

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту



ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

VI МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ



ITT2025

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 6-ої міжнародної
науково-технічної конференції**

«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Харків 2025

6-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 24–26 листопада 2025 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2025. – 300 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та машинобудівної галузей за чотирьма напрямками: розвиток інтелектуальних технологій при управлінні транспортними системами; транспортні системи та логістика; інтелектуальне проектування та сервіс на транспорті; функціональні матеріали та технології при виготовленні та відновленні деталей транспортного призначення.

© Український державний університет
залізничного транспорту, 2025

**КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ
ПОКРИТТІВ ІЗ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СОЛЕЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ДЕТАЛЕЙ**

**COMPREHENSIVE STUDY OF COATING FORMATION PROCESSES
FROM AQUEOUS SALT SOLUTIONS TO ENHANCE THE OPERATIONAL
RELIABILITY OF TRANSPORT COMPONENTS**

Канд. техн. наук, ст. викладач Л.В. Волошина

Канд. техн. наук, доцент Д.І. Волошин

Студент П.В. Пліщенко

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

PhD (Tech.), senior teacher L.V. Voloshyna

PhD (Tech.), associate professor D.I. Voloshyn

Student P.V. Plishchenko

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Надійна робота транспортних машин і механізмів значною мірою залежить від стабільності геометричних параметрів деталей, стану поверхонь тертя та міцності поверхневих шарів у вузлах спряження. У процесі тривалої експлуатації саме контактні поверхні зазнають інтенсивного зношування, що призводить до поступової втрати їх початкових характеристик і може викликати відмову всього механізму. Тому створення технологій, здатних підвищити експлуатаційні властивості деталей на етапі їх виготовлення або відновлення, є ключовим завданням сучасного транспортного машинобудування.

У більшості випадків руйнування охоплює лише поверхневий шар, що відкриває можливість відновлення працездатності деталі шляхом формування спеціальних покриттів із покращеними трибологічними властивостями. Проте традиційні методи зміцнення, такі як азотування чи сульфідкування, а також інші види хіміко-термічної обробки, характеризуються високою трудомісткістю, тривалістю, потребою у токсичних реагентах та складному обладнанні. Крім того, вони часто створюють однофункціональні шари, що вирішують лише окремі завдання, не забезпечуючи оптимального поєднання зносостійкості, стабільності тертя та швидкої припрацьовуваності.

Особливо актуальною проблема підвищення експлуатаційної надійності є для залізобетонних сплавів — матеріалів, що широко застосовуються у транспортному машинобудуванні. Зношування відповідальних елементів, наприклад, деталей масляних шестеренчастих насосів, часто спричиняє нестабільну роботу силових агрегатів, а в окремих випадках — критичні порушення у мастильній системі. Відновлення габаритів чавунних деталей традиційними методами також може супроводжуватися утворенням небажаних

структур у поверхневому шарі, що негативно впливає на їх робочі характеристики.

Розроблена технологія окислегування у середовищі перегрітої пари водних розчинів солей є інноваційним підходом до формування багатофункціональних поверхневих шарів. Вона поєднує термічну та хіміко-термічну обробку в одному технологічному циклі, використовує доступні водорозчинні солі й не потребує складного устаткування. Завдяки низькому вмісту насичувальних компонентів і екологічно безпечним реагентам технологія належить до ресурсозберігаючих та екологічно чистих.

Одним із ефективних легувальних агентів є водний розчин алюмохромфосфатної солі (АХФС). На основі моделювання та регресійного аналізу визначено оптимальні параметри обробки деталей у парогазовому середовищі АХФС: температура 550–650 °С, час витримки 30–40 хв, концентрація солі 8–14 %. Комплекс досліджень показав, що в результаті обробки формується багатошарове покриття, що складається з твердих фаз, здатних сприймати високі контактні тиски, та м'яких аморфних складових, які забезпечують зниження коефіцієнта тертя. Встановлено утворення оксидів Fe_2O_3 , шпінелей Fe_3O_4 та проникнення легуючих елементів (Al, P, Cr), що формують вторинні структури з антифрикційними властивостями [1, 2].

Лабораторні та експлуатаційні випробування деталей масляного насоса засвідчили підвищення їх зносостійкості у 3,8 рази порівняно з необробленими зразками. Період припрацювання скорочується у 2–3 рази, а коефіцієнт тертя залишається стабільним у межах робочих навантажень. Завдяки можливості контролювати склад і структуру оксидного шару забезпечується гнучкість в управлінні триботехнічними властивостями поверхонь — від антифрикційності до фрикційності — без зміни основного матеріалу деталей [3, 4].

Запропонована технологія демонструє низку суттєвих переваг: скорочення тривалості обробки порівняно з традиційною ХТО, забезпечення дифузійного насичення у важкодоступних зонах, низьку собівартість, використання екологічно безпечних реагентів та формування багатофункціональних поверхневих шарів зі стабільними експлуатаційними характеристиками.

Таким чином, комплексне дослідження процесів формування покриттів із водних розчинів солей доводить перспективність технології окислегування для покращення властивостей поверхневих шарів деталей транспортного призначення. Формування багатофазних структур із заданими триботехнічними властивостями дозволяє суттєво підвищити надійність вузлів тертя, зменшити частоту відмов та забезпечити довговічну роботу транспортних систем.

[1] Волошина, Л.В. Визначення та оптимізація параметрів нової технології залежно від заданих властивостей покриття / Л.В. Волошина // 36. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 224–229.

[2] Волошина, Л.В. Аналіз технологічних параметрів процесу нанесення зносостійкого покриття / Л.А. Тимофеева, Л.В. Волошина, П.М. Гордієнко // 36. наук. праць УкрДУЗТ. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – Вип. 170. – С. 13–19.

[3] Волошина Л.В. Методи підвищення зносостійкості деталей транспортного призначення. *Інженерія поверхні та реновація виробів: Матеріали 22-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 15–16 червня 2022 р.* – Київ: АТМ України, 2022. С.27– 28

УДК 620.1:621.7

**НАНОСТРУКТУРОВАНІ КЕРАМІЧНІ КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ SIC,
ZRO₂ ТА WC ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА МЕТРОЛОГІЧНОЇ
СТАБІЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

**NANOSTRUCTURED CERAMIC COMPOSITES BASED ON SIC, ZRO₂
AND WC FOR ENHANCING THE RELIABILITY AND METROLOGICAL
STABILITY OF TRANSPORT SYSTEMS**

*д-р техн. наук Е.С. Геворкян, канд. техн. наук В.П. Нерубацький,
канд. техн. наук Г.Л. Комарова, канд. техн. наук Л.В. Волошина
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr. Sc. E. S. Hevorkian, Cand. of Eng. Sci. V. P. Nerubatskyi,
Cand. of Eng. Sci. H. L. Komarova, Cand. of Eng. Sci. L. V. Voloshyna
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасний розвиток транспортної галузі вимагає створення матеріалів із прогнозованими функціональними властивостями, високою зносостійкістю та стабільністю у складних експлуатаційних умовах. Одним із найперспективніших напрямів підвищення надійності елементів транспортних систем є використання наноструктурованих керамічних композитів, отриманих методами механохімічного синтезу та електроконсолідації [1, 2]. Такі матеріали поєднують високу міцність, тріщиностійкість, термостійкість і стабільність метрологічних параметрів, що робить їх придатними для використання у вимірювальних вузлах, сенсорних елементах, еталонних зразках та вузлах тертя транспортних засобів.

В основі сучасних підходів до створення нанокompозитів лежить поєднання методів органічної та неорганічної хімії, зокрема золь-гель технологій і механосинтезу, що сприяє спостереженню за утворенням фаз на молекулярному рівні [3]. Такі технології дозволяють отримувати високоефективні матеріали із заданими властивостями, що особливо важливо для транспортної метрології, де будь-які структурні неоднорідності можуть викликати похибки вимірювання або нестабільність чутливих елементів.

Серед досліджених систем найбільш перспективними є композити на основі карбіду кремнію (SiC), діоксиду цирконію (ZrO₂) і карбіду вольфраму (WC). Їх синтез здійснюється із застосуванням орґано-неорґанічного комплексу (–CH₃)–(SiO₂)_n, що утворюється в процесі механохімічної активації. Цей комплекс слугує нанореактором для низькотемпературного синтезу β-SiC, який формується вже на стадії подрібнення порошків із додаванням алкоксиду кремнію (Si(OC₂H₅)₄). Такі умови дозволяють здійснити синтез при знижених температурах і