



Міністерство освіти і науки України  
Державна інспекція України з питань захисту  
прав споживачів

Всеукраїнська громадська організація Асоціація  
технологів-машинобудівників України  
Академія технологічних наук України

ДП Український науково-дослідний і навчальний центр  
проблем стандартизації, сертифікації та якості

ДП «Укрметртестстандарт»

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України  
Технічний центр НАН України

Національний університет «Одеська політехніка»

Союз інженерів-механіків НТУ України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Київський національний університет технологій та дизайну

Машинобудівний факультет Белградського університету, Сербія

## **ЯКІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, КОНТРОЛЬ: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА**



*Матеріали 23-ї Міжнародної науково-практичної конференції*

**27–28 вересня 2023 р.**

Київ – 2023

**Якість, стандартизація, контроль: теорія та практика:** Матеріали 23-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 27–28 вересня 2023 р. – Київ: АТМ України, 2023. – 114 с.

### **Наукові напрямки конференції**

- Побудова національних систем технічного регулювання в умовах членства в СОТ і ЄС: теорія і практика
- Процесно-орієнтовані інтегровані системи управління: теорія і практика
- Стандартизація, сертифікація, управління якістю в промисловості, електроенергетиці, сільському господарстві та сфері послуг
- Впровадження стандартів ISO 9001:2015 в промисловості, вищих навчальних закладах, медичних установах і органах державної служби
- Метрологічне забезпечення і контроль якості продукції в промисловості, електроенергетиці, сільському господарстві та сфері послуг
- Забезпечення якості та конкурентоспроможності продукції на внутрішньому і зовнішньому ринку
- Впровадження інформаційних технологій в процеси адаптації, сертифікації та управління якістю
- Проблеми гармонізації технічних, нормативних та правових актів.

**Матеріали представлені в авторській редакції**

© ВГО АТМ України,  
2023 р.

рази, що відображають зв'язок основних параметрів регуляторів із характеристиками перехідних процесів у приводах мехатронних модулів. Показано, що найкращі можливості, з точки зору оптимізації динамічних характеристик, має структура приводу, що містить регулятор швидкості та регулятор струму (підпорядковане регулювання).

*Комарова Г.Л., Сергєєв Д.М. Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна*

## **ВПРОВАДЖЕННЯ 3D МЕТРОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПРЕЦИЗІЙНИХ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ**

Сучасне виробництво прецизійних корпусних деталей потребує доступного та достовірного 3D метрологічного контролю для повсякденного використання у механічних цехах, підрозділах контролю якості, збиральних дільницях, дільницях вхідного контролю продукції.

Для 3D вимірювань прецизійних корпусних деталей сьогодні найбільш доцільно обрати контактні 3D координатно-вимірювальних машин (далі – 3D КВМ) через найкраще співвідношення якість/ціна. Сьогодні безконтактний 3D вимірювач має похибку значно більшу ніж похибки рівноцінних контактних 3D КВМ, тому надається перевага контактним видам вимірювань.

Розглянемо алгоритм обрання 3D КВМ згідно 10-ти основних критеріїв. Також проаналізуємо переваги та недоліки при обранні 3D КВМ.

Критерій 1. Показники робочої зони при вимірюванні деталей.

До обов'язкових критеріїв оптимізації КВМ зараховують три показники переміщення:

- переміщення за координатою X;
- переміщення за координатою Y;
- переміщення за координатою Z.

Вимоги до бажаних робочих переміщень за координатами (X, Y, Z) залежать від вимірюваних розмірів та габаритів вимірюваної деталі з урахуванням довжини вимірювальних щупів та індексації положення вимірювальної голівки.

Багато створити метрологічні резерви 3D вимірювань за трьома координатами для всіх конкурентних варіантів КВМ (X, Y, Z) на випа-

док наступних вимірювань більш габаритних деталей. Необґрунтоване збільшення об'єму робочої зони вимірювань ускладнює процес, посилює похибку та стрімко збільшує собівартість 3D вимірювань.

Критерій 2. Власні регламентовані переміщення.

За відсутності стандарту на рекомендовані розміри показників переміщень уздовж ортогональних осей різні виробники пропонують КВМ із власними регламентованими переміщеннями за трьома осями (X, Y, Z) для 3D вимірювань. Окрім забезпечення бажаної вимірювальної зони за осями X, Y, Z також доцільно враховувати бажану максимальну довжину вимірювань у вигляді просторової діагоналі L.

Довжина просторової діагоналі L є тим розміром, який необхідно враховувати під час обчислення найбільшої похибки вимірювань КВМ за паспортною формулою похибки.

Критерій 3. Обрання між ручними або автоматизованими КВМ.

Автоматизоване переміщення у вимірювальній зоні прискорює та спрощує 3D вимірювання та суттєво зменшує похибку вимірювань шляхом зменшення суб'єктивного впливу оператора. Ціна автоматизованих контактних 3D КВМ на 35–50% більша за ціну аналогічних ручних, проте це компенсується значно кращими функціональними та метрологічними показниками.

Критерій 4. Основна похибка КВМ.

Очікувану паспортну похибку КВМ доцільно призначати у 2,5–3,0 рази меншою ніж відповідні допуски вимірюваних деталей.

Похибки ручних контактних 3D КВМ зазвичай на 10–20% більші за похибки автоматичних контактних КВМ аналогічних діапазонів та дискретності.

Критерій 5. Дискретність відліку лінійних шкал

Дискретність відліку лінійних шкал (1,0 мкм/ 0,5 мкм/ 0,1 мкм) виробники фіксують у каталогах КВМ, але дискретність як значущий критерій оптимізації не враховується, бо цей показник вже враховано у загальній похибці КВМ.

Критерій 6. Навантаження на стіл

Цей показник є малозначним, оскільки виробники КВМ передбачають міцність та жорсткість стола у базовій комплектації відповідними до габаритів вимірюваної деталі.

Критерій 7. Обрання між інтуїтивним програмним забезпеченням (ІПЗ) та традиційним програмним забезпеченням (ТПЗ).

Цей вибір є принциповим, оскільки 3D вимірювання побудовані на складних багатофакторних математичних обчисленнях, які можуть сут-

тево ускладнювати використання 3D КВМ. Традиційні ПЗ для КВМ мають доволі складний, не завжди очевидний шлях використання, що передбачає підвищені вимоги до оператора.

#### Критерій 8. Ціна.

Замовник завжди має лімітну ціну у межах якої передбачено придбати необхідну КВМ. З метою порівняння усіх конкурентних цінових пропозицій для заповнення вибору КВМ використовують безрозмірні поділи:

- поділи мають знак «+» у випадку, коли лімітна ціна замовника вища ніж ціна конкурентної пропозиції;
- поділи мають знак «-» у випадку, коли лімітна ціна замовника менша ніж ціна конкурентної пропозиції.

#### Критерій 9. Витрати на поточне обслуговування 3D КВМ.

Щорічні консультації, сервіс, модернізація, планове та позапланове калібрування згідно з ISO 17025 протягом усього терміну використання КВМ (10–20 років) можуть наближатися до ціни «R» за КВМ. Доцільно встановити ліміти витрат на поточне обслуговування та бажано отримати від постачальників 3D КВМ конкурентні пропозиції стосовно вартості очікуваних витрат.

Критерій 10. Маса, габаритні розміри, вимоги до електромережі та стиснутого повітря тощо.

Замовник може врахувати їх або й інші показники відповідно до умов використання 3D КВМ.

Таким чином можливо зробити висновок, що метрологічний контроль є кінцевою виробничою операцією, тому якісні 3D вимірювання зменшують собівартість виробництва та підвищують конкурентоспроможність продукції, що особливо важливо в умовах військового стану та світової кризи.

### **Література**

1. Закон України № 1314-VII від 5 червня 2014 року «Про метрологію та метрологічну діяльність». – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18>
2. Каталог координатно-вимірювальних машин ABERLINC (Великобританія). – <https://www.aberlink.com/products/coordinate-measuring-machines>
3. Методика калібрування координатно-вимірювальних машин всіх типів ННЦ «Інститут метрології». – <http://www.metrology.kharkov.ua>
4. Методика калібрування координатно-вимірювальних машин ABERLINC (Великобританія). – [https://microtechua.com/index.php?id\\_product=9243&controller=product&id\\_lang](https://microtechua.com/index.php?id_product=9243&controller=product&id_lang)