

# **MODERN RESEARCH: TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND INNOVATION TECHNOLOGIES**



**II INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL  
CONFERENCE FOR APPLICANTS FOR HIGHER EDUCATION,  
OF EDUCATIONAL AND SCIENTISTS 29-30 November 2023**

**Volume 2**

**KYIV 2023**

**Proceedings of II International scientific and practical conference for applicants for higher education, of educational and scientists " MODERN RESEARCH: TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND INNOVATION TECHNOLOGIES" 29-30 November 2023 Kyiv city, UKRAINE**

**Volume 2**

The conference is held with the support of the Ministry of Education and Science of Ukraine and is registered with the State Scientific Institution “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Information (№ 396, October 9, 2023)”

**ORGANIZERS**

1. Ministry of Education and Science of Ukraine.
2. Kyiv Institute of Railway Transport of the State University of Infrastructure and Technologies, Ukraine.
3. Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine.
4. University of Žilina, Country Slovak Republic.
5. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Faculty of Technical Sciences, Poland.
6. Technical University of Koszalin, Koszalin, Poland
7. Tafila Technical University, Jordan.
8. The Institute of Power Engineering, Moldova.

The collection of conference materials is a scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, candidates and Doctors of Science, scientists and practitioners from Ukraine, Europe and other countries. Articles contain research of modern innovative processes in science. The collection is intended for approbation of scientific research by bachelors, masters, graduate students, doctoral students, teachers and scientific researchers, as well as to expand the scientific horizons of researchers from relevant fields of knowledge and inform a wide range of scientists and practitioners about the existing modern problems in various fields.

**The materials are presented in the author's edition**

**The conference was held by the Kyiv Institute of Railway Transport of the State University of Infrastructure and Technology (Ukraine)**

# МАТЕРІАЛИ

## II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців «СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ» 29-30 листопада 2023 р., м.Київ

### Частина 2

*Конференція проведена при підтримці Міністерства освіти і науки України та зареєстрована в ДУ «Український інститут науково-технічної інформації» (УкрІНТЕІ) за № 396 від 09.10.2023р.*

**Сучасні дослідження: транспортна інфраструктура та інноваційні технології:** Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців 29-30 листопада 2023р. м. Київ, вид-во: Київський інститут залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, реєстр. УкрІНТЕІ №396 від 09.10.2023, 2023. Ч.2. 379с.

#### **Голова оргкомітету конференції:**

Губаревич О.В. – к.т.н., доцент кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

#### **Відповідальний секретар конференції:**

Муравйов В.М. – к.ф.-м.н., доцент кафедри «Системи штучного інтелекту та телекомунікаційні технології» Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

До електронного збірника увійшли матеріали доповідей, поданих до II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців «СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ», яка організована Київським інститутом залізничного транспорту Державного університету інфраструктури при підтримці Міністерства освіти і науки України.

Електронне наукове видання призначено для апробації наукових досліджень бакалаврів, магістрів, аспірантів, докторантів, викладачів та наукових співробітників, а також для розширення наукового кругозору дослідників транспортної галузі та суміжних сучасних галузей знань, інформування широкого кола вчених та практиків щодо існуючих сучасних проблем у галузі та розвитку міжнародної співпраці.

*Матеріали подано в авторській редакції*

© КІЗТ Державний університет інфраструктури та технологій, 2023

<i>Демченко Д.С., Кульбовський І.І.</i> МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ METROLOGICAL SUPPORT OF INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS.....	355
<i>Калюжний О.Б., Дворічанський В.Ю.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВОДИ В ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ ЗА ДОПОМОГОЮ ОПТИКОМІКРОСКОПІЧНОГО МЕТОДУ DETERMINATION OF WATER CONTENT IN DIESEL FUEL USING OPTICAL MICROSCOPIC METHOD.....	358
<i>Пашко Б.Г., Смолянінов В.Г.</i> ВИМІРЮВАЛЬНИЙ МАГНІТОРЕЗИСТИВНИЙ ЕЛЕМЕНТ MEASURING MAGNITORESISTIVE ELEMENT.....	362
<i>Роценко О.В., Волошина Л.В.</i> ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ВИСОКОЇ ПРЕЦИЗІЇ INCREASING THE ACCURACY OF MEASUREMENTS USING HIGH PRECISION COMPUTER TOOLS.....	364
<i>Сергєєв Д.М., Комарова Г.Л.</i> КРИТЕРІЇ ОБРАННЯ ПРЕЦЕЗІЙНОЇ КООРДИНАТНО- ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ SELECTION CRITERIA COORDINATE-MEASURING MACHINE.....	367
<i>Яцуміра А.А., Морнева М.О.</i> ЩОДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ABOUT METROLOGICAL SUPPORT.....	372
<i>Matsiuk V.I., Dudnyk Yu.P., Zaika D.O.</i> TECHNOLOGICAL FAULT TOLERANCE OF RAILWAY TRANSPORT SYSTEMS.....	375

використання прецизійного комп'ютерного інструмента відкривають нові можливості в області вимірювань і оптимізації виробництва. Так як цей інструмент має такі переваги: висока точність вимірювань; універсальність; адаптація до індустрії 4.0; скорочення часу на виміри; можливість корекції вимірювальних параметрів; простота використання та зменшення витрат на закупівлю інструменту.

Отже, використання прецизійного комп'ютерного інструменту для підвищення точності вимірів є доцільним та актуальним, тому що це забезпечить виготовлення високоточної та якісної продукції.

### Л і т е р а т у р а

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. Клименко Л.П. «Метрологія, стандартизація та управління якістю/Штангенінструменти» Миколаїв: Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2011. 243с.
3. Штангенциркуль комп'ютерний US№10184772. <https://patents.google.com/patent/US10184772B2/en?q=US№10184772>
4. Проект "Промисловість 4.0". Революція на промислових підприємствах [Електронний ресурс]. Кабельний світ. 2015. Випуск 01. Режим доступу: [http://content.lappgroup.com/fileadmin/DAM/Lapp\\_Ukraine/Kabelniy\\_myr/UA\\_Kabelwelt\\_01\\_/2015\\_small.pdf](http://content.lappgroup.com/fileadmin/DAM/Lapp_Ukraine/Kabelniy_myr/UA_Kabelwelt_01_/2015_small.pdf).

## КРИТЕРІЇ ОБРАННЯ ПРЕЦИЗІЙНОЇ КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ

*Сергєєв Д.М.* – магістр, [sergeev@microtech.tools](mailto:sergeev@microtech.tools)  
*Комарова Г.Л.* – к.т.н., доцент., [komarova@kart.edu.ua](mailto:komarova@kart.edu.ua)  
Український державний університет залізничного транспорту.  
Україна, м. Харків

## SELECTION CRITERIA COORDINATE-MEASURING MACHINE

*Serhieiev D.M.* – master, [sergeev@microtech.tools](mailto:sergeev@microtech.tools)  
*Komarova G.L.* – Ph.D (Tech.), [komarova@kart.edu.ua](mailto:komarova@kart.edu.ua)  
Ukrainian State University of Railway Transport  
Ukraine, Kharkiv

**Abstract.** *The article describes and analyzes the technical characteristics when choosing a coordinate measuring machine for measuring precision parts in modern production. 10 main criteria for choosing a coordinate measuring machine are considered, which will reduce the risks when choosing a coordinate measuring machine by the customer, technical specialists.*

*The analysis of 10 main criteria gives an understanding that the introduction of new technological solutions for measuring precision parts of the body by the contact method can help in choosing a more suitable coordinate measuring machine for setting tasks for precise measurements.*

**Keywords:** *Coordinate measuring machine, 3D measurements, measurement accuracy, selection criteria, modern production.*

**Актуальність дослідження** зумовлена доцільністю використання унікальних порталних 3D координатно-вимірювальних машин (далі – 3D КВМ) для вимірювання прецизійних деталей (рис.).



*Рисунок – Портальна 3D координатно-вимірювальна машина*

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 за кооперацією.

Для 3D вимірювань прецизійних корпусних деталей сьогодні найбільш доцільно обрати контактні 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.

**Метою роботи** є ознайомлення з покроковим алгоритмом обрання 3D КВМ згідно 10 ти основних критеріїв, що буде корисним для: інвесторів та керівників підприємств,; фахівцям підприємств, студентам та викладачам за спеціальністю інформаційно-вимірювальні технології. Також розглянуто та визначено 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.

Бажано створити метрологічні резерви 3D вимірювань за трьома координатами для всіх конкурентних варіантів КВМ (X, Y, Z) на випадок наступних вимірювань більш габаритних деталей. Необґрунтоване збільшення об'єму робочої зони вимірювань ускладнює процес, посилює похибку та стрімко збільшує собівартість 3D вимірювань.

Показники переміщень X, Y та Z розглядаються як три окремі головні критерії, поміж яких найважливішим показником є вертикальна вісь Z (положення вертикальної вимірювальної колони КВМ найбільшою мірою обмежує можливості вимірювань габаритних деталей) та поздовжнє переміщення за віссю X, обмежене порталною конструкцією КВМ. Поперечна вісь Y найменш важлива, оскільки є можливість незначного консольного розміщення вимірюваної деталі за межами робочого столу.

#### **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. Для кількісного порівняння ручного або автоматичного переміщення 3D КВМ використовується підхід, коли автоматичне переміщення кодується як «1», а ручне переміщення кодується як «0».

#### **Критерій 4.** Основна похибка КВМ.

Очікувану паспортну похибку КВМ доцільно призначати у 2,5-3 рази меншою ніж відповідні допуски вимірюваних деталей. Зазвичай паспортні похибки КВМ мають вигляд лінійної функції:

$$G_i = g_i + L_i/k_i,$$

де:

аргумент  $L_i$  відповідає максимальній довжині вимірюваної зони (довжині просторової діагоналі паралелепіпеда  $X Y Z$ );

початкову похибку  $g_i$  та коефіцієнт  $k_i$  визначають за каталогами виробників КВМ.

Похибки від замовника  $G_o$  та похибки  $G_i$  за формулами похибок із конкурентних пропозицій КВМ мають бути узгоджені за єдиних умов порівняння.

Виробники пропонують кілька рівнів прецизійності для КВМ, похибка яких відрізняється поміж собою на 20–50% через використання спеціальних вимірювальних головок та датчиків, спеціальних шкал із меншою дискретністю 3D відліку.

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.

Замовник самостійно визначає бажане навантаження  $Q_o$  для утримання вимірюваної деталі. В особливих випадках 3D вимірювань важких деталей (масою 500–6000 кг) виробники 3D КВМ використовують спеціальні столи з посиленням опором і з паспортним навантаженням  $Q_i$ .

Для вимірювання надважких габаритних деталей доцільно використовувати унікальні порталні КВМ зі встановленням великогабаритної деталі безпосередньо на підлогу.

**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 суттєво ускладнювати використання 3D КВМ. Традиційні ПЗ для КВМ мають доволі



складний, не завжди очевидний шлях використання, що передбачає підвищені вимоги до оператора.

Вимоги до користувача традиційного програмного забезпечення: обов'язкова висока початкова кваліфікація оператора початкове навчання оператора протягом 4–8 тижнів для використання складного ТПЗ виключно платні поточні оновлення ТПЗ та додаткове навчання оператора у разі підвищеної складності оновлень висока кваліфікація та лояльність оператора КВМ (від цього залежить ефективність 3D вимірювань).

Слід також врахувати складність, великі прямі витрати у разі заміни штатного оператора, організації другої зміни 3D вимірювань, у випадку звільнення (з додатковими прямими витратами на навчання).

Новітні інтуїтивні ПЗ для КВМ (усі моделі англійських КВМ Aberlink та одна цехова модель італійської КВМ Dea) дають змогу за 2–3 робочі дні навчитися використання та програмування для повноцінних 3D вимірювань навіть з початковим рівнем знань.

Прикладом ПЗ є смартфони, які не потребують спеціальних навичок та навчання, тому доступні навіть для п'ятирічних дітей.

#### **Критерій 8. Ціна.**

Замовник завжди має лімітну ціну  $R_0$ , у межах якої передбачено придбати необхідну КВМ. З метою порівняння усіх конкурентних цінових пропозицій  $R_i$  для заповнення вибору КВМ використовують безрозмірні поділи  $(R_0 - R_i)/R_0$ :

- поділи мають знак «+» у випадку, коли лімітна ціна замовника  $R_0$  вища ніж ціна конкурентної пропозиції  $R_i$ ;

- поділи мають знак «-» у випадку, коли лімітна ціна замовника  $R_0$  менша ніж ціна конкурентної пропозиції  $R_i$ .

#### **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 наблизитися до ціни «R» за КВМ. Доцільно встановити ліміти витрат на поточне обслуговування ( $r_0$ ) та бажано отримати від постачальників 3D КВМ конкурентні пропозиції стосовно вартості очікуваних витрат ( $r_i$ ).

**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.

**Висновок.** 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.

## Л і т е р а т у р а

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)

## ЩОДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*Яцуміра А.А.* – магістр, [mvt-22dm-915@snu.edu.ua](mailto:mvt-22dm-915@snu.edu.ua)  
*Морнева М.О.* – к.т.н., доц., [morneva@snu.edu.ua](mailto:morneva@snu.edu.ua)  
Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля  
Україна, м. Київ

## ABOUT METROLOGICAL SUPPORT

*Yatsumira A.A.* – master, [mvt-22dm-915@snu.edu.ua](mailto:mvt-22dm-915@snu.edu.ua)  
*Morneva M.O.* – Candidate of Technical Sciences, Ass. Prof., [morneva@snu.edu.ua](mailto:morneva@snu.edu.ua)  
Volodymyr Dahl Eastern Ukrainian National University  
Ukraine, Kyiv

**Abstract.** *The paper analyzes general information about the organization of metrological support. Metrological support in health care facilities is inextricably linked with the quality of measurement indicators through the use of appropriate measuring equipment. Widespread use of measuring equipment in medicine has led to the emergence of a new field of instrument construction - medical instrument construction, and the specifics of medical measurements prompted the emergence of a new direction in metrology - medical metrology.*

**Keywords:** *regulatory document, metrology, service, standard, competition, quality control.*

**Актуальність дослідження** базується на тому, що в Україні практично відсутня практика метрологічного забезпечення в закладах охорони здоров'я.

**Метою роботи** є проведення оглядового аналізу питання метрологічного забезпечення.

Метрологічне забезпечення в закладах охорони здоров'я нерозривно пов'язане з якістю показників вимірювань шляхом використання відповідних засобів вимірювальної техніки.

Широке розповсюдження засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) в медицині призвело до виникнення нової галузі приладобудування - медичного