



Всеукраїнська громадська організація
Асоціація технологів-машинобудівників України
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля
НАН України
ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК»
ТОВ «НПП РЕММАШ»

Український державний університет залізничного транспорту
Суспільство інженерів-механіків Національного технічного
університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ПАТ «Ільницький завод МЗО»
Машинобудівний факультет Белградського університету

ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ ТА РЕНОВАЦІЯ ВИРОБІВ

**Матеріали 25-ї Міжнародної
науково-технічної конференції**

10–12 червня 2025 р.

Київ – 2025

Житомир –  – 2025

Інженерія поверхні та реновація виробів: Матеріали 25-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 10–12 червня 2025 р.
– Київ: АТМ України, 2025. – 116 с.

ISBN 978-617-581-674-5

Наукові напрямки конференції

- Наукові основи інженерії поверхні:
 - матеріалознавство
 - фізико-хімічна механіка матеріалів
 - фізико-хімія контактної взаємодії
 - зносо- та корозійна стійкість, міцність поверхневого шару
 - функціональні покриття поверхні
 - технологічне управління якістю деталей машин
 - питання трибології в машинобудуванні
- Технологія ремонту машин, відновлення і зміцнення деталей
- Впровадження стандартів ДСТУ ISO 9001 у промисловості, вищих навчальних закладах, медичних установах і органах державної влади
- Метрологічне забезпечення ремонтного виробництва
- Екологія ремонтно-відновлювальних робіт

Матеріали представлені в авторській редакції

УДК 658.516

ISBN 978-617-581-674-5

© АТМ України, 2025

© ПП «Рута», 2025

«Харків. політехн. ін-т». – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – № 2 (6) 2022. – С. 110–116. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2022.2(6).15

2. M. W. Adbullah, H Roth. M. Weyrich and J. Wahrburg. / An approach for peg-in-hole assembling using intuitive search algorithm on human behavior and carried by sensors guided industrial robot, IFAC-PapersOnLine 48(3), 1476-1481 (2015)

3. K. Van Wyk, M. Culleton, J. Falco and K. Kelly. Comparative peg-in-hole testing of a force-based manipulator control robotic hand, IEEE Transactions on Robotics 34(2), 542-549 (2018)

4. L.B. Chernyakhovskaya, D. A. Simakov, Peg-in-Hole. Fundamental Principles of a Peg Learning on a Horizontal Hole Edge, Advances in Science and Technology Research Journal (ASTRL), Adv. Sci. Technol. Res. J. 2017; 11(4).

Волошина Л.В., Роценко О.В., Шупіло Р.Г.
Український державний університет
залізничного транспорту, Харків

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АДАПТИВНОЇ МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ ЛІНІЙНО-КУТОВИХ ЗАСОБІВ З УРАХУВАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Актуальність калібрування лінійно-кутових засобів – зокрема косинців, кутників, шаблонів – стрімко зростає через високі вимоги до точності в сучасному приладобудуванні, машинобудуванні, 3D-вимірюваннях та контролі монтажних площин [1, 2]. Сьогоднішні підходи до калібрування, базовані на ручному або оптико-візуальному методі, не відповідають вимогам цифрової простежуваності, автоматизованої обробки результатів та прогнозованої невизначеності [3, 4]. Це потребує переходу до адаптивних методик, які інтегрують цифрові інформаційно-вимірювальні технології (ІВТ).

Класична процедура калібрування лінійно-кутового інструменту передбачає порівняння зазору або оптичного ефекту на стику поверхонь з еталоном, із наступним ручним розрахунком відхилення:

$$\Delta\theta = \arctan(L/h) \approx L/h, \quad (1)$$

де $\Delta\theta$ – кутова похибка, h – зазор, L – довжина робочої поверхні. Цей підхід обмежений суб'єктивністю зчитування, нестабільністю контакту й неможливістю статистичної верифікації результатів [1].

Адаптивна методика калібрування передбачає використання цифрових інклінометрів, поворотних енкдерів, триангуляційних лазерних датчиків і платформ з автоматичним позиціюванням [2]. Процес калібрування інтегрується у цифрову платформу лабораторії з підтримкою бази еталонів, схем коригування, шаблонів поправок та автоматичним обчисленням невизначеності. Ця методика дозволяє створити більш гнучкий процес калібрування, що автоматично адаптується до:

- номінального кута інструменту (30°, 45°, 60°, 90°, тощо),
- геометрії деталі (внутрішня/зовнішня),
- класу точності (1, 2, 3),
- довжини робочої поверхні (від 50 мм до 1000 мм),
- типу поверхні (сталь, кераміка, композити).

Адаптивність методики реалізується через вбудований алгоритм вибору кількості точок вимірювання, режиму стабілізації та типу коригування. Похибка розраховується за розширеною моделлю:

$$\Delta\theta_{\text{заг}} = \theta_{\text{енкодер}} + \Delta_{\text{платформа}} + \Delta_{\text{нахил}} + \epsilon, \quad (2)$$

де $\Delta\theta_{\text{заг}}$ – загальна кутова похибка, $\theta_{\text{енкодер}}$ – виміряне значення кута, $\Delta_{\text{платформа}}$ – похибка платформи або вимірювального пристрою, $\Delta_{\text{нахил}}$ – додаткова похибка, спричинена нахилом або перекосом інструменту, ϵ – випадкова похибка,

Невизначеність результату обчислюється відповідно до GUM [4]:

$$u_c = \sqrt{u_{\text{еталон}}^2 + u_{\text{позиціювання}}^2 + u_{\text{датчик}}^2 + u_{\text{повторюваність}}^2}. \quad (3)$$

Завдяки інтеграції з LIMS/CAQ-системою (LIMS – цифрова лабораторія, CAQ – цифровий відділ якості), усі вимірювання автоматично зберігаються з цифровим підписом, фіксацією часу, ID приладу та оператора, а також параметрами навколишнього середовища.

У результаті така методика дозволяє: знизити суб'єктивну складову похибки; підвищити повторюваність; виконувати аналіз трендів відхилення та статистичне прогнозування калібрувального інтервалу; створити електронний архів результатів із повною цифровою трасованістю.

Отже, адаптивна методика не лише забезпечує відповідність міжнародним стандартам (ISO 1101, ISO 17025, GUM), а й створює базу для переходу до розумного калібрування в умовах цифрової метрології [3–5].

Література

1. Сидоренко, В. А. Основи метрології та вимірювань : підручник / В. А. Сидоренко. – 2-ге вид. – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – 312 с.

2. Pritchard, J. Modern Dimensional Metrology / J. Pritchard. – London : Springer, 2020. – 198 p. DOI: 10.1007/978-3-030-46780-4.
3. ДСТУ ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. – [Чинний]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 42 с.
4. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM) : міжнародний документ JCGM 100:2008. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bipm.org/en/publications/guides/>.
5. ISO 1101:2017. Geometrical Product Specifications (GPS) – Geometrical tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run-out. – Geneva : ISO, 2017. – 36 p.

Гнатенко І.О., Андреев І.В. Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, Київ

ВПЛИВ ЗВ'ЯЗУЮЧОГО МЕТАЛУ НА ВЛАСТИВОСТІ ВОЛЬФРАМОВИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ

Тверді сплави мають широке промислове застосування. Тип зв'язуючого металу є одним з ключових факторів, що визначають властивості твердих сплавів на основі карбіду вольфраму (WC). Зв'язуючий метал (матриця) надає сплаву необхідну в'язкість, міцність і стійкість до різних видів зносу та деформації. Основними зв'язуючими металами, що використовуються в твердих сплавах на основі WC, є кобальт (Co), нікель (Ni), залізо (Fe) та сплави на їх основі.

Вольфрамокобальтові тверді сплави є одним із найбільш широко використовуваних інструментальних матеріалів у багатьох галузях промисловості. Як альтернативу дорогому Co часто застосовують Ni.

В порівнянні з вольфрамокобальтовими твердими сплавами, сплави WC-Ni мають дещо нижчі механічні властивості, разом з тим мають вищу (в 4 рази) корозійну стійкість [1]. В [2] наводяться дані, що твердість Co ~ на 30% вище твердості Ni (для Co – HV = 8,7 GPa; для Ni – HV = 6 GPa). Ряд дослідників, окрім чистого Ni, прагнучи підвищити механічні властивості застосовують легування добавками карбідів, які затримують ріст частинок WC. Також в літературі наводяться дані, що зв'язка яка містить комбінований склад (80% Co, 20% Ni) в середньозернистому сплаві WC-10% Me не впливає на його твердість, при цьому міцність та

ЗМІСТ

<i>Аврамчук С.К., Волкогон В.М., Кравчук А.В.</i> СУЧАСНА МЕТОДОЛОГІЯ ТА НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА	3
<i>Балицька Н.О.</i> ЗМОЧУВАНІСТЬ ФРЕЗЕРОВАНИХ ПОВЕРХОНЬ СПЛАВУ NiTi	5
<i>Бурикін В.В., Мановицький О.С.</i> ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОТВОРІВ У ВИРОБАХ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	6
<i>Бутенко В.М., Чуб С.Г.</i> ПОКРАЩЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНИМИ МАШИНАМИ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ	9
<i>Вислоух С.П., Волошко О.В., Юрковець В.І.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОЄДНАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ	12
<i>Волошина Л.В., Роценко О.В., Шипіло Р.Г.</i> РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АДАПТИВНОЇ МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ ЛІНІЙНО-КУТОВИХ ЗАСОБІВ З УРАХУВАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	16
<i>Гнатенко І.О., Андреев І.В.</i> ВПЛИВ ЗВ'ЯЗУЮЧОГО МЕТАЛУ НА ВЛАСТИВОСТІ ВОЛЬФРАМОВИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ	18
<i>Даниленко Ю.А., Сарасва В.А.</i> ЯК ПРАЦЮВАТИМУТЬ ТК ЗА НОВИМИ ПРАВИЛАМИ: КЛЮЧОВІ ЗМІНИ У ДСТУ 1.14:2024	20
<i>Клименко С.А., Манохін А.С., Клименко С.А., Чумак А.О., Мельничук Ю.О., Копсикіна М.Ю., Найдено А.Г., Филипович А.С.</i> КОМПОЗИТИ ІЗ ПОРОШКІВ cBN З ПОКРИТТЯМ ДЛЯ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ	23
<i>Клименко С.А., Манохін А.С., Чумак А.О., Клименко С.А., Мельничук Ю.О., Zhang Hao, Stelmakh O.U.</i> ЗНОС ІНСТРУМЕНТУ З PcbN ПРИ ТОЧІННІ СТАЛЕЙ ВИСОКОЇ ТВЕРДОСТІ В УМОВАХ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ	25

<i>Клименко С.Ан., Чумак А.О., Манохін А.С., Клименко С.А., Рижов Ю.Е., Копейкіна М.Ю., Найдено А.Г.</i> ВПЛИВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ НА ОБРОБЛЮВАНІСТЬ ВИСОКОМІЦНИХ ЧАВУНІВ (ОГЛЯД)	28
<i>Комарова Г.Л., Хайнський Є.В., Лалазарова Н.О.</i> ІНЖЕНЕРІЯ ЯКОСТІ ОКСИДНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ВИРОБІВ В УМОВАХ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ	30
<i>Кузін О.А., Копилов В.І., Петренко В.В., Кузін М.О.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ДЕТАЛЕЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ І ЗВАРЮВАННІ	33
<i>Куць Н.Г., Добровольська Л.Н.</i> НАНОІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ НА ТРАНСПОРТІ	36
<i>Лавріненко В.І., Льницька Г.Д., Смоквина В.В., Логінова О.Б., Зайцева І.М., Тимошенко В.В., Діюк В.Є.</i> ОЦІНКА ПОВЕРХНЕВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОМІЦНИХ ШЛІФПОРОШКІВ АЛМАЗУ	38
<i>Лавріненко В.І., Скрябін В.В., Полторацький В.Г., Петасюк Г.А., Ситник Б.В., Солод В.Ю., Музичка В.А.</i> СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В НАПРЯМКУ ЗАСТОСУВАННЯ КАРБІДНИХ ПОКРИТТІВ НА АЛМАЗНИХ ЗЕРНАХ	41
<i>Лавріненко В.І., Смоквина В.В., Льницька Г.Д., Скрябін В.О., Бологов П.І., Кошкін О.М., Солод В.Ю., Проц Л.А.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АЛМАЗНОГО ІНСТРУМЕНТУ ШЛЯХОМ ЗМІНИ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛІФПОРОШКІВ АЛМАЗІВ АДГЕЗІЙНО-МАГНІТНИМ СОРТУВАННЯМ В РІДИНІ	45
<i>Ланкін Ю.М., Семікін В.Ф., Байштрुक Є.М., Романова І.Ю., Рибницька І.О., Страшко Р.В.</i> ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ З РЕГУЛЯТОРОМ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ/СТРУМУ	49
<i>Логінова Ю.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ УПРАВЛІННЯ РИЗИКІВ ДЛЯ ЯКОСТІ В ЗВАРЮВАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	50
<i>Лопата Л.А., Буйських К.П., Лопата О.В., Солових А.Є.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ КОМПОЗИЦІЙНИМИ ПОКРИТТЯМИ	54

<i>Лопата В.М., Качинська І.Р., Черновол М.І., Катеринич С.Є.</i> ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ГАЗОПОЛУМЕНЕВОГО НАПИЛЕННЯ СКЛОЕМАЛЕВИХ ПОКРИТТІВ	58
<i>Лупкін Б.В., Андреев О.В., Andrzej Dzierwa, Антонюк В.С., Вислоух С.П., Волошко О.В.</i> ОЦІНКА ОБРОБЛЮВАНOSTІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ МАРКИ AL-БОР В ПРОЦЕСІ РОЗРІЗАННЯ	62
<i>Олійник Н.О., Ільницька Г.Д., Петасюк Г.А., Базалій Г.А., Заболотний С.Д., Сизоненко О.М., Рудь В.Д., Циба М.М.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКУВАННЯ ПОРОШКІВ СИНТЕТИЧНОГО АЛМАЗУ СПОСОБОМ ІМПУЛЬСНОГО ОБРОБЛЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ РОЗРЯДАМИ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	67
<i>Петасюк Г.А., Петасюк О.У.</i> ОРИГІНАЛЬНЕ МЕТОДИЧНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СПРОЩЕНОЇ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ В ЗАДАЧАХ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА	69
<i>Посвятенко Н.І., Посвятенко Е.К., Будяк Р.В.</i> ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ КОМБІНОВАНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБКИ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ	72
<i>Рябченко С.В., Сільченко Я.Л., Федоренко В.Т.</i> ШЛІФУВАННЯ ЗАГАРТОВАНИХ СТАЛЕЙ АБРАЗИВНИМИ КРУГАМИ ІЗ ЗОЛЬ-ГЕЛІЄВОГО КОРУНДУ	75
<i>Salenko O.F., Kostenko A.O., Orel V.M., Habuzian H.V., Swook Hann</i> POST-TREATMENT AS A MEANS OF ENSURING FUNCTIONAL SURFACE PROPERTIES	77
<i>Сахнюк І.О., Федосєєва І.К., Тітова Г.М., Битков М.Х.</i> ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ В ЧАСТИНІ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ	82
<i>Сохань С.В., Сороченко В.Г., Возний В.В.</i> ЕФЕКТИВНИЙ ПРОЦЕС АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ КЕРАМІЧНИХ КУЛЬ ДІАМЕТРОМ ≤ 12 мм	87

<i>Сохань С.В., Сороченко В.Г., Возний В.В.</i> ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ДОВЕДЕННЯ КЕРАМІЧНИХ КУЛЬ	92
<i>Тимофєєва Л.А., Баглай О.П., Назаренко М.Р.</i> ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ЗВАРЮВАННІ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ	96
<i>Тимофєєва Л.А., Гарбуз О.С., Харченко Б.-А.О.</i> ЗАХИСТ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТИСКУ У ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	97
<i>Тимофєєв С.С., Волошин Д.І., Сергєєв О.В.</i> СУБМІКРОННІ МІКРОМЕТРИ У МЕТРОЛОГІЧНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ: ВИКЛИКИ, РІШЕННЯ ТА КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ВИМІРЮВАНЬ	99
<i>Томашевський О.О., Балицька Н.О.</i> СИЛИ І ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ ПРИ МІКРОФРЕЗЕРУВАННІ АУСТЕНІТНОГО ТА МАРТЕНСИТНОГО СПЛАВУ NiTi	102
<i>Хворостяний В.В., Долгов М.А., Бодунов В.Є., Цисар М.О., Немерцева Н.В.</i> ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ВИПРОБУВАНЬ В УМОВАХ ЗГИНУ З ПОДВІЙНИМ СПІВВІСНИМ КІЛЬЦЕМ ПЛОСКИХ ЗРАЗКІВ ФЛОАТ- СКЛА	104
<i>Цисар М.О., Псярнецька Т.О., Косенчук Т.О., Панасюк Т.С.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЦІ ПРУЖНОСТІ АЛМАЗІВ ТИПУ ІЬ ОКТАЕДРИЧНОГО ГАБІТУСУ, ЩО ВИКОРИСТОУВЮТЬСЯ У ЯКОСТІ РІЗУЧОГО ЕЛЕМЕНТУ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ	108

Навчальне видання

ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ ТА РЕНОВАЦІЯ ВИРОБІВ

Матеріали 25-ї Міжнародної науково-технічної конференції,
10–12 червня 2025 р., Київ

Мови конференції: українська, англійська

Комп'ютерна верстка: Копейкіна М.Ю.

Асоціація технологів-машинобудівників України
04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2

Підписано до друку 02.06.2025
Формат 60×84×1/16.
Ум. вид. арк. 7,25.



Віддруковано в ПП «Рута»
10014, Україна,
м. Житомир, вул. Мала Бердичівська, 17 а,
тел. 0679621687
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №3671 від 14.01.2010
E-mail: ruta-bond@ukr.net