

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
KHARKIV NATIONAL AUTOMOBILE AND HIGHWAY UNIVERSITY**

**Кафедра двигунів внутрішнього згоряння
Department of Internal Combustion Engines**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
III МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ
ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ»
11–12 березня 2026 року
(Посвідчення УкрІНТЕІ від 11 грудня 2025 р. № 973)**

**BOOK OF ABSTRACTS:
3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON
"ENERGY SYSTEMS AND ALTERNATIVE
ENERGY SOURCES" (ESAES – 2026)
March 11–12, 2026**



**Харків 2026
Kharkiv 2026**

УДК 620.9:621.43
3 41

*Рекомендовано до друку вченою радою автомобільного факультету
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету
(Протокол № 9/26 від 18 травня 2026 року)*

Редактори:
Д.М. Леонтєв, І.М. Нікітченко, В.А. Корогодський

Відібрані тези доповідей III міжнародної конференції «Енергетичні установки та альтернативні джерела енергії» 11–12 березня 2026 року м. Харків, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

3 41 Збірник тез доповідей міжнародної конференції "Енергетичні установки та альтернативні джерела енергії". 11–12 березня 2026 року / Редактори: Д.М. Леонтєв, І.М. Нікітченко, В.А. Корогодський. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2026. – 208 с.
ISBN 978-617-8587-56-7

У збірнику тез доповідей представлені матеріали III Міжнародної конференції, започаткованої кафедрою двигунів внутрішнього згоряння Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. Розглянуто актуальні науково-технічні, екологічні та економічні питання проектування, виробництва, дослідження й експлуатації енергетичних систем і машин.

Особливу увагу приділено розвитку енергетики, удосконаленню робочих процесів і конструкцій енергетичних установок, електричним та гібридним системам, альтернативним джерелам енергії, автоматизації, діагностиці, комп'ютерному моделюванню та електронним системам керування транспортних засобів. Також висвітлено питання енергозбереження, екологізації енергетики, енергетичного аудиту та менеджменту.

Матеріали збірника представляють інтерес для науковців, інженерно-технічних працівників, викладачів, студентів і аспірантів.

УДК 620.9:621.43

ISBN 978-617-8587-56-7

© Д.М. Леонтєв, І.М. Нікітченко,
В.А. Корогодський, 2026
© ХНАДУ, 2026

ЗМІСТ**Секція 1. ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ***Корогодський В. А., Макаренко М. Г., Калашник Є. А.*

Сучасні тенденції розвитку енергетики мобільних машин: перехід від двигунів внутрішнього згорання до гібридних систем енергопостачання 12

Латвинський В.Д.

Сучасні та перспективні джерела енергії для електромобілів 17

Natalia Smetankina

Developing an approach to improving energy efficiency with the use of electric motors.....21

Секція 2. РОБОЧІ ПРОЦЕСИ, ДИНАМІКА І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА МАШИН*Макаренко М.Г., Шевченко І.О., Щербінський І.О.*

Цифровий двійник і модельно-прогнозне керування робочим процесом дизельного ДВЗ у гібридних силових установках тракторів і автомобілів..... 23

*Макаренко М.Г., Корогодський В.А., Хомутов М.А., Стрижак Г.О.*Оптимізація паливної економічності та NO_x/PM у газодизельному ДВЗ FPT NEF 6.7 на нестационарних навантаженнях на основі системного моделювання..... 27*Шатохін В.М., Красніков С.В.*

Синтез параметрів муфти із попереднім натягом для обмеження крутильних коливань двовальних дизелів 32

Євсєєва Н.О., Тимошенко В.О., Сухонос Р.Ф.

Методика дослідження впливу динамічного наддуву на показники бензинового двигуна швидкісного мотоцикла 37

Нерубацький В.П.

Підвищення енергоефективності роботи тягових електродвигунів локомотивів на основі рекуперативного гальмування та інтеграції систем накопичення енергії 39

Нікітченко І.М., Трофіменко Д.О.

Дослідження взаємозв'язку між тепловими втратами та часом роботи пневмодвигуна із золотниковим механізмом газорозподілу..... 42

Мінчев Д.С., Кузьменко А.П., Пашков В.Г., Швидич В.А.

Особливості моделювання робочого процесу двигуна 6ЧН8,4/8,96 (BMW M54B30) online засобом Blitz-Pro..... 46

Авраменко А.М., Нікітченко І.М., Тесленко Е.В., Круговий А.О.

Спосіб роботи поршневого теплового двигуна 51

<i>Афонін В.М., Авраменко А.М., Кривда В.В., Колеснікова Т.М.</i> Розпилювач паливної форсунки дизельного двигуна	53
<i>Авраменко А.М., Воронков О.І., Філатова Г.Є., Яцкевич О.О., Воробйов Д.В.</i> Зниження температури відпрацьованих газів двигуна	55
<i>Корогодський В.А., Макаренко М.Г., Стрижак Г.О.</i> Аналіз впливу зміни ходу поршня на показники газообміну та ефективні показники двигуна 1Д 8,2/8,7	57
<i>Тарандушка Л.А., Шльончак І.А., Тарандушка І.П., Ключко Р.В.</i> Розробка алгоритму визначення пасажирських поїздок та кореспонденцій в умовах безготівкового розрахунку	62

Секція 3. КОНСТРУКЦІЯ МЕХАНІЗМІВ, МАШИН ТА КОНСТРУКЦІЙНИ МАТЕРІАЛИ

<i>Лалазарова Н.О, Литовка Д.Є., Афанасьєва О.В.</i> Підвищення експлуатаційних властивостей колінчастих валів з високоміцного чавуну	65
<i>Нерубацький В.П., Геворкян Е.С., Комарова Г.Л.</i> Метрологічне забезпечення контролю якості та аналіз фізико- механічних властивостей композитів ZrO_2-WC і ZrO_2-SiC для підвищення надійності тягових електродвигунів.....	67
<i>Нерубацький В.П., Геворкян Е.С., Комарова Г.Л., Волошина Л.В., Лобойко М.О.</i> Розроблення енергоефективних конструкційних матеріалів на основі наноструктурної кераміки $ZrO_2(3 \text{ мол.} \% Y_2O_3)-WC$ методом електроконсолідації для потреб промисловості.....	71

Секція 4. ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА, ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЕНЕРГОСИСТЕМ, ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

<i>Воропай О.В., Єгоров П.А., Карпенко В.О.</i> Забезпечення безперебійної роботи FDM 3D принтерів в умовах нестабільного централізованого енергопостачання.....	75
<i>Фурсова Т.М.</i> Формалізація завдань експлуатаційного забезпечення енергетичних установок електростанцій для оптимізації їх роботи.....	80

контактних напружень. В азотованому шарі виникають залишкові напруження стискання, величина яких на поверхні за літературними даними складає 600 – 700 МПа. Це підвищує границю витривалості на 30 – 40 % і переносе осередок втомного руйнування під азотований шар [2].

Висновки

Таким чином, комплексний підхід забезпечує високий рівень експлуатаційних властивостей колінчастого валу з високоміцного чавуну з кулястим графітом.

Література

1. **Волощенко С. М.** Створення наукових засад структуроутворення в чавуні для підвищення зносостійкості змінних деталей сільгосптехніки та транспорту : дис. ... д-ра техн. наук : 05.16.02. Київ, 2017. 236 с.
2. **Hasegawa T., Narita H.** A Study on Finished Surface Roughness of a Nitriding Spheroidal Graphite Cast Iron. *Proceedings of International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st century (LEM21)*. 2017. Vol. 9. 151. DOI: <https://doi.org/10.1299/jsmelem.2017.9.151>.

УДК 621.313:006.91

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА АНАЛІЗ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИТІВ ZrO_2-WC І ZrO_2-SiC ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Нерубацький Володимир Павлович, кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки,

Український державний університет залізничного транспорту,
e-mail: nerubatskyi@kart.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4309-601X

Геворкян Едвін Спартакович, доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інженерії вагонів та якості продукції,

Український державний університет залізничного транспорту,
e-mail: edsgev@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0521-3577

Комарова Анна Леонідівна, кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інженерії вагонів та якості продукції,

Український державний університет залізничного транспорту,
e-mail: komarova@kart.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8597-5891

Сучасні тенденції розвитку транспортного машинобудування характеризуються постійним зростанням вимог до ефективності, надійності та довговічності рухомого складу. У зв'язку з цим виникає необхідність впровадження інноваційних конструкційних матеріалів, які здатні витримувати складні

експлуатаційні умови та стабільно функціонувати навіть за наявності екстремальних механічних, термічних та динамічних навантажень. Особливо це стосується тягових електричних двигунів локомотивів, які є ключовими компонентами енергетичної системи залізничного транспорту. Надійність їх роботи безпосередньо впливає на ефективність перевезень, економічність експлуатації локомотивів та безпеку руху пасажирських і вантажних поїздів [1].

Найбільш уразливими вузлами у конструкції тягових двигунів є механізми тертя, підшипникові вузли, а також елементи передачі крутного моменту, які піддаються значним циклічним та абразивним навантаженням. Традиційні металеві сплави, що широко використовуються для виготовлення цих елементів, часто демонструють обмежену стійкість до зносу, корозії та втомних руйнувань, що зумовлює потребу у частому технічному обслуговуванні та заміні деталей. Це, у свою чергу, підвищує експлуатаційні витрати і знижує загальну надійність рухомого складу.

Сучасні наукові дослідження спрямовані на розробку та впровадження високотехнологічних композитних матеріалів, здатних значно підвищити експлуатаційні характеристики тягових електродвигунів. особливий інтерес представляють композити на основі діоксиду цирконію (ZrO_2), які мають високу твердість, зносостійкість та термостійкість, а також здатні витримувати великі механічні навантаження без суттєвої деградації властивостей. Використання таких матеріалів у критичних вузлах двигунів відкриває перспективи значного подовження терміну служби компонентів, зниження частоти ремонту та підвищення надійності експлуатації локомотива у цілому.

Унікальність ZrO_2 полягає в його здатності до трансформаційного зміцнення, що дозволяє матеріалу протидіяти поширенню магістральних тріщин [2–4]. Додавання тугоплавких карбідів, таких як карбід вольфраму (WC) та карбід кремнію (SiC), дає змогу поєднати в одному матеріалі високу твердість, хімічну інертність та виняткову в'язкість руйнування [5–7]. Реалізація таких властивостей вимагає не лише новітніх методів спікання, а й суворого метрологічного супроводу для забезпечення точності геометричних параметрів та стабільності фазового складу на нанорівні. Для розробки композитів високої щільності застосовується метод електроконсолідації [8, 9], який дозволяє контролювати кінетику ущільнення з високою точністю. Метрологічний контроль процесу базується на безперервному моніторингу температури та тиску, що мінімізує похибку при формуванні дрібнозернистої структури.

Ключовим показником надійності матеріалу є в'язкість руйнування (K_{1C}), яка визначає здатність вузла тягових електричних двигунів протистояти раптовому руйнуванню. Метрологічна оцінка цього параметра проводиться за методом ідентування (метод Палмквіста) з використанням розрахункової моделі Касвілла–Еванса:

$$K_{1C} = 0,016 \cdot (E/H)^{0,5} \cdot (P/c)^{1,5},$$

де E – модуль Юнга, ГПа; H – твердість за Віккерсом, ГПа; P – навантаження на індентор, Н; c – напівдовжина тріщини, що виходить з кута відбитка, м.

Дослідження показують, що оптимальний вміст ZrO_2 у твёрдосплавній матриці WC–Co становить 6 мас.%. Це забезпечує максимальний приріст міцності. Порівняльні характеристики матеріалів, отримані в результаті прецизійних вимірювань, наведено в таблиці.

Таблиця – Фізико-механічні характеристики композиційних матеріалів

Склад матеріалу	Відносна щільність, %	Мікротвердість, ГПа	Міцність на згин, МПа	В'язкість руйнування, МПа·м ^{0,5}
Чиста матриця WC–Co	94,8	15,2	1935	11,5
Композит ZrO_2 –WC (6 %)	99,0	17,8	2660	16,2
Композит ZrO_2 –SiC (submicron)	99,4	14,5	609	8,4
Кераміка ZrO_2 (стабілізована CeO_2)	99,8	12,0	580	10,2

Використання композитів системи ZrO_2 –SiC характеризується високою термічною стабільністю [10, 11]. Метрологічне підтвердження фазової стабільності методом рентгеноструктурного аналізу свідчить про збереження тетрагональної фази навіть після багаторазових циклах нагріву, що характерно для режимів роботи тягових електричних двигунів при частих пусках та гальмуваннях. Введення SiC сприяє утворенню міжкристалічних зв'язків, які знижують швидкість зношування поверхонь тертя в умовах граничного змащування [12, 13].

Особлива увага приділяється метрологічному забезпеченню якості обробки поверхонь. Оскільки наноструктурні композити мають високу твердість, контроль шорсткості після фінішної обробки є критичним для забезпечення мінімального коефіцієнта тертя в підшипникових вузлах.

Застосування композиційних матеріалів на основі ZrO_2 із добавками WC та SiC є науково обґрунтованим підходом до радикального підвищення експлуатаційної надійності тягового електрообладнання [14]. Завдяки реалізації механізму трансформаційного зміцнення та досягненню високої щільності методом електроконсолідації, вдалося отримати матеріали з міцністю на стиск до 5600 МПа та значно підвищеною в'язкістю руйнування.

Таким чином, метрологічна складова досліджень забезпечує високу достовірність отриманих даних, що дозволяє прогнозувати ресурс деталей тягових електричних двигунів з високою точністю. Впровадження таких матеріалів у конструкції локомотивів дозволить не лише збільшити міжремонтні терміни, а й зменшити витрати на технічне обслуговування за рахунок виключення раптових відмов крихкого характеру. Перспективи подальшого

розвитку напрямку полягають у створенні гібридних вузлів, де поєднуються електроізоляційні властивості ZrO_2-SiC з надвисокою зносостійкістю ZrO_2-WC , що забезпечить комплексний захист тягових систем у довгостроковій перспективі.

Література

1. **Nerubatskyi V. P.** Analysis of the operating conditions and modes of locomotive traction motors. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2025. Т. 30, № 4. С. 3–21. DOI: <https://doi.org/10.18664/iksz.v30i4.351425>.
2. **Nerubatskyi V. P. et al.** Investigation of phase and structural states in nanocrystalline powders based on zirconium dioxide. *Low Temperature Physics*. 2023. Vol. 49, no. 11. P. 1277–1282. DOI: <https://doi.org/10.1063/10.0021374>.
3. **Jiang W. et al.** Toughening cemented carbides by phase transformation of zirconia. *Materials & Design*. 2021. Vol. 202. 109559. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.109559>.
4. **Hevorkian E. S. et al.** Comparative qualitative analysis of hot pressing of zirconium dioxide nanopowders. *Functional Materials*. 2025. Vol. 32, no. 1. P. 134–145. DOI: <https://doi.org/10.15407/fm32.01.134>.
5. **Zhang Z. et al.** SiC whisker toughened WC-Al₂O₃-ZrO₂ binderless cemented carbides via fast-hot-pressed sintering and DFT calculations. *Ceramics International*. 2024. Vol. 50, iss. 16. P. 27749–27757. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.05.073>.
6. **Ratov B. T. et al.** Effect of the ZrO₂ content on the strength characteristics of the matrix material of Cdiamond-(WC-Co) composites synthesized by spark plasma sintering. *Journal of Superhard Materials*. 2024. Vol. 46, iss. 3. P. 175–186. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1063457624030079>.
7. **Ratov B. T. et al.** Features structure of the Cdiamond-(WC-Co)-ZrO₂ composite fracture surface as a result of impact loading. *Journal of Superhard Materials*. 2023. Vol. 45, iss. 5. P. 348–359. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1063457623050088>.
8. **Hevorkian E. S. et al.** Electroconsolidation method for fabrication of fine-dispersed high-density ceramics. *Nanotechnology Perceptions*. 2024. Vol. 20, no. 1. P. 100–113. DOI: <https://doi.org/10.56801/nano-ntp.v20i1.363>.
9. **Hevorkian E. S. et al.** Technological and innovative features of the electroconsolidation method as a kind of plasma sintering for refractory compounds. *Journal of Superhard Materials*. 2024. Vol. 46, iss. 5. P. 364–375. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1063457624050046>.
10. **Mu Y. et al.** High-temperature-resistant ZrO₂ coating with SiC-whisker-enhanced interfacial bonding strength and improved emissivity for flexible silica fibre fabric. *Ceramics International*. 2023. Vol. 49, iss. 4. P. 6825–6833. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.10.276>.
11. **Zhang B. et al.** Flexible and high-temperature resistant ZrO₂/SiC-based nanofiber membranes for high temperature thermal insulation. *Journal of Alloys and Compounds*. 2021. Vol. 872. 159618. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.159618>.
12. **Zhang W.** Tribology of SiC ceramics under lubrication: Features, developments, and perspectives. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*. 2022. Vol. 26, iss. 4. 101000. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cossms.2022.101000>.
13. **Yadav M. et al.** Synergistic evaluation of wear behaviour and microstructure in SiC/ZrO₂-aluminium metal matrix composites (AMMCs): Vacuum controlled sintering process. *Vacuum*. 2025. Vol. 239. 114433. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2025.114433>.
14. **Геворкян Е. С. та ін.** Наноструктуровані керамічні композити на основі SiC, ZrO₂ та WC для підвищення надійності та метрологічної стабільності транспортних систем. *Інтелектуальні транспортні технології* : тези доп. 6-ї МНТК (Харків, 24–26 листоп. 2025 р.). Харків : УкрДУЗТ, 2025. С. 281–284.

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
III МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ
ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ»
11–12 березня 2026 року
(Посвідчення УкрІНТЕІ від 11 грудня 2025 р. № 973)**

Відповідальність за зміст статей несуть автори

Відповідальний за випуск *Корогодський В.А.*

В авторській редакції

Видавець ФОП Бровін О.В.

**Свідоцтво про внесення суб'єкта до Державного реєстру
видавців та виготовників видавничої продукції серія ДК 3587 від 23.09.09 р.**

Формат 60x84/16 Ум. друк. арк. 12.09. Тир. 100 прим. Зам. 873.

**Надруковано з макету замовника ФОП Бровіна І.П.
61022, м. Харків, вул. Трінклера, 2, корп.1, к.19. Т. (066) 822-71-30**