

ПОКРАЩЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНИМИ МАШИНАМИ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ

Гібридна обробка виробів використовується на ремонтних виробництвах разом з новими сучасними засоби, які використовують різучі інструменти та засоби вимірювальної техніки [1]. Багато параметрів при сучасному ремонті виробів здійснюється координатно-вимірювальними машинами (КВМ) з врахуванням координат як в площині так і в просторі для визначення або контролю окремих геометричних величин. Застосування в сфері залізничного транспорту координатного способу представлення полігону з розташованими на ньому стаціонарних об'єктів контролю та рухомих одиниць [2] досліджується о багатьох роботах галузі. Наведена публікація висвітлює метод де контролюється положення рухомих одиниць в лінійному вимірі та розраховується безпечний інтервал попутного слідування. Оприлюднений координатний метод покращить якість експлуатації залізничного транспорту. Однак інший погляд на якість інформаційно-вимірювальних систем на залізничному транспорті розглядається в роботі [3]. Проведення випробувань комплексів технічних засобів керування на прикладі ремонтного виробництва виробів з електронними компонентами аналізуються в роботі [4] з підсиленням уваги на якість методик аналізу розрахунку надійності та безпечності апаратної реалізації виробів проаналізовано в праці [5] і доведено вплив апаратних та програмних компонентів продукції від мікроконтролерних елементів до застосунків верхнього рівня [6]. Перегляд методик нормування розрахунку надійності електронних компонентів автоматики [7] підвищує якість ремонтного виробництва та створення нової продукції. Однак враховуючи сучасні можливості покращення вимірювання геометричних величин координатно-вимірювальними машинами, описані в роботі [8], слід розвивати покращення за рахунок модернізації програмного забезпечення.

Ця робота пов'язана із вирішенням питання зменшення метрологічної невизначеності в координатно-вимірювальних машинах з підвищенням точності вимірювань та контролю геометричних величин ремонтних робіт.

В роботі [9], авторами встановлюється та визначаються терміни «невизначеність вимірювання». Для підвищення точності вимірювань, зокрема розмірів, що мають критичне значення, при використанні координатно-вимірювальних машин важливим є зниження рівня невизначеності. Під невизначеністю вимірювання розуміють параметр, який описує діапазон можливих значень, що можуть бути обґрунтовано віднесені до результату вимірювання

Відповідне оцінювання ступеню невизначеності, зокрема, одного з типів невизначеності, доцільно проводити шляхом статистичного аналізу результатів повторних вимірювань за формулою:

$$U_A(x) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{сеп}})^2}$$

де i – порядковий номер конкретного результату з переліку повторних вимірювань, n – кількість результатів повторних вимірювань.

Таким чином, є доцільним розробляти програму вимірювань для КВМ з урахуванням певної кількості повторних вимірювань важливих розмірів. Також необхідно мати відповідну програму статистичного аналізу результатів повторних вимірювань. Ця програма може бути додана до програмного забезпечення КВМ, якщо це є технічно можливим, або бути такою, що виконується на зовнішньому комп'ютері.

Настанова з вираження невизначеності вимірювання чітко демонструє залежність вимірювань від алгоритму та особливо від вхідних параметрів алгоритму та програмного забезпечення яке при модернізації доцільно удосконалити і, як наслідок, таким способом удосконалити метрологічне забезпечення й підвищити точність вимірювань КВМ.

При зазначеній модернізації будуть зменшені похибки та підвищені окремі параметри експлуатації програмного забезпечення. Однак слід визнати доцільним проведення більш ретельних, комплексних та ґрунтовних досліджень з зазначених проблемоутворюючих протиріч для встановлення норм (числових значень) оптимального розширення даних та удосконалення алгоритму і програмного забезпечення для КВМ.

Таким чином, удосконалення алгоритмів, вхідних даних та модернізованого програмного забезпечення за зазначеними методами має дозволити підвищення точності вимірювань і зменшення невизначеності вимірювань. Зменшення невизначеності вимірювань за рахунок оптимізації алгоритмів може стати рушієм для створення цілої низки класифікацій випадків та застосунків які дають можливість в певних випадках проведення вимірювань підвищувати та/або зменшувати кількість вимірів з метою оптимізації процесу вимірювання як за крите-

рієм якості/точності так і за критерієм швидкості/економічності. Саме таке створення «динамічної норми» дозволить оптимізувати вимірювання KBM та підвищити ефективність ремонтну, відновлювальних робіт з виробами як загального так і транспортного призначення.

Література

1. Salenko, O., Klymenko, S., Orel, V., Kholodny, V., Gavrushkevich, N. Using the functional approach in the development of hybrid processes in engineering: theoretical base / O. Salenko, S. Klymenko, V. Orel, V. Kholodny, N. Gavrushkevich // *Mechanics and Advanced Technologies*. – 2022. – Vol. 6, № 1. – P. 41–55.
2. Modeling of vehicle movement in computer information-control systems / V. Moiseenko, O. Golovko, V. Butenko, K. Trubchaninova // *Radioelectronic and Computer Systems*. – 2022. – № 1(101). – P. 36–49.
3. Якість інформаційно-вимірювальних систем на залізничному транспорті України // *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. – Харків : УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 99. – С. 151–155.
4. Мойсеєнко, В. І., Бутенко, В. М., Головко, О. В., Чуб, С. Г. Проблеми випробувань комплексів технічних засобів керування та регулювання руху поїздів / В. І. Мойсеєнко, В. М. Бутенко, О. В. Головко, С. Г. Чуб // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 31–38.
5. Бутенко, В. М., Головко, О. В., Чуб, С. Г. Аналіз методик розрахунку надійності систем залізничної автоматики з електронними компонентами / В. М. Бутенко, О. В. Головко, С. Г. Чуб // *Зб. наук. праць УкрДУЗТ*. – Харків : УкрДУЗТ, 2023. – № 204. – С. 115–124.
6. Мойсеєнко, В. І., Бутенко, В. М., Соколов, А. К., Яранцев, В. Розробка мобільного додатку подорожувальника / В. І. Мойсеєнко, В. М. Бутенко, А. К. Соколов, В. Яранцев // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. – 2024. – № 2. – С. 18–24.
7. Бутенко, В. М. Перегляд методик нормування розрахунку надійності електронних компонентів автоматики / В. М. Бутенко // *Якість, стандартизація, контроль : теорія та практика : матеріали 24-ї Міжнародної наук.-практ. конф., 24–26 вересня 2024 р.* – Київ : АТМ України, 2024. – С. 32–34.
8. Бутенко, В. М., Чуб, С. Г. Сучасна можливість покращення вимірювання геометричних величин координатно-вимірювальними машинами / В. М. Бутенко, С. Г. Чуб // *Сучасні питання виробництва та ремонту в промисловості та на транспорті : матеріали Міжнародного*

наук.-техн. семінару, 25–26 березня 2025 р. – Київ : АТМ України ; Житомир : ПП "Рута", 2025. – С. 18–20.

9. ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2009. Невизначеність вимірювання. Ч. 3. Настанова з вираження неvizначеності вимірювання (GUM:1995). – Київ : Держспоживстандарт України, 2010. – 110 с.

Вислоух С.П., Волошко О.В., Юрковець В.І.
Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ

МОДЕЛЮВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОЄДНАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Складання циліндричних з'єднань у приладобудуванні складає близько 40% усіх складальних операцій, при цьому автоматизація цього процесу залишається актуальною і для підвищення її ефективності все більше застосовуються роботизовані системи, в основі роботи яких закладено математичне моделювання процесу поєднання [1].

Більш ніж 80% робіт розглядають вертикальний процес складання для схем типу «вал-втулка», де вал закріплений в хваті маніпулятора і центрується відносно базової деталі (втулка). Відповідно для підвищення ефективності автоматизованого складання, доцільно застосовувати і схему поєднання «втулка-вал». Відповідно, якість і надійність процесу автоматизованого складання залежить не тільки від механічних переміщень деталей відносно один одного, але й від схеми складання.

Для підвищення ефективності автоматизованого складання циліндричних деталей широко застосовують роботизовані системи, що керують процесом складання для різних схем складання за допомогою комп'ютерних програм, розрахованих на основі реального експеримента, або на основі математичного моделювання процесу поєднання.

Для вертикальних схем складання актуальною проблемою залишається зменшення сил взаємодії в точках контакту між деталями, які значно збільшуються при зменшенні кута між осями.

В роботах [2], [3] представлено математичну модель поєднання деталей із застосуванням вібраційного пристрою, що задає базовій деталі коливальні рухи. Приведені розрахунки визначають центр мас приєднувальної деталі (вала) відносно віброуючої базової деталі (втулки), що є недостатнім для визначення орієнтації і сил взаємодії деталей.