

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U101594

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-12-2023

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ № 131с від 05.02.2024



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вороновський Дмитро Костянтинович

2. Dmytro K. Voronovsky

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0000-7893-3132

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 134

Назва наукової спеціальності: Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Дата захисту: 18-01-2024

Спеціальність за освітою: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Місце роботи здобувача: ФОП ВОРОНОВСЬКИЙ ДМИТРО КОСТЯНТИНОВИЧ

Код за ЄДРПОУ: 3520505470

Місцезнаходження: Вул. Енергетиків, 3/20, Дніпро, Дніпровський р-н., 49112, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 08.051.047 ID 3251 Вороновський Д.К.

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Код за ЄДРПОУ: 02066747

Місцезнаходження: проспект Гагаріна, 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 Гагаріна, 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: 55.42.49.39

Тема дисертації:

1. Оптимізація параметрів холловського двигуна шляхом формування відповідної топології магнітного поля
2. Determination of the magnetic field topology for the purpose of optimizing the parameters of the Hall thruster – a qualifying scientific work on the rights of a manuscript

Реферат:

1. Електричні двигунні установки широко використовуються на бортах супутників для вирішення проблем орієнтації та стабілізації, підтримки та зміни орбіти, гальмування супутника після закінчення виконання місії. З розширенням діапазону ХД, значне збільшення сумарного імпульсу також підкреслює необхідність розробки високопродуктивних ХД. Загальновідомо, що експлуатаційний ресурс ХД визначається кількістю часу, протягом якого двигун може працювати до того, як плазма в каналі пошкодить магнітну систему. Після повної ерозії діелектричного виходу з розрядного каналу іонний шлейф взаємодіє з внутрішнім і зовнішнім магнітними полюсами і викликає прогресуючу ерозію магнітопроводу. Нова магнітна топологія під назвою "магнітне екранування" (ME) була описана для різкого зменшення ерозії каналу, що може призвести до

усунення цього режиму відмови ХД. Метою роботи є визначення можливості підвищення тягово-енергетичних та ресурсних характеристик ХД шляхом оптимізації параметрів та топології магнітного поля в двигуні; розробка рекомендацій щодо проектування магнітних систем перспективних ХД. Використання сучасних програм дозволяє визначати азимутальний розподіл і конфігурацію магнітного поля в прискорювальному каналі та в периферійній зоні двигуна, а також отримувати результати, найближчі до реальних. У зв'язку з цим у цій роботі для проведення досліджень магнітного поля ХД, як метод дослідження, було обрано метод математичного моделювання. В програмі необхідно створити користувачем геометрії досліджуваного об'єкта, завдання властивостей матеріалів, методу та точності розрахунку. Таким чином, з урахуванням специфіки досліджуваних об'єктів перед проведенням досліджень виникла потреба у відпрацюванні методики моделювання магнітних систем ХД у ANSYS Maxwell. Сформульовані завдання: 1. проведення аналізу переваг та недоліків існуючих конструкцій та параметрів магнітних систем ХД; 2. розроблення та верифікація методики розрахунку двовимірних та тривимірних розрахункових моделей магнітних систем з урахуванням насичення магнітопроводу; 3. проведення аналізу взаємозв'язку геометричних характеристик зон ерозії стінок розрядних камер двигунів з величиною і топологією магнітного поля у розрядному каналі цих двигунів та прогнозу геометричних характеристик зони ерозії за результатами розрахунку параметрів і топології магнітного поля; Наукова новизна роботи полягає в наступному: 1. удосконалено розрахунок побудови моделей магнітних систем ХД що дозволяють спростити моделювання та обчислення та мінімізувати час розрахунку; 2. визначено кількісний взаємозв'язок між величиною та конфігурацією магнітного поля, параметрами роботи двигуна і протяжністю, і положенням шару іонізації та прискорення в розрядному каналі ХД, що визначають межі зон ерозії стінок розрядної камери, а саме: • встановлено, що межі зон ерозії на зовнішній та внутрішній стінках розрядної камери з боку анода знаходяться на перетині однієї «граничної» силової лінії магнітного поля зі стінками, напруги розряду, форми магнітної лінзи, величини індукції та матеріалу розрядної камери; • положення цієї «граничної» силової лінії обумовлюється величиною $k \times V_{rmax}$ по середній лінії розрядної камери (РК). 3. показано, що підвищення тягової ефективності та зниження розмірів зони ерозії стінок розрядної камери у двигуні досягнуто за рахунок оптимізації параметрів і топології магнітного поля.

2. Electric propulsion systems are widely used on board satellites to solve the problems of orientation and stabilization, maintaining and changing the orbit, braking the satellite after the completion of the mission. With the expansion of the CD range, the significant increase in total momentum also emphasizes the need to develop high-performance CDs. It is well known that the operational resource of the HD is determined by the amount of time during which the engine can operate before the plasma in the channel damages the magnetic system. After complete erosion of the dielectric output from the discharge channel, the ion plume interacts with the inner and outer magnetic poles and causes progressive erosion of the magnetic conductor. A new magnetic topology called "magnetic shielding" (ME) has been described to dramatically reduce channel erosion, potentially eliminating this HD failure mode. The purpose of the work is to determine the possibility of increasing the traction-energy and resource characteristics of the HD by optimizing the parameters and topology of the magnetic field in the engine; development of recommendations for the design of magnetic systems of prospective HDs. The use of modern programs allows determining the azimuthal distribution and configuration of the magnetic field in the acceleration channel and in the peripheral zone of the engine, as well as obtaining results that are close to real ones. In this regard, in this work, the method of mathematical modeling was chosen as a research method for conducting research on the magnetic field of HD. In the program, the user must create the geometry of the object under study, the assignment of the properties of the materials, the method and the accuracy of the calculation. Thus, taking into account the specifics of the researched objects, before conducting research, there was a need to practice the methodology of modeling magnetic systems of HD in ANSYS Maxwell. Formulated tasks: 1. conducting an analysis of the advantages and disadvantages of existing structures and parameters of magnetic systems of HD; 2. development and verification of the methodology for calculating two-dimensional and three-dimensional calculation models of magnetic systems taking into account the saturation of the magnetic field; 3. conducting an analysis of the relationship between the geometric characteristics of the erosion zones of the walls of the

discharge chambers of motors with the magnitude and topology of the magnetic field in the discharge channel of these motors and the prediction of the geometric characteristics of the erosion zone based on the results of calculating the parameters and topology of the magnetic field; The scientific novelty of the work is as follows: 1. the calculation of the construction of models of magnetic systems of HD has been improved, which allows to simplify modeling and calculations and minimize the calculation time; 2. the quantitative relationship between the magnitude and configuration of the magnetic field, engine operation parameters and length, and the position of the ionization and acceleration layer in the HD discharge channel, which determine the boundaries of the erosion zones of the discharge chamber walls, is determined, namely: • it was established that the boundaries of the erosion zones on the outer and inner walls of the discharge chamber from the anode side are at the intersection of one "boundary" line of force of the magnetic field with the walls, the discharge voltage, the shape of the magnetic lens, the amount of induction and the material of the discharge chamber; • the position of this "limit" line of force is determined by the value of $k \times B_{rmax}$ along the middle line of the discharge chamber (LC). 3. it is shown that increasing the traction efficiency and reducing the size of the erosion zone of the walls of the discharge chamber in the engine is achieved due to the optimization of the parameters and topology of the magnetic field.

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. Voronovskiy D., Petrenko O., Kulagin S., Maslov V., Yurkov B. Low Power Hall Thruster ST-22 with Permanent Magnets. Вісник Дніпровського університету, Серія Ракетно-космічна техніка випуск 25, 2022. <https://doi.org/10.15421/452205>
- 2. Петренко О. М., Кулагін С.М., Толлок С. В., Сербін В.В., Вороновський Д. К., Маслов В. В. Холловський двигун ST-25 для малих космічних апаратів, Збірник наукових праць «Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки», Том XXVII, 2019. Дніпровський університет. <https://doi.org/10.15421/471931>
- 3. D. Voronovskiy, S. Kulagin, V. Maslov, O. Petrenko, S. Tolok. Hall-effect thruster ST-25 with permanent magnet, Вісник Дніпровського університету, Серія Ракетно-космічна техніка випуск 23, №4, Т 28, 2020. <https://doi.org/10.15421/452005>
- 4. Кулагін С. М., Письменний Н. І., Вороновський Д. К., Юрков Б. В. Розроблення катоду, стійкого до умов експлуатації у вакуумній камері. Технічна механіка, 2021, 3, 30 – 36. <https://doi.org/10.15407/itm2021.03.030>
- 5. Yurkov B., Petrenko O., Voronovsky D., Troyan A. Test Results of a High-Speed Solenoid Valve for the Electric Propulsion Feed System, Вісник Дніпровського університету, Серія Ракетно-космічна техніка випуск 24, 2021. <https://doi.org/10.15421/452107>
- 6. Yurkov, B., Asmolovskiy, S., Pererva, V., Voronovskiy, D., Kulagin, S. (2023). Optimization of the accumulator tank filling modes of the xenon feed system for electric propulsion system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (9 (125)), 26–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287007>

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; технології; методичні документи; аналітичні матеріали

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; збільшення обсягів виробництва; поліпшення стану навколишнього середовища; економія матеріалів; підвищення продуктивності праці; поліпшення якості життя та здоров'я населення, ефективності діагностики та лікування хворих

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Білогуров Станіслав Олексійович

2. Stanislav O. Bilogurov

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.07.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2753-389X

Додаткова інформація: : <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004850724>

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Код за ЄДРПОУ: 02066747

Місцезнаходження: проспект Гагаріна, 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. Гришкевич Олександр Дмитрович

2. Oleksandr D. Hryshkevych

Кваліфікація: к. т. н., 01.02.05, 05.05.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7913-8253

Додаткова інформація: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=DA8fADcAAAAJ&hl=ru>

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. Погудін Андрій Володимирович

2. Andrii V. Pohudin

Кваліфікація: д.філософ, доцент, 142

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8673-2119

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57214223045>

Повне найменування юридичної особи: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

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

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Накашидзе Лілія Валентинівна

2. Liliya V. Nakashydzhe

Кваліфікація: д. т. н., старший науковий співробітник, 05.14.08

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3990-6718

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57190443398>

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Код за ЄДРПОУ: 02066747

Місцезнаходження: проспект Гагаріна, 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. Ткачов Юрій Валентинович

2. Yury V. Tkachev

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.07.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1556-2463

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57222178695>

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Код за ЄДРПОУ: 02066747

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

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні 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**

Полішко Сергій Олексійович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна