

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U002815

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 09-07-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ по ДНУ № 1066с від 22.09.2025 р.



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стрембовський Володимир Васильович

2. Volodymyr V. Strembovskyi

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0002-5688-5007

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 113

Назва наукової спеціальності: Прикладна математика

Галузь / галузі знань: математика та статистика

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна математика

Дата захисту: 05-09-2025

Спеціальність за освітою: Прикладна математика

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 10359

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Код за ЄДРПОУ: 02066747

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 72, Дніпро, Дніпровський р-н., 49045, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Код за ЄДРПОУ: 02066747

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 72, Дніпро, Дніпровський р-н., 49045, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 89.21.45, 89.57.47.07, 43.01.77

Тема дисертації:

1. Оптимізація траєкторій руху космічних об'єктів в атмосфері Землі за тепловим чинником
2. Optimization of trajectories of space objects in the Earth's atmosphere by thermal factor

Реферат:

1. У зв'язку зі стрімким зростанням кількості штучних супутників, ракетних запусків та випадків фрагментації космічних об'єктів, проблема космічного сміття набуває критичного значення для світової космічної безпеки. Десятки тисяч нефункціональних об'єктів, сконцентрованих на низьких навколоземних орбітах (LEO), становлять значну загрозу для діючих космічних апаратів та міжнародної інфраструктури. Одним із найперспективніших підходів до зменшення обсягу космічних відходів є кероване відведення космічних об'єктів з орбіти з наступним гарантованим згорянням в атмосфері Землі. Для досягнення ефективності та безпеки цього процесу вкрай важлива оптимізація траєкторії спуску, що має забезпечити повну термічну деструкцію об'єкта та мінімізувати ризик досягнення уламками поверхні Землі. Саме в цьому контексті виникає задача оптимізації траєкторій відведення космічних об'єктів, яка передбачає максимізацію теплового навантаження в критичних ділянках конструкції та визначення оптимального кута входу для

забезпечення повного знищення без створення нових загроз. Розв'язання цієї задачі може бути реалізовано з використанням сучасних методів математичної оптимізації та технологій штучного інтелекту. Застосування моделей аеродинамічного нагріву, методів оптимального керування, машинного навчання та генетичних алгоритмів дозволяє створити високоефективний комплексний підхід для проектування сучасних активних і комбінованих технологій відведення космічного сміття. Впровадження цих методик сприятиме вирішенню проблеми екологічної безпеки космічного простору та відповідає стратегічним завданням космічних держав, зокрема України. Метою роботи є розробка інтегрованої методики прогнозування максимальних теплових навантажень та вибору траєкторних параметрів руху космічних об'єктів в атмосфері Землі на основі поєднання методів машинного навчання і генетичної оптимізації. Об'єктом дослідження є процес керованого відведення космічного сміття з орбіти шляхом входу в атмосферу Землі. Предметом дослідження є математичні моделі та алгоритми оптимізації траєкторій зниження космічних об'єктів з урахуванням теплового навантаження, зокрема на основі машинного навчання та генетичних алгоритмів. Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному: Вперше розроблено модель машинного навчання для оцінки теплових навантажень на об'єкт, що рухається в атмосфері Землі, яка забезпечує комплексний аналіз впливу траєкторних параметрів на формування теплових потоків в атмосферних ділянках траєкторій. Вперше запроваджено гібридну методику, що поєднує алгоритми машинного навчання для високоточних прогнозів характеристик теплового потоку з генетичним алгоритмом для оптимізації параметрів входження об'єкта в атмосферу. Практичне значення даного дослідження полягає у розробці методології розрахунку та оптимізації траєкторій сходження космічних об'єктів з навколосемної орбіти з урахуванням теплового чинника. Запропонована методика може бути застосована під час проектування місій активного видалення космічних відходів для обґрунтованого вибору параметрів входження в атмосферу, що забезпечують повне згорання об'єкта без утворення небезпечних фрагментів. Отримані результати становлять основу для створення автоматизованих програмних комплексів, які поєднують алгоритми оптимізації, методи машинного навчання та моделі теплової деструкції для підтримки прийняття рішень у режимі реального часу під час керування сходженням космічних тіл. Крім того, розроблена методика може бути використана в освітньому процесі та підготовці фахівців як приклад міждисциплінарної задачі.

2. Due to the rapid growth in the number of artificial satellites, rocket launches, and cases of space object fragmentation, the problem of space debris is becoming critical for global space security. Tens of thousands of non-functional objects concentrated in low Earth orbits (LEO) pose a significant threat to operational spacecraft and international infrastructure. One of the most promising approaches to reducing space debris is the controlled removal of space objects from orbit, followed by guaranteed combustion in the Earth's atmosphere. To achieve the efficiency and safety of this process, it is extremely important to optimize the descent trajectory to ensure complete thermal destruction of the object and minimize the risk of debris reaching the Earth's surface. It is in this context that the task of optimizing the trajectories of space objects arises, which involves maximizing the thermal load in critical areas of the structure and determining the optimal entry angle to ensure complete destruction without creating new threats. This task can be solved using modern methods of mathematical optimization and artificial intelligence technologies. The use of aerodynamic heating models, optimal control methods, machine learning, and genetic algorithms allows for the creation of a highly effective comprehensive approach to the design of modern active and combined technologies for the removal of space debris. The implementation of these techniques will contribute to solving the problem of environmental safety in space and meets the strategic objectives of space-faring nations, including Ukraine. The aim of the work is to develop an integrated methodology for predicting maximum thermal loads and selecting trajectory parameters for the movement of space objects in the Earth's atmosphere based on a combination of machine learning and genetic optimization methods. The object of the study is the process of controlled removal of space debris from orbit by entering the Earth's atmosphere. The subject of the study is mathematical models and algorithms for optimizing the trajectories of space objects' descent, taking into account thermal loads, in particular based on machine learning and genetic algorithms. The scientific novelty of the results obtained is as follows: For the first time, a machine learning model has been developed to estimate thermal loads on an object moving in the Earth's atmosphere, which provides a

comprehensive analysis of the influence of trajectory parameters on the formation of heat flows in atmospheric sections of trajectories. For the first time, a hybrid method has been introduced that combines machine learning algorithms for high-precision forecasts of heat flow characteristics with a genetic algorithm for optimizing the parameters of an object's entry into the atmosphere. The practical significance of this study lies in the development of a methodology for calculating and optimizing the trajectories of space objects descending from near-Earth orbit, taking into account the thermal factor. The proposed methodology can be applied during the design of active space debris removal missions for a reasonable selection of atmospheric entry parameters that ensure complete combustion of the object without the formation of dangerous fragments. The results obtained form the basis for the creation of automated software complexes that combine optimization algorithms, machine learning methods, and thermal destruction models to support real-time decision-making during the control of the descent of space objects. In addition, the developed methodology can be used in the educational process and training of specialists as an example of an interdisciplinary task.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Strembovskiy V., Dreus A. Identification of heat loads on space objects re-entering the Earth's atmosphere using machine learning methods. *Journal of Rocket-Space Technology*. 2024. Vol. 33, no. 4-29. P. 65-73. URL: <https://doi.org/10.15421/452452>. (фахове видання, категорія Б)
- 2. Strembovskiy V. V., Dreus A. Y. Аналіз практики використання методів машинного навчання для моделювання траєкторій руху космічних об'єктів. *Journal of Rocket-Space Technology*. 2024. Т. 33, № 4. С. 108-117. URL: <https://doi.org/10.15421/452415>. (фахове видання, категорія Б)
- 3. Dreus, A. Yu. Dron, M. M., Dubovik, L. G., Strembovskiy, V. V. Assessment of the possibility of using polymers in the bodies of promising launch vehicles based on the heat resistance factor. *Kosmična nauka i tehnologija*. 2023. Vol. 29, no. 6. P. 03-12. DOI: <https://doi.org/10.15407/knit2023.06.003>. (фахове видання категорії А, Scopus)
- Dreus, A.; Strembovskiy, V.; Dubovik, L.; Dron, M.; Golubek, A. Thermal optimization of trajectories of space debris removal into the earth's atmosphere. *Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC*, 2022. ISSN: 0074-1795. URL: <https://iafastro.directory/iac/archive/browse/IAC-22/A6/IP/68597/> (Scopus)

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: поліпшення стану навколишнього середовища

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дреус Андрій Юлійович
2. Andrii Y. Dreus

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.15.09

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0598-9287

Додаткова інформація:

;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56447086500;https://www.webofscience.com/wos/author/record/H-2229-2016;
https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=8ECTchcAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Код за ЄДРПОУ: 02066747

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 72, Дніпро, Дніпровський р-н., 49045, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хорошилов Сергій Вікторович
2. Serhii Khoroshylov

Кваліфікація: д. т. н., професор, с.н.с., 05.13.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7648-4791

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57170749900;
https://www.webofscience.com/wos/author/record/173366;
https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&user=dhKXGrAAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України

Код за ЄДРПОУ: 05539962

Місцезнаходження: вул. Лешко-Попеля, буд. 15, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коряшкіна Лариса Сергіївна
2. Larysa S. Koriashkina

Кваліфікація: д. т. н., к. ф.-м. н., доц., 01.05.01, 01.05.02**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-6423-092X**Додаткова інформація:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55844269100>;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=eCF2H2IAAAAJ&hl=ru>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/1861212>**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"**Код за ЄДРПОУ:** 02070743**Місцезнаходження:** проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ходанен Тетяна Володимирівна
2. Tetiana V. Khodanen

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.02.04**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9194-3634**Додаткова інформація:**<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26635341700>;<https://www.webofscience.com/wos/author/record/364614>;https://scholar.google.com/citations?user=Da51y_cAAAAJ&hl=uk;**Повне найменування юридичної особи:** Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара**Код за ЄДРПОУ:** 02066747**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 72, Дніпро, Дніпровський р-н., 49045, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Губін Олександр Ігорович
2. Oleksandr I. Hubin

Кваліфікація: к. т. н., доц., 01.05.02**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-5165-2226

Додаткова інформація: [https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221805196;](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221805196)
[https://scholar.google.com.ua/citations?user=20XJltcAAAAJ&hl=ru;](https://scholar.google.com.ua/citations?user=20XJltcAAAAJ&hl=ru)
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/1359459>

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. **Заклучні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Давидов Сергій Олександрович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Давидов Сергій Олександрович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Ходанен Тетяна Володимирівна

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна