

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0226U000849

Державний реєстраційний номер: 0125U001557

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 16-01-2026

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Розробка бази даних властивостей матеріалів для призначення режимів електрохімічного оброблення та числових моделей для розрахунку параметрів імпульсного електрохімічного оброблення

Початок етапу: 02.2025

Закінчення етапу: 12.2025

Вид звітнього документа: Проміжний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Код за ЄДРПОУ: 02071151

Місцезнаходження: вул. Чорноглазівська, буд. 17, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61002, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380577073109

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Міністерство освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 38621185

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 10, м. Київ, 01135, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444813221

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрямок фінансування: 2.2 - прикладні дослідження і розробки

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201390

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 1132.010

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Розробка цифрових близнюків процесів прецизійного електрохімічного оброблення для виробництва деталей при ремонті авіаційних двигунів

Назва роботи англійською:

Development of digital twins of precision electrochemical machining processes for the production of parts for aircraft engine repair

Реферат українською:

На етапі науково-дослідної роботи виконано комплекс взаємопов'язаних експериментальних та числових досліджень, спрямованих на створення науково-методичної основи для визначення режимів імпульсного електрохімічного оброблення матеріалів і подальшого формування цифрових двійників технологічних процесів. Розроблено та погоджено з промисловим партнером методику експериментальних досліджень, побудовану на вимогах міжнародних стандартів DIN SPEC 91399 та VDE SPEC 90028 V1.0 і адаптовану до умов реального промислового обладнання. Спроектовано та виготовлено дослідний зразок спеціального пристосування, що забезпечує відтворюваний міжелектродний зазор, контрольовані гідродинамічні умови течії електроліту та можливість використання штатних датчиків напруги, струму, тиску й температури. Сформовано структуру та розпочато наповнення бази даних, яка пов'язує хімічний склад матеріалів, властивості електролітів, параметри імпульсного струму й експериментально визначені швидкості анодного розчинення. Розроблено числові моделі течії електроліту в міжелектродному зазорі в середовищі ANSYS із застосуванням методів обчислювальної гідродинаміки; виконано порівняльний аналіз моделей турбулентності k- ϵ , k- ω та SST і обґрунтовано вибір підходів, найбільш придатних для визначення НДС приповерхневих шарів комбінованих електродів з металізованого пластику. Сукупність отриманих результатів створює інтегровану основу «методика – пристосування – база даних – числові моделі» для подальшої побудови цифрових двійників процесів імпульсного електрохімічного оброблення, орієнтованих на потреби вітчизняної промисловості та оборонно-промислового комплексу

Реферат англійською:

At this stage of the research, a set of interrelated experimental and numerical studies has been conducted to establish a scientific and methodological basis for determining the regimes of pulsed electrochemical machining of materials and for the subsequent development of digital twins of these technological processes. An experimental research procedure has been developed and agreed with the industrial partner, based on the requirements of international standards DIN SPEC 91399 and VDE SPEC 90028 V1.0, and adapted to the conditions of real industrial equipment. A prototype of a special fixture has been designed and manufactured, which provides a reproducible inter-electrode gap, controlled hydrodynamic conditions of electrolyte flow, and the possibility of using standard voltage, current, pressure, and temperature sensors. The structure of a database has been developed and its population initiated; this database links the chemical composition of materials, electrolyte properties, pulsed current parameters, and experimentally determined anodic dissolution rates. Numerical models of electrolyte flow in the inter-electrode gap have been developed in the ANSYS environment using computational fluid dynamics methods; a comparative analysis of k- ϵ , k- ω , and SST turbulence models has been performed, and the choice of approaches has been justified as being most suitable for determining the stress-strain state of the near-surface layers of combined electrodes made of metallized plastic. The totality of the obtained results forms an integrated foundation ("methodology – fixture – database – numerical models") for the further development of digital twins of pulsed electrochemical machining processes tailored to the needs of domestic industry and the defense-industrial complex

Індекс УДК: 621.9.048.6, 621.9.047.7

Коди тематичних рубрик:55.20.19

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Планковський Сергій Ігорович

Науковий ступінь: д.т.н.

Вчене звання: професор

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Методика експериментального визначення, ескізний проект експериментального пристрою та база даних властивостей матеріалів для призначення режимів електрохімічного оброблення, числові моделі для розрахунку параметрів імпульсного електрохімічного оброблення

Назва НТП англійською: Experimental determination methodology, preliminary design of the experimental device and database of material properties for assigning electrochemical treatment modes, numerical models for calculating the parameters of pulsed electrochemical treatment

НТП, яку передбачалося створити: Створено

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Пристрої (вироби технічні), Методичні документи, Програмні продукти, програмно-технологічна документація

Галузь застосування: Машинобудування

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: У межах етапу проаналізовано стандарти DIN SPEC 91399 та VDE SPEC 90028 V1.0 щодо їх застосування на промисловому обладнанні партнера. За результатами підготовлено та погоджено методику експериментів зі швидкості анодного розчинення: визначено контрольовані параметри (U, I, p, T, витрата електроліту), вимоги до точності й частоти реєстрації, узгоджено режими з технологічними картами та вимоги до подальшого використання даних у машинному навчанні. Виконано ескізне проектування спеціального пристосування, яке забезпечує відтворюваний міжелектродний зазор, стабільні гідродинамічні умови та монтаж штатних датчиків. Розроблено ескізи вузлів кріплення зразків, підводу електроліту і герметизації; після узгодження виготовлено дослідний зразок. Сформовано структуру бази даних (склад матеріалів/електролітів, режими оброблення, швидкості розчинення, допоміжні параметри), розпочато наповнення та уніфікацію форматів для інтеграції з цифровими двійниками. Розроблено числові моделі в ANSYS: параметризовано геометрію течії в зазорі, побудовано сітки з описом приконтактних шарів, виконано CFD-розрахунки в Fluent і порівняно моделі турбулентності k- ϵ , k- ω та SST. У моделюванні НДС комбінованих електродів з металізованого пластику показано вплив джоулевого нагрівання на напруження на межі пластик-метал та обґрунтовано необхідність омивання металізованої поверхні електролітом для охолодження. Підготовлено шаблони та скрипти ANSYS для серійних розрахунків і варіювання геометричних та режимних параметрів. Сукупність робіт забезпечила готові основи для подальшої побудови цифрових двійників процесу імпульсного електрохімічного оброблення.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Підвищення автоматизації виробничих процесів

Вплив НТП на довкілля: даних та числові моделі для імпульсного електрохімічного оброблення) має переважно опосередкований, контрольований вплив на довкілля і спрямована на зменшення екологічних ризиків процесу. Завдяки стандартизованому збору даних (напруга, струм, тиск, температура, витрата) та їх подальшій інтеграції з цифровими двійниками забезпечується оптимізація режимів оброблення: знижується надлишкове енергоспоживання, скорочується кількість пробних запусків і браку, а отже — зменшуються викиди, пов'язані з виробництвом додаткових заготовок і повторною механічною/термічною обробкою. Параметричні CFD-моделі дозволяють підбирати гідродинамічні умови так, щоб мінімізувати локальний перегрів і нестабільність процесу, що зменшує ризик деградації електроліту та утворення небажаних побічних продуктів. Ескізне пристосування з герметизацією та можливістю встановлення штатних датчиків підвищує технологічну дисципліну: знижується ймовірність протікань електроліту, неконтрольованих розливів та аерозольного винесення. Контроль температури й витрати сприяє раціональному використанню

електроліту та створює передумови для його рециркуляції/регенерації у виробничому контурі, що зменшує обсяг стічних вод і навантаження на очисні споруди. Потенційні негативні впливи пов'язані з використанням електролітів і утворенням розчинених іонів металів у відпрацьованих розчинах, а також із споживанням електроенергії під час експериментів. Однак запропонований підхід зменшує тривалість і кількість експериментів, підвищує повторюваність, полегшує облік та простежуваність складу стоків і, відповідно, підсилює можливості екологічного контролю та безпечного поводження з відходами згідно з чинними вимогами.

Впровадження НТП: Не впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу:

Закінчення етапу:

Споживачі продукції: Вітчизняні підприємства-виробники авіаційної військової техніки та озброєнь

Перспективні ринки: Україна

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

- 1) Kombarov, V., Sorokin, V., Plankovskyy, S., Tryfonov, O. et al. Prediction and compensation of motion differential characteristics influence on position error in CNC machine tools. *Int J Adv Manuf Technol* 137, 5951–5981 (2025). <https://doi.org/10.1007/s00170-025-15510-1>, Q1
- 2) Plankovskyy, S., Tsegelnyk, Y., Shyshko, N., Litvinchev, I., Romanova, T., & Velarde Cantú, J. M. (2025). Review of Physics-Informed Neural Networks: Challenges in Loss Function Design and Geometric Integration. *Mathematics*, 13(20), 3289. <https://doi.org/10.3390/math13203289>, Q1
- 3) Kapustenko, P. O., Arsenyeva, O. P., Varbanov, P. S., & Tovazhnyanskyy, L. L. (2025). Heat transfer intensification in compact heat exchangers with channels of various geometries and size. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 167, 109273. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2025.109273>, Q1
- 4) Sorokin, V., Dudukalov, Y., Klets, D., Kholodov, M., Arkhipov, O., & Yarita, O. (2025, June). High-precision biaxial blade machining method for single-stage turbine blades on 5-axis CNC machines. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3238, No. 1, p. 040003). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/5.0248879>
- 5) Pliuhin, V., Tsegelnyk, Y., Sukhonos, M., Biletskyi, I., Plankovskyy, S., & Tietieriev, V. (2025). Machine Learning and HPC in Computer-Aided Design of Electric Machines. In B. Ben Youssef & M. Ben Ismail (Eds.), *Integrating Machine Learning Into HPC-Based Simulations and Analytics* (pp. 145–196). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-3795-7.ch007>

6) Інженерні розрахунки електричних машин в ANSYS. Том 1. ANSYS RМхprt : підручник / В.Є. Плюгін, І.В. Білецький, С.І. Планковський, М.К. Сухонос ; Харків нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 788 с.

https://drive.google.com/file/d/16AAool_pFp4a3OTmDTzDqEzMwB3ICJSv/view?usp=sharing

7) Plankovsky, S. (2025). Methodology for conducting experimental studies of material properties during electrochemical treatment. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18016045>

8) Plankovsky, S. (2025). Explanatory note to the draft design of a device for determining the characteristics of materials necessary for assigning pulsed electrochemical processing modes. Zenodo.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18016144>

9) Plankovskyy, S., Tryfonov, O., Tsegelnyk, Ye. (2025). Software for calculating flow parameters and stress-strain state of a combined tool for electrochemical machining in ANSYS. Zenodo.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18007763>

10) Plankovsky, S. (2025). Database of structural material properties for assigning precision electrochemical machining modes [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18015874>

11) Авторське свідоцтво на твір. Цифровий двійник електричної мережі для інтелектуальної системи управління. Плюгін В.Є., Білецький І.В., Планковський С.І., Цегельник Є.В. (подано на реєстрацію)

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Білецький Ігор Васильович

д. е. н.

Перелік осіб-виконавців

Арсеньєва Ольга Петрівна

(д. т. н., професор, 05.17.08)

Комбаров Володимир Вікторович

(к. т. н., с.д.)

Планковський Сергій Ігорович

(д.т.н., професор, 05.03.07)

Сорокін Володимир Федорович

(д. т. н., професор, 05.02.08)

Сухонос Марія Костянтинівна

(д. т. н., професор, 05.13.22)

Трифонов Олег Валерійович

(к. т. н., доц., 05.03.07)

Цегельник Євген Володимирович

(к. т. н., с.д., 151)

Відповідальний за підготовку облікових документів

Герасименко Олена Анатоліївна

Телефон

+380990832023

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна