

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0226U002281

Державний реєстраційний номер: 0124U000553

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 12-02-2026

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 2

Назва етапу: Комплексні дослідження процесів напилювання покриттів.

Початок етапу: 01.2025

Закінчення етапу: 12.2025

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Чкалова, буд. 17, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61070, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380573151131, 380573151056

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): 2201040

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 1199.600

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Розроблення технології та обладнання для холодного газодинамічного напилювання відновлювальних покриттів на деталі авіаційної техніки.

Назва роботи англійською:

Development of technology and equipment for cold spraying of restorative coatings on aircraft parts.

Реферат українською:

Об'єктом дослідження є процес формування відновлювальних покриттів методом холодного газодинамічного напилювання на деталях авіаційної техніки. Метою роботи є підвищення фізико-механічних характеристик покриттів та коефіцієнта використання порошку шляхом розроблення оптимізованого обладнання та технологічних режимів із підвищеними параметрами робочого газу. У ході виконання етапу розроблено та реалізовано інтегрований науковий підхід до проектування надзвукових сопел, що базується на поєднанні одновимірної ізоентропійної моделі, багатокритеріальної оптимізації та обчислювальної газодинаміки. Це дозволило спроектувати та виготовити серію високоефективних сопел, зокрема спеціалізоване поворотне сопло для оброблення внутрішніх та важкодоступних поверхонь деталей авіадвигунів. Спроековано та виготовлено експериментальні зразки омичних нагрівачів, здатних підтримувати стабільну температуру газу до 700 °C при тисках до 4,0 МПа. Експериментально встановлено, що підвищення тиску робочого газу до 1,0–2,5 МПа у поєднанні з оптимізацією геометрії сопла забезпечує зростання коефіцієнта використання порошку майже втричі. Отримані металокерамічні покриття на основі Ni, Al та Zn характеризуються щільною мікроструктурою з пористістю менше 1,5%, а також підвищенням адгезійної міцності та мікротвердості на 20–30% порівняно з серійними аналогами низького тиску. Розроблено систему автоматизованого керування процесом на базі ЧПК-контролерів, що забезпечує високу стабільність та повторюваність результатів напилювання. Сформульовано технологічні рекомендації щодо вибору раціональних режимів відновлення корпусних деталей газотурбінних двигунів із титанових та алюмінієвих сплавів. Результати роботи впроваджено на АТ «Мотор Січ» та АТ «Івченко-Прогрес», що підтверджено відповідними актами. Розроблені рішення дозволяють значно знизити собівартість ремонту та продовжити ресурс критичних вузлів авіаційної техніки.

Реферат англійською:

The object of the study is the process of forming restorative coatings using cold gas dynamic spraying on aircraft engine parts. The aim of the research is to enhance the physical and mechanical properties of the coatings and improve deposition efficiency by developing optimized equipment and technological regimes with elevated working gas parameters. During this stage, an integrated scientific approach to supersonic nozzle design was developed and implemented, combining a one-dimensional isentropic model, multi-criteria optimization, and numerical CFD modeling. This enabled the design and fabrication of a series of high-efficiency nozzles, specifically a specialized rotating nozzle for the treatment of internal and hard-to-reach surfaces of aircraft engine components. Experimental prototypes of ohmic heaters were designed and manufactured, capable of maintaining a stable gas temperature of up to 700 °C at pressures up to 4.0 MPa. Experimental results demonstrate that increasing the working gas pressure to 1.0–2.5 MPa, in conjunction with an optimized nozzle geometry, results in a nearly threefold increase in deposition efficiency. The resulting metal-ceramic coatings based on Ni, Al, and Zn exhibit a dense microstructure with porosity below 1.5%, along with a 20–30% increase in adhesive strength and microhardness compared to standard low-pressure counterparts. An automated process control system based on CNC controllers was developed to ensure high stability and reproducibility of the spraying results. Technological recommendations were formulated for selecting optimal restoration regimes for gas turbine engine casing parts made of titanium and aluminum alloys. The research results have been implemented at Motor Sich JSC and

Ivchenko-Progress JSC, as confirmed by implementation certificates. The developed solutions significantly reduce repair costs and extend the service life of critical aircraft engine components.

Індекс УДК: 621.793, 621.9

Коди тематичних рубрик: 55.22

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Шорінов Олександр Володимирович

Науковий ступінь: к. т. н.

Вчене звання:

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

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

Назва НТП українською: Конструкторська документація на виготовлення нагрівача стиснутого повітря установки холодного газодинамічного напилювання.

Назва НТП англійською: Design documentation for the manufacture of gas heater for cold spray machine.

НТП, яку передбачалося створити: Створено

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Пристрої (вироби технічні)

Галузь застосування: Машинобудування, авіабудування

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Підготовлено конструкторську документацію на виготовлення нагрівача стиснутого повітря з робочим тиском 2,5 МПа, що забезпечує нагрівання потоку до 600 С з витратою до 1,5 м³/хв.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту, Економія матеріалів

Вплив НТП на довкілля: Ресурсоощадлива технологія холодного газодинамічного напилювання не має шкідливого впливу на довкілля.

Впровадження НТП: Не впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу:

Закінчення етапу:

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування: Так

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

Назва НТП українською: Рекомендації щодо модернізації установок холодного газодинамічного напилювання низького тиску.

Назва НТП англійською: Recommendations for the modernization of low-pressure cold spray machines.

НТП, яку передбачалося створити: Створено

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методичні документи

Галузь застосування:Аерокосмічна, машинобудування

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Надано рекомендації з модернізації існуючих установок ХГН низького тиску (до 1 МПа): нагрівача стисненого повітря та надзвукових сопел для напилювання, що дозволило підвищити коефіцієнт використання порошку (60%) при напилюванні покриттів алюмінію в 3 рази в порівнянні з серійною установкою.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту, Економія матеріалів

Вплив НТП на довкілля: Ресурсоощадлива технологія холодного газодинамічного напилювання не має шкідливого впливу на довкілля.

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу:

Закінчення етапу:

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

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:

Назва НТП українською: Технологічні рекомендації з вибору режимних параметрів процесу холодного газодинамічного напилювання та ведення технологічних процесів відновлення деталей з титанових сплавів авіаційних газотурбінних двигунів.

Назва НТП англійською: Technological recommendations for the selection of operating parameters of the cold spraying process and conducting technological processes for the restoration of titanium alloy parts of aircraft gas turbine engines.

НТП, яку передбачалося створити: Створено

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методичні документи

Галузь застосування: Аерокосмічна, машинобудування

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Надано технологічні рекомендації з вибору режимів напилювання порошку на основі нікелю (температури газу, тиску, витраті порошку, дистанції напилювання) для формування відновлювальних покриттів на поверхнях з титанових сплавів. Надано рекомендації щодо ведення технологічних процесів

напилювання відновлювальних покриттів на деталі з титанових сплавів авіаційних двигунів, що охоплюють етапи підготовки поверхні під напилювання, отримання покриття, його розмірного оброблення.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту, Економія матеріалів

Вплив НТП на довкілля: Ресурсоощадлива технологія холодного газодинамічного напилювання не має шкідливого впливу на довкілля.

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу:

Закінчення етапу:

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

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) Shorinov, O., Zorik, I., Nyzhnyk, S., Savchenko, N., Danko, K. In situ strategy towards enhancing cold spray coating deposition efficiency. *Materials Research Express*, 2025, 12, 126402. DOI 10.1088/2053-1591/ae2ed3 (WoS, Scopus) <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2053-1591/ae2ed3>
- 2) Shorinov, O., Savchenko, N., Shypul, O., Zorik, I., Nyzhnyk, S. Devising an approach to calculating and optimizing a supersonic nozzle for cold gas-dynamic spraying. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2025, 6 (7 (138)), 63–70. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.347028 (кат. A, Scopus) <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/347028>
- 3) Shorinov, O., Volkov, A., Savchenko, N., Markovych, S., Danko, K., Ipatov, R. Development of special cold spray nozzle for internal surface coating deposition. *Technology Audit and Production Reserves*, 2025, 6 (1 (86)), 6–11. DOI: 10.15587/2706-5448.2025.345022 (кат. A, Scopus) <https://journals.uran.ua/tarp/article/view/345022>
- 4) Shorinov, O., Balushok, K. Experimental study of the porosity of Ni + Zn + Al₂O₃ coatings deposited by low-pressure cold spraying. In: Altenbach, H., Gao, XW., Syngellakis, S., Cheng, A.HD., Lampart, P., Tkachuk, A. (eds) *Advances in Mechanical and Power Engineering II. CAMPE 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2025, pp. 93–102. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-82979-6_10 (конференція Scopus) https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-82979-6_10
- 5) Volkov, A., Shorinov, O., Neveshkin, Y. Research on coating microhardness and adhesion and cohesion strength during cold spraying with modified nozzle. In: Lytvynov, O., Pavlikov, V., Krytskyi, D. (eds) *Integrated Computer*

Technologies in Mechanical Engineering – 2024. ICTM 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, 2025, vol 1474, 523–531. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-94852-7_44 (конференція Scopus)
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-94852-7_44

6) Зорік, І. В., Шорінов, О. В., Нижник, С. М., Іпатов, Р. С., Нагорний, Д. М. Вплив режимів роботи нагрівача установки газодинамічного напилювання на температуру нагрівання стисненого повітря. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*, 2025, 4 спецвипуск 1 (205), 169–175, DOI: 10.32620/aktt.2025.4sup1.22 (кат. Б)
<https://nti.khai.edu/ojs/index.php/aktt/article/view/aktt.2025.4sup1.22>

7) Шорінов, О. В., Савченко, Н. В., Шипуль, О. В., Білан, Д. О. Оптимізація сопла для холодного газодинамічного напилювання. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*, 2025, 4 спецвипуск 2 (206), 140–148, DOI: 10.32620/aktt.2025.4sup2.16 (кат. Б)
<https://nti.khai.edu/ojs/index.php/aktt/article/view/aktt.2025.4sup2.16>

8) Спосіб газодинамічного напилювання. Пат. на корисну модель 159559 Україна, МПК(2006) С 23 С 24/04. – О. В. Шорінов, І. В. Зорік, С. М. Нижник, Н. В. Савченко – № u202400110 ; заявл. 08.01.2024; опубл. 18.12.2024, Бюл. № 51. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1860835/> (патент на корисну модель)

9) Зорік, І. В., Шорінов, О. В., Іпатов, Р. С. Щодо питання автоматизації процесу холодного газодинамічного напилювання покриттів. *Нові технології в машинобудуванні [Текст]: тези доп. Тридцять п'ятої Всеукраїн. конф. 2–5 верес. 2025 р. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац. ін-т», 2025. – С. 102. (вітчизняна конференція) https://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Novi_Tekhnologii2025.pdf*

10) Шорінов, О. В., Савченко, Н. В., Шипуль, О. В., Іпатов, Р. С. Новий підхід до проектування сопел для холодного газодинамічного напилювання. XXX – міжнародний конгрес двигунобудівників: Тези доповідей. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2025 – С. 61–62. (вітчизняна конференція)
https://dspace.library.khai.edu/xmlui/bitstream/handle/123456789/9097/Theses_2025.pdf?sequence=1&isAllowed=y

11) Поливняний, С. О. Удосконалення технології формування покриттів на деталях з титанових сплавів холодним газодинамічним напилюванням : дис. ... д-ра філософії : 132 – Матеріалознавство / С. О. Поливняний ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац. ін-т» ; наук. кер. О. В. Шорінов. – Харків, 2025. – 180 с. (дисертація PhD) <https://svr.naqa.gov.ua/#/defense/9981>

12) Shorinov, O., Volkov, A., Savchenko, N., Ipatov, R., Bilan, D. Numerical study of nickel particle impact on a titanium substrate during cold spraying. International Scientific and Technical Conference “Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – ICTM-2025”, November 19, 2025 – Kharkiv, Ukraine. (міжнародна конференція) https://ictm.khai.edu/wp-content/uploads/2025/11/ICTM-2025_Programme_V2.7.pdf

13) Volkov, A., Shorinov, O., Nyzhnyk, S., Zorik, I., Savchenko, N. Research on the coating porosity and deposition efficiency during cold spraying with modified nozzle. “7th Grabchenko’s International Conference on Advanced Manufacturing Processes – InterPartner-2025”, September 23-26, 2025 – Kielce, Poland. (міжнародна конференція) https://interpartner.op.edu.ua/agenda_poland.html

14) Іпатов, Р. Технології швидкого ремонту деталей авіаційної техніки. Фестиваль молодіжної науки-2025, 4–7 листопада 2025 р. Онлайн-формат; організатор – Рада молодих вчених при Міністерстві освіти і науки України. <https://youtu.be/77YBsWDY0no?si=GlQabMORiiKA4Wzq&t=4874> (науково-популяризаційний захід)

15) Волков, А. Розроблення технології та обладнання для холодного газодинамічного напилювання. X науково-популярний захід «Ніч молодіжної науки – 2025 в умовах війни», 19 травня 2025 р. Онлайн-формат; організатор – Рада молодих вчених при Міністерстві освіти і науки України. (науково-популяризаційний захід) <https://youtu.be/xphyiqpM5tE?si=UjxluWwk5J-b4tRn&t=8652>

16) Шорінов, О. В., Білан, Д. О. Перспективи використання технології холодного газодинамічного напилювання в аерокосмічній галузі / *Наука XXI століття. Інновації у транспортній галузі : матеріали наук.-практ. конф., Харків, 12 трав. 2025 р. / М-во культури та стратег. комунікацій України, Департамент науки і освіти Харків. обл. військ. адмін., Харків. держ. наук. б-ка ім. В. Г. Короленка. – Харків, 2025. – с. 73–75. (наук.-*

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Литвинов Олексій Миколайович
д.ю.н., 12.00.08

Перелік осіб-виконавців

Іпатов Роман Сергійович

Абашин Сергій Леонідович

(к. ф.-м. н., 01.04.10)

Бондаренко Олексій Васильович

(д.філософ, 142)

Волков Андрій Олегович

Дзюба Станіслав Сергійович

Зорік Ігор Володимирович

(к. т. н., доц., 05.03.07)

Калініченко Микола Юрійович

(к. т. н., 05.07.02)

Куріна Ніна Вікторівна

Нижник Сергій Миколайович

(к. т. н., доц., 05.07.02)

Савченко Ніна Валеріївна

(к. ф.-м. н., доц.)

Свешнікова Валентина Григорівна

Шорінов Олександр Володимирович

(к. т. н., доц., 05.03.07)

Відповідальний за підготовку облікових документів

Шитоха Ольга Миколаївна

Телефон

0667724129

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності



Юрченко Тетяна Анатоліївна