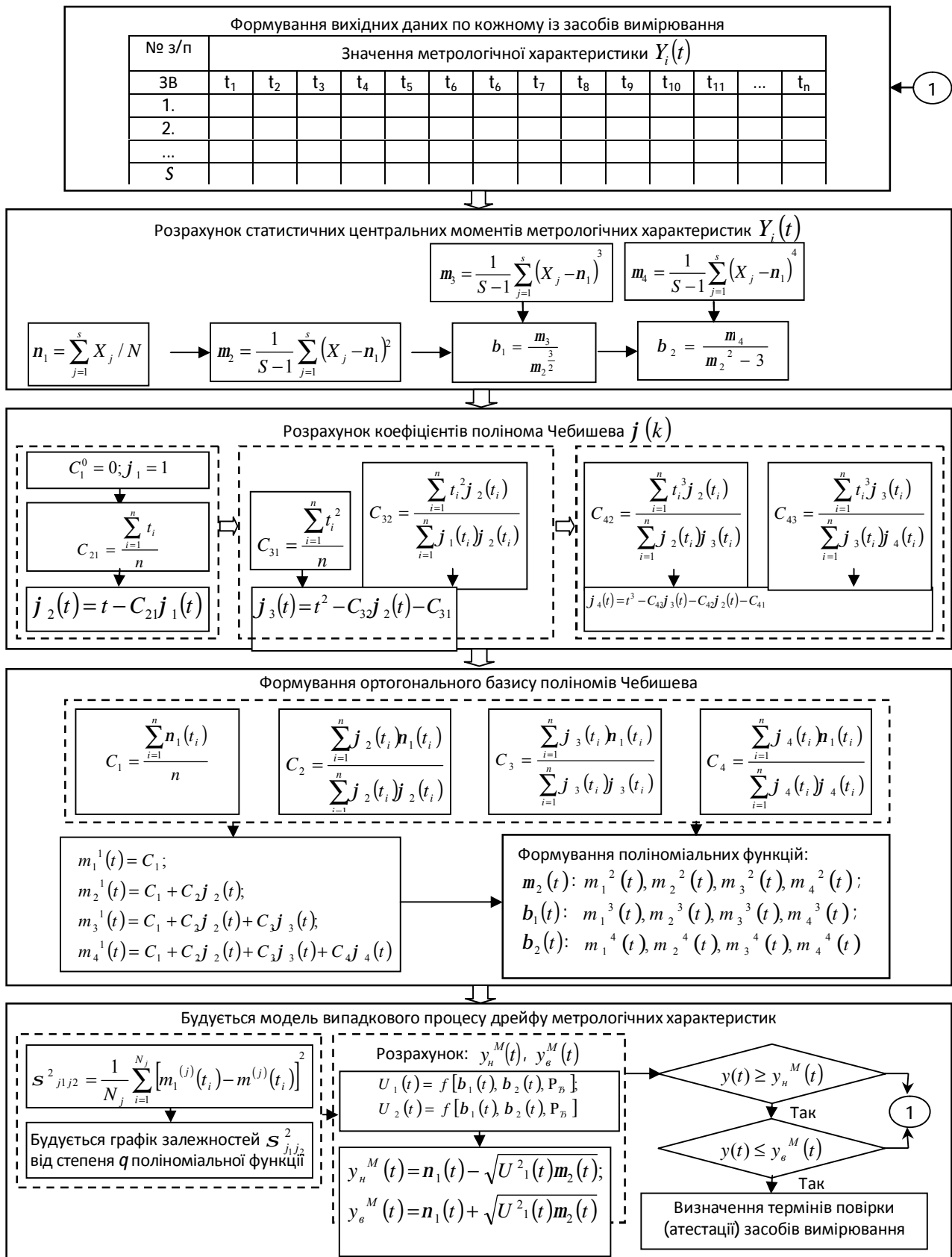
1.1. Вихідні дані для розрахунків. Періодичній перевірці підлягають S засобів вимірювання такого типу, для кожного з яких визначаються значення $y(t)$ метрологічної характеристики (МХ) в момент часу t (згідно з нормативно-технічною документацією). Кожний зразок із S перевірених (атестованих) i -ту кількість разів ($i = 1, \dots, n$). На кожну МХ заданий двосторонній допуск: $y_n \leq y(t) \leq y_e$, де y_n, y_e – нижня та верхня границі допустимих змін МХ відповідно. Результати перевірки (атестації) кожної МХ утворюють часові ряди реалізації: $\hat{Y} = \{y_{ij}(t_{ij}), i = 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots, s\}$.

В окремому випадку допускається $S = 1$. Тоді для застосування методики одиничну реалізацію МХ ділить на L реалізацій за часовим інтервалом і формують моделі $y_n^M(t)$ та $y_e^M(t)$ допустимих значень, у межах яких лежать значення МХ засобів вимірювання із заданою довірчою ймовірністю.

1.2. Екстраполяція параметрів моделей здійснюється до порушення вимоги $y_n \leq y_n^M(t); y_e^M(t) \leq y_e$. Момент часу t_p , в який порушується умова (1.2), визначає термін чергової періодичної перевірки (атестації) засобів вимірювання цього типу.

1.3. Визначення подальших термінів перевірки (атестації) засобів вимірювання здійснюється повторенням процедури побудови прогнозованих моделей $y_n^M(t)$ та $y_e^M(t)$, їх аналізу і розв'язання задачі (1.2) щодо досягнення заданої границі дрейфу значень модульованих МХ.

Алгоритм статистичного аналізу результатів перевірки (атестації) засобів вимірювань наведено на рисунку.



Алгоритм статистичного аналізу результатів перевірки (атестації) засобів вимірювань

Опис алгоритму статистичного аналізу результатів перевірки (атестації) засобів вимірювань

2.1. Вихідні дані, що визначають результати перевірки (атестації) засобів вимірювання, вносять в таблицю.

2.2. Розраховуються моменти n_1, m_2, b_1, b_2 , що характеризують щільність розподілу дрейфу метрологічних характеристик $Y_i(t)$ в розрізах часу t, n_1, m_2, b_1, b_2 , де n_1 – перший центральний момент; m_2 – другий центральний момент; b_1 – третій центральний приведений момент; b_2 – четвертий центральний приведений момент.

№ з/п	Значення метрологічної характеристики $Y_i(t)$													
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}	t_{11}	...	t_n
1.														
2.														
...														
s														

Статичні оцінки моментів розраховують за такими співвідношеннями:

$$n_1 = \sum_{j=1}^s X_j / N; m_2 = \frac{1}{S-1} \sum_{j=1}^s (X_j - n_1)^2, \quad (1.1)$$

$$b_1 = \frac{m_3}{\frac{3}{m_2^2}}; b_2 = \frac{m_4}{m_2^2 - 3},$$

де $m_3 = \frac{1}{S-1} \sum_{j=1}^s (X_j - n_1)^3, m_4 = \frac{1}{S-1} \sum_{j=1}^s (X_j - n_1)^4$.

2.3. Як модель випадкового процесу дрейфу метрологічних характеристик вибирають l поліномів виду:

$$m^l(t) = \sum_{k=1}^q C_k^{(l)} j(k); \quad l=1, \dots, 4, \quad (1.2)$$

де $j(k)$ – поліноми Чебишева, що задовольняють умови ортогональності; $C_k^{(l)}$ – коефіцієнти полінома l -ї моментної функції; q – ступінь полінома; l – номер моментних функцій ($l=1, \dots, 4$).

2.4. Формується ортогональний базис поліномів Чебишева:

$$\Phi = \begin{pmatrix} j_1(t_1) & j_2(t_2) & \dots & j_q(t_1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ j_1(t_n) & j_2(t_n) & \dots & j_q(t_n) \end{pmatrix}, \quad (1.3)$$

за початкових умов: $j_1(t) = 1; j_2(t) = t - C_{21} j_1(t)$; де $C_{21} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$.

2.4.1. Формується $j_3(t)$:

$$j_3(t) = t^2 - C_{32} j_2(t) - C_{31}, \quad (1.4)$$

де $C_{31} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^2}{n}, C_{32} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^2 j_2(t_i)}{\sum_{i=1}^n j_2(t_i) j_2(t_i)}$.

2.4.2. Формується $j_4(t)$:

$$j_4(t) = t^3 - C_{43}j_3(t) - C_{42}j_2(t) - C_{41}; \quad (1.5)$$

$$\text{де } C_{42} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^3 j_2(t_i)}{\sum_{i=1}^n j_1(t_i) j_2(t_i)}; \quad C_{43} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^3 j_3(t_i)}{\sum_{i=1}^n j_2(t_i) j_3(t_i)}.$$

2.5. Формуються поліноміальні функції $m_1^1(t), m_2^1(t), m_3^1(t), m_4^1(t)$ для першого початкового моменту щільності розподілу дрейфу метрологічних характеристик $n_1(t)$:

$$\begin{aligned} m_1^1(t) &= C_1; \\ m_2^1(t) &= C_1 + C_2 j_2(t); \\ m_3^1(t) &= C_1 + C_2 j_2(t) + C_3 j_3(t); \\ m_4^1(t) &= C_1 + C_2 j_2(t) + C_3 j_3(t) + C_4 j_4(t); \end{aligned} \quad (1.6)$$

$$\text{де } C_1 = \frac{\sum_{i=1}^n n_1(t_i)}{n}; \quad C_2 = \frac{\sum_{i=1}^n j_2(t_i) n_1(t_i)}{\sum_{i=1}^n j_1(t_i) j_2(t_i)}; \quad C_3 = \frac{\sum_{i=1}^n j_3(t_i) n_1(t_i)}{\sum_{i=1}^n j_2(t_i) j_3(t_i)}; \quad C_4 = \frac{\sum_{i=1}^n j_4(t_i) n_1(t_i)}{\sum_{i=1}^n j_3(t_i) j_4(t_i)}.$$

2.6. Формуються поліноміальні функції $m_1^2(t), m_2^2(t), m_3^2(t), m_4^2(t)$ для другого центрального моменту $m_2(t)$.

2.7. Формуються поліноміальні функції $m_1^3(t), m_2^3(t), m_3^3(t), m_4^3(t)$ для третього центрального приведенного моменту $b_1(t)$.

2.8. Формуються поліноміальні функції $m_1^4(t), m_2^4(t), m_3^4(t), m_4^4(t)$ для четвертого центрального приведенного моменту $b_2(t)$.

Аналізуючи сформовані поліноміальні функції, будують модель випадкового процесу дрейфу метрологічних характеристик, з найкращими прогностичними властивостями.

2.9.1. Досліджувану вибірку, що складається з n часових перерізів, ділять на дві підвибіркі: парну J_2 і непарну J_1 .

2.9.2. Моментні функції n_1, m_2, b_1, b_2 , що відповідають парній вибірці J_2 , апроксимуються поліноміальними функціями відповідно до алгоритмів п.п. 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8.

2.9.3. Розраховується $s_{j_1 j_2}^2$:

$$s_{j_1 j_2}^2 = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} \left[m_1^{(j)}(t_i) - m^{(j)}(t_i) \right]^2, \quad j = 1, 2. \quad (1.7)$$

2.9.4. Будується графік залежностей $s_{j_1 j_2}^2$ від степеня q поліноміальної функції, що апроксимується.

Для побудови моделі випадкового процесу дрейфу метрологічної характеристики вибираються поліноміальні функції $m^{(l)}(t)$ степеня q , що забезпечують $\min s_{j_1 j_2}^2$.

2.10. Розраховуються значення n_1, m_2, b_1, b_2 для довільного моменту часу.

2.11. Формуються функції, $y_n^M(t)$ і $y_e^M(t)$, що характеризують допустимі границі, в межах яких гарантуються значення метрологічних характеристик з заданою ймовірністю P_D .

$$\begin{aligned} y_n^M(t) &= n_1(t) - \sqrt{U_1^2(t) m_2(t)}; \\ y_e^M(t) &= n_1(t) + \sqrt{U_1^2(t) m_2(t)}, \end{aligned} \quad (1.8)$$

де $U_1(t), U_2(t)$ – коефіцієнти щільності розподілу випадкових процесів дрейфу МХ, значення яких відповідно дорівнюють:

$$\begin{aligned} U_1(t) &= f[b_1(t), b_2(t), P_D]; \\ U_2(t) &= f[b_1(t), b_2(t), P_D]. \end{aligned} \quad (1.9)$$

і оцінюються на ПЕОМ, за допомогою комп'ютерної програми, розробленої відповідно до алгоритму для визначення ймовірних коефіцієнтів дрейфу МХ.

2.12. Знаходять значення y_n, y_e на момент прогнозу t_p .

2.13. Порівнюються оцінки y_n^M та y_e^M з двостороннім допуском (1.2), що встановлюється на метрологічну характеристику.

Висновки

Отже, у цій методиці як модель для апроксимації моментних функцій випадкового процесу дрейфу МХ пропонується застосовувати оригінальні структуровані поліноми з вкладеними поліномами Чебишева, що задовольняють відомі умови ортогональності. Застосування запропонованої моделі дасть змогу виконати ряд суттєвих вимог, що ставляться до таких задач, зокрема:

- забезпечення найкращих прогнозованих властивостей за відомими критеріями;
- адекватне відображення реального процесу дрейфу МХ;
- некритичне ставлення до виду і можливої деформації законів розподілу дрейфу значень МХ у часі.

Виконання цих умов забезпечить достовірне визначення прогнозованого терміну чергової перевірки досліджуваних засобів вимірювання за їх технічним станом.

Застосування цієї методики дасть змогу визначити раціональний міжперевірковий інтервал для найпоширенішої номенклатури засобів вимірювання і зменшити витрати на їх експлуатацію.

У наш час, враховуючи насущну необхідність у такій методиці, розрахунок складних обчислювальних процедур проводиться на ПЕОМ в діалоговому режимі, що надає можливість використовувати цю методику фахівцям середньої кваліфікації.

1. Федін С.С., Зубрецька Н.А., Гончаров О.С. Імовірнісна оцінка оптимального міжповірочного інтервалу високоточних засобів вимірювань // *Технології та дизайн*. – 2012. – № 1 (2). – С. 44–49.
2. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений. РМГ 74-2004. – Взамен МИ 2197-92. – [Введ. 2005-01-03.] – М: Госстандарт России, 2004. – 22 с.
3. Тихонов В.И. Марковские процессы / В.И. Тихонов, М.А. Миронов. – М: Сов. радио, 1977. – 200 с.
4. Кондратов В.Т. Проблемы теории метрологической надежности и их пути решения // *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. – 2009. – 38. – С. 138–148.
5. Екимов А.В. Надежность средств измерений / А.В. Екимов, М.И. Ревяков. – Л: Энергоатомиздат, 1986. – 206 с.
6. Фридман А.Э. Теория метрологической надежности средств измерений / А.Э. Фридман // *Измерительная техника*. – 1991. – № 11. – С. 3–10.
7. Федін С.С. Прогнозирование и вероятностная оценка метрологической надежности прецизионных средств измерений / С.С. Федін, Н.А. Зубрецькая, Г.И. Войтенко // *Вісник Сумського державного університету*. – 2009. – № 4. – С. 201–210.