

УДК 681.518.3(045)

**Н.О. Лисуненко**, академічний радник ІАУ  
**Т.В. Колосова**, академічний радник ІАУ**МЕТОДИКА ОЦІНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ВИПАДКОВОЇ СКЛАДОВОЇ ПОХИБКИ  
ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ**

Національний авіаційний університет, м. Київ, lysunenko@mail.ru

*Запропоновано методику проведення оцінки характеристик випадкової складової похибки вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини при проведенні метрологічної атестації в реальних умовах експлуатації на етапах проектування, виробництва й експлуатації координатно-вимірювальної машини.*

**Ключові слова:** вимірювальний канал, координатно-вимірювальна машина, квантильний коефіцієнт, метрологічні характеристики.

**Вступ**

В умовах сучасного виробництва в таких галузях, як загальне машинобудування, авіаційна, аерокосмічна та медична промисловість, вимоги до точності і швидкості вимірювань безперервно підвищуються. З цієї причини зростає роль вимірювальних засобів, точність яких повинна бути на порядок вище, ніж допустима похибка. Відповідно до цих тенденцій в останні роки спостерігається стрімкий розвиток конструкцій і технічних можливостей координатно-вимірювальних машин.

Координатно-вимірювальна машина - це високоточна і ефективна вимірювальна система для використання в машинобудуванні, авіабудуванні, схемотехніці та інших високотехнологічних галузях. Вона являється універсальним і досить гнучким засобом контролю деталей для обслуговування одиничного та дрібносерійного виробництва.

На сучасній координатно-вимірювальній машині можна виміряти практично всі складні поверхні і деталі в цілому. Важливим завданням, що постає в процесі використання координатно-вимірювальних машин, є забезпечення єдності вимірювань та достовірності їх результатів. Результати вимірювань записуються на носії пам'яті, що дає змогу використовувати виміри одразу в програмі для їх опрацювання або виконувати обробку вимірів у режимі реального часу. Щоб вимірювання на координатно-вимірювальній машині здійснювались з необхідною точністю та якістю необхідно провести метрологічну атестацію координатно-вимірювальної машини по елементно.

В даній роботі розглянемо методику оцінки характеристик випадкової складової похибки вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини, визначимо його метрологічні характеристики.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій**

На сьогоднішній день число наукових праць, присвячених метрологічному забезпеченню вимірювального обладнання зростає по експоненціальному закону, у зв'язку з тим, що вони мають численне застосування на практиці. Подібні питання досліджувалися Державним підприємством "Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем", розглянуті в роботах Б.Д. Колпака, Є.Т. Удовиченко, А.А. Брагіна, А.Л. Семенюка, В.П. Сусліна, А.В. Джунковського, В.В. Кухарчука, В.О. Поджаренко, Г.Б. Сердюка, Б.М. Олійника та інших [1],[2].

**Мета і завдання дослідження** — дослідження вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини, шляхом розроблення методики оцінки характеристик випадкової складової похибки вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини при проведенні метрологічної атестації.

Для досягнення цієї мети необхідно розробити організаційно-методичні основи проведення метрологічної атестації вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини.

**Вирішення поставленого завдання**

Вимірювальний канал, що входить до складу координатно-вимірювальної машини — функціонально з'єднана сукупність засобів вимірювань, по якому проходить один сигнал, що

попередньо перетворюється [6]. Структурна схема вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини наведена на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема вимірювального каналу

На рис. 1. введені позначення: Д – датчик; П – підсилювач сигналів, що призначений для перетворення сигналів постійної напруги (0-10) мВ з виходів нормалізаторів в сигнал постійної напруги високого рівня (0 – 10) В; К – комутатор, що комутує сигнали (0 – 10) В; ПН - подільник напруги, необхідний для перетворення сигналу з виходу комутатора (0 – 10) В до рівня (0 – 1) В; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач, призначений для перетворення аналогових сигналів, що надходять з виходу подільника напруги, в цифровий код; ПК – персональний комп'ютер, X – вхідна величина; Y – величина на виході вимірювального каналу.

Щоб розрахувати основну похибку вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини потрібно врахувати мультиплікативну та адитивну її складові. Всі елементи вимірювального каналу вносять як адитивну, так і мультиплікативну похибки. Проте деякі з них у більшій мірі впливають на одну з перерахованих похибок більше, ніж на іншу. Саме тому необхідно зробити розподіл частин вимірювального каналу у відповідності до внесення ними похибок [1].

Мультиплікативна похибка буде мати наступний вигляд

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_{(K)} + \gamma_{(АЦП)} + \gamma_{(Д)},$$

де  $\gamma_{(K)}$  - похибка комутатора;

$\gamma_{(АЦП)}$  - похибка аналогово-цифрового перетворювача;

$\gamma_{(Д)}$  - похибка датчика.

Похибка комутатора складається із трьох складових:

- $\gamma_{(K)1}$  - похибка падіння напруги відкритого ключа (0,4%);
- $\gamma_{(K)2}$  - похибка від витоку струму у кожному відкритому каналі комутатора (0,13%);
- $\gamma_{(K)3}$  - пульсація несучої частоти (0,06%).

$$\gamma_{(K)} = \frac{1}{K} \sqrt{\gamma_{(K)1}^2 + \gamma_{(K)2}^2 + \gamma_{(K)3}^2} = \frac{1}{1,73} \sqrt{0,4^2 + 0,13^2 + 0,06^2} = 0,24\%.$$

Оскільки для всіх складових похибки закон розподілу буде однаковий. Будемо вважати, що значення квантильного коефіцієнта, що рівне  $K = 1,73$  [7].

Оскільки похибка аналогово-цифрового перетворювача, що задана технічними параметрами перетворювача, має наступне числове значення  $\eta_{АЦП} = 0,2\%$ , тоді відповідне вираження мультиплікативної похибки аналогово-цифрового перетворювача має вигляд:

$$\gamma_{(АЦП)} = \frac{\eta_{АЦП}}{K}$$

Значення похибки буде рівне:

$$\gamma_{(АЦП)} = \frac{\eta_{АЦП}}{K} = \frac{0,2}{1,73} = 0,13\%.$$

Датчик вносить мізерну похибку, як у випадку мультиплікативної складової, так і у випадку адитивної складової основної похибки вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини.

Тоді мультиплікативна складова похибки набуває значення:

$$\gamma_{\Sigma} = 0,24 + 0,13 = 0,37\%.$$

Визначимо адитивну складову основної похибки. Вона складається із похибок наступних блоків:  $\delta_{(ПН)}$  - похибка подільника напруги;  $\delta_{(П)}$  - похибка підсилювача;  $\delta_{(Д)}$  - похибка датчика.

У загальному випадку знаходимо адитивну похибку вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини як суму адитивних похибок, що вносять у систему складові вимірювального каналу

$$\delta_{\Sigma} = \delta_{(ПН)} + \delta_{(П)} + \delta_{(Д)}.$$

Оскільки останньою складовою похибки ми можемо знехтувати, тоді, з урахуванням паспортних даних приладів, обчислюємо значення похибки.

Для підсилювача значення  $\delta_1 = 0,03\%$  (паспортні дані), тоді:  $\delta_i = \frac{0,03}{1,73} = 0,06\%$ .

Для подільника напруги:  $\delta_1 = 0,5\%$  (паспортні дані), тоді:  $\delta_i = \frac{0,5}{1,73} = 0,29\%$ .

$$\delta_{\Sigma} = 0,29 + 0,06 = 0,35\%.$$

Основна похибка вимірювального каналу, з урахуванням адитивної і мультиплікативної складової буде мати наступний вигляд:

$$\Delta_{\text{вк}} = \sqrt{\gamma_{\Sigma}^2 + \delta_{\Sigma}^2} = \sqrt{0,37^2 + 0,35^2} = 0,51\%.$$

### Висновки

У результаті досліджень обґрунтовано структуру вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини. Сформовано ієрархічну систему методики оцінки характеристик випадкової складової похибки вимірювального каналу координатно-вимірювальної машини.

Проаналізовано похибки вимірювального каналу, що зводяться до оцінки середньоквадратичного відхилення окремих складових вимірювального каналу з врахуванням додаткових похибок від факторів, що впливають на знаходження сумарної похибки процесу вимірювального перетворення, розрахований необхідний об'єм вибірки, що дозволяє забезпечити повноту та правильність проведення вимірювань.

### Список літературних джерел

1. Суслин В.П., Джунковский А.В. Методика объемной компенсации систематических погрешностей координатно-измерительных машин на основании измерения плиты со сферами. Электронный журнал «Исследовано в России». – М.: 2006. – 232 с.
2. Бичківський Р., Зорій В., Столярчук П. Основи метрологічного забезпечення. Львів, ДУ «Львівська політехніка», 1999. – 247с.
3. Опрацювання результатів вимірювань: навч. посіб. / М. М. Дорожовець – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2007. – 624 с.
4. ДСТУ 3215-95 Метрологія. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення.
5. ВЕЛИЧКО О.М. Основи метрології та метрологічна діяльність. Навч. посібник. – К.: 2000.
6. ГОСТ 8.596 – 2002 Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основное положение.
7. ГОСТ 8.009 – 84 (2003) Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.