

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ**



Шоста Міжнародна науково-практична конференція

**«Метрологія, технічне
регулювання, якість:
досягнення та перспективи»**

11-12 жовтня 2016 р.

Одеса 2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ**



Шоста Міжнародна науково-практична конференція

**«Метрологія, технічне регулювання,
якість: досягнення та перспективи»**

11-12 жовтня 2016 р.

Одеса 2016

УДК 389:621:531:006.07:53.08:539.4

ББК 30

М 546

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
Одеської державної академії технічного регулювання та якості (ОДАТРЯ)
Міністерства освіти і науки України від 29.09.2016 р., протокол № 3.*

Головний редактор:

Л. В. Коломієць, доктор технічних наук, професор, ректор ОДАТРЯ.

Відповідальний за випуск:

Г. Д. Братченко, доктор технічних наук, професор.

Матеріали подані в авторській редакції.
За зміст публікації несе відповідальність автор.

М 546 Метрологія, технічне регулювання, якість: досягнення та перспективи: матеріали Шостої Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 11-12 жовтня 2016 р.) / ред. Л. В. Коломієць, Г. Д. Братченко, В. Д. Постоварова; Одеська державна академія технічного регулювання та якості. – Одеса: Бондаренко М. О., 2016. – 266 с.

ISBN 978-617-7424-09-2

У збірнику представлено матеріали конференції, присвяченої проблемам технічного регулювання та якості, стандартизації та споживчої політики, метрології та метрологічного забезпечення, розробки інформаційно-вимірювальних систем та приладобудування.

Розраховано на викладачів, аспірантів, наукових та інженерних працівників, які спеціалізуються в області вивчення та дослідження цих проблем.

**УДК 389:621:531:006.07:53.08:539.4
ББК 30**

ISBN 978-617-7424-09-2

© Одеська державна академія технічного регулювання та якості, 2016

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ ЛОКАЛЬНЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ Братченко Г. Д., д.т.н., проф., Бугаев С. В., к.т.н., доцент, Пивторак О. В., Постоварова В. Д.	183
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТРАТЕГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ Банзак Г. В., к.т.н., доцент	186
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК РЕАКТОРА Банзак О. В., к.т.н., доцент	189
ШЛЯХИ РІШЕННЯ НЕКОРЕКТНИХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ ДИНАМІЧНОЇ РЕГУЛЯРИЗАЦІЇ ВИБІРКОВИХ ОЦІНОК КОРЕЛЯЦІЙНОЇ МАТРИЦІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ Скачков В. В., д.т.н., проф., Братченко Г. Д., д.т.н., проф., Чепкій В. В., к.т.н., доцент, Єфимчиков О. М., к.т.н., доцент, Ткачук О. В., Павлович В. І.	192
ПРИНЦИПИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВІДІВ В УМОВАХ КОРОЗІЙНОЇ ВТОМИ Юзевич Л. В.	195
АДАПТИВНЕ ВІДНОВЛЕННЯ РАДІОЗОБРАЖЕНЬ ПРОСТОРОВИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ Братченко Г. Д., д.т.н., проф., Смаглюк Г. Г., Григор'єв Д. В.	197
СЕКЦІЯ 6 МЕТРОЛОГІЯ ТА МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	199
ТЕРМОАНОМЕТОМЕТРИЧНИЙ ДАТЧИК ШВИДКОСТІ ПОТОКУ Сторожук Н. І., Кучерук В. Ю., д.т.н., професор	200
ФОТОЕЛЕКТРИЧНИЙ СЕНСОР ДИФУЗНОГО ТИПУ НА ОСНОВІ ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНОГО СИГНАЛУ Мостовий Д. В.	204
СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНЕННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ КАЛІБРУВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ Омельчук І. А.	206
МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЗМІНИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АВІАЦІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ Катаєва М. О., Редько О. О.	216

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЗМІНИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АВІАЦІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

Катаєва М. О., аспірант, Редько О. О., аспірант
Національний авіаційний університет
м. Київ

Характерною тенденцією розвитку сучасної промисловості є стрімке підвищення вимог до метрологічного забезпечення на стадіях проектування, виробництва, експлуатації деталей та приладів. Оскільки на авіаційну деталь під час виготовлення та експлуатації постійно впливають певні дестабілізуючі фактори, перевагою розробленого методу є врахування показників зазначених факторів та постійна адаптація моделі відповідно до їх впливу.

Систематичне підвищення або зниження параметрів поверхні авіаційної деталі, а саме відхилення від нормованого значення площинності, що характеризується зміною значень амплітуди вихідного сигналу – трендом. Зазвичай для знаходження оцінки невідомих параметрів $a^{(0)}$ та $a^{(1)}$ за наявною вибіркою x_t використовується регресійний аналіз. Однак, відносно вимірювань деталей складної геометричної форми доцільно застосувати результати імітаційного комп'ютерного моделювання, заснованого на експоненційному згладжуванні ряду x_t , на відміну від класичного регресійного аналізу.

Описано точну і наближену методики оцінки невідомих параметрів моделі $a^{(0)}$ та $a^{(1)}$ за допомогою експоненціального ковзного середнього (ЕКС) та експоненційної ковзної середньої другого порядку (ЕКС⁽²⁾) від вихідного ряду x_t . Нехай є підстави вважати, що вихідний часовий ряд x_t можна апроксимувати лінійною функцією виду $f_t = a^{(0)} + a^{(1)} \cdot t$. Наявність відхилень від лінійності призводить до того, що зв'язок між моделлю f_t та x_t має вигляд $x_t = f_t + e_t = a^{(0)} + a^{(1)} \cdot t + e_t$, де e_t – розбіжності між x_t і f_t . Обчислення ЕКС з фактором згладжування ω від довільного ряду x_t наступне

$$EKC_{x_t} = (1 - \omega)^t \cdot \left(x_0 + \omega \cdot \sum_{k=1}^t \frac{x_k}{(1 - \omega)^k} \right). \quad (1)$$

Враховуючи властивості адитивності ЕКС, маємо

$$EKC_{x_t} = EKC(a^{(0)} + a^{(1)} \cdot t + e_t) = a^{(0)} + a^{(1)} \cdot EKC_t + EKC_{e_t}.$$

Знайдемо ЕКС_t, використовуючи формулу (1)

$$EKC_t = (1 - \omega)^t \cdot \omega \cdot \sum_{k=1}^t \frac{k}{(1 - \omega)^k} = t - \frac{(1 - \omega)}{\omega} + \frac{(1 - \omega)^{t+1}}{\omega},$$

$$EKC_{x_t} = a^{(0)} + a^{(1)} \cdot \left(t - \frac{(1 - \omega)}{\omega} + \frac{(1 - \omega)^{t+1}}{\omega} \right) + EKC_{e_t}.$$

Зауважимо, що ЕКС_{x_t} нелінійно залежить від поточної довжини тренда t . Лінійність може спостерігатися при досить великих t , коли коефіцієнтом $\frac{(1-\omega)^{t+1}}{\omega}$ вже можна знехтувати, і цей проміжок часу обернено пропорційний величині фактора згладжування ω .

Аналогічно обчислюється вираз для ЕКС⁽²⁾

$$\begin{aligned} EKC_{x_t}^{(2)} &= EKC(EKC_{x_t}) = EKC \left(a^{(0)} + a^{(1)} \cdot \left(t - \frac{(1 - \omega)}{\omega} + \frac{(1 - \omega)^{t+1}}{\omega} \right) + EKC_{e_t} \right) = \\ &= a^{(0)} - a^{(1)} \cdot \frac{(1 - \omega)}{\omega} + a^{(1)} \cdot EKC_t + a^{(1)} \cdot \frac{(1 - \omega)}{\omega} \cdot EKC((1 - \omega)^t) + EKC_{e_t}^{(2)}. \end{aligned}$$

За формулою (1) знаходимо, що $EKC(1-\omega)^t = (1-\omega)^t \cdot (1+\omega \cdot t)$. Тоді

$$EKC_{x_t}^{(2)} = a^{(0)} + a^{(1)} \cdot \left(t - \frac{2(1-\omega)}{\omega} + \frac{2(1-\omega)^{t+1}}{\omega} + t \cdot (1-\omega)^{t+1} \right) + EKC_{e_t}^{(2)}.$$

З виразів для EKC та $EKC^{(2)}$ обчислюють невідомі параметри моделі $a^{(0)}$ та $a^{(1)}$. Але слід зауважити, що величини EKC_{e_t} та $EKC_{e_t}^{(2)}$ – це ковзаючі середні від неспостережуваного ряду e_t , а реальні часові ряди f_t та e_t нам не відомі. Ми можемо оперувати лише з їх сумою x_t . Тому рекомендовано при розрахунках оперувати не модульованими значеннями величин $a^{(0)}$ та $a^{(1)}$, а оцінками експериментальних значень $A_t^{(0)}$ та $A_t^{(1)}$. Тоді

$$A_t^{(1)} = \frac{EKC_{x_t} - EKC_{x_t}^{(2)}}{\frac{(1-\omega)}{\omega} + \frac{(1-\omega)^{t+1}}{\omega} + t \cdot (1-\omega)^{t+1}},$$

$$A_t^{(0)} = EKC_{x_t} + \left(EKC_{x_t} - EKC_{x_t}^{(2)} \right) \cdot \frac{\frac{(1-\omega)}{\omega} + \frac{(1-\omega)^{t+1}}{\omega} - t}{\frac{(1-\omega)}{\omega} + \frac{(1-\omega)^{t+1}}{\omega} - t \cdot (1-\omega)^{t+1}}.$$

Величини $A_t^{(0)}$ та $A_t^{(1)}$ є параметрами моделі $x_t = F_t + E_t = A_t^{(0)} + A_t^{(1)} \cdot t + E_t$, де F_t – функція, яка являє собою оцінку істинної залежності f_t , E_t – розбіжність між x_t та F_t , де $F_t = A_t^{(0)} + A_t^{(1)} \cdot t = EKC_{x_t} + \left(EKC_{x_t} - EKC_{x_t}^{(2)} \right) \cdot \frac{\frac{(1-\omega)}{\omega} + \frac{(1-\omega)^{t+1}}{\omega} - t}{\frac{(1-\omega)}{\omega} + \frac{(1-\omega)^{t+1}}{\omega} - t \cdot (1-\omega)^{t+1}} = EKC_{x_t} + \frac{\left(EKC_{x_t} - EKC_{x_t}^{(2)} \right)}{1 - \frac{t \cdot \omega}{(1-\omega)^{t+1}}}$. Слід зазначити, що метою проведення розрахунків за цією методикою є не апроксимація ряду x_t , а найбільш точна оцінка істинної залежності f_t , спотвореної випадковими відхиленнями e_t як наслідок впливу дестабілізуючих факторів. Для неспотвореного лінійного тренда, за допомогою розробленої методики ми маємо оцінку коефіцієнтів моделі $A_t^{(0)}$ та $A_t^{(1)}$, які повністю відповідають модульованим значенням $a^{(0)}$ та $a^{(1)}$ при $0 < \omega \leq 1$. Важливо, що у виразах для параметрів лінійного тренду $A_t^{(0)}$ та $A_t^{(1)}$ присутня поточна довжина тренда t . Отже використання розробленої методики обчислення цих коефіцієнтів найбільш ефективно тоді, коли проміжок часу $[0, t]$ належить одному тренду. Якщо ж при проведенні останніх вимірювань певної площини авіаційної деталі тенденція змінюється на протилежно спрямовану, точність оцінювання параметрів значно падає. Тому невід’ємною частиною алгоритму статистичної обробки результатів вимірювань повинен бути модуль ідентифікації закінчення тренда i , відповідно, скидання лічильника t на нуль.

Література:

1. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров – М.: Наука, 1997. – 384 с.
2. Иванов Г. С. Конструирование технических поверхностей (Математическое моделирование на основе нелинейных преобразований) / Иванов Г. С. М.: Машиностроение, 1987. – 188 с.