

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Вороновського Дмитра Костянтиновича

“Оптимізація параметрів холловського двигуна шляхом формування відповідної топології магнітного поля”,

подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю

134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Дисертаційна робота Вороновського Дмитра Костянтиновича на тему “Оптимізація параметрів холловського двигуна шляхом формування відповідної топології магнітного поля” присвячена покращенню тягово-енергетичних та ресурсних характеристик електро-реактивного двигуна холловського типу шляхом формування топології і параметрів магнітного поля.

Актуальність обраної теми дисертації

В останні роки значно зріс попит на використання електро-реактивних рушійних установок на борту сучасних космічних апаратів. Основними функціями електро-реактивної двигунної установки в складі космічного апарату є підтримка робочої орбіти, орієнтація, стабілізація, та зведення космічного апарату з орбіти після завершення його місії. Таким чином, від параметрів двигунної установки у значній мірі залежить ефективність космічного апарату в цілому. В даний час перспективним напрямком космічної діяльності людства є створення і застосування малих космічних апаратів (МКА). Інтерес до створення і використання МКА пояснюється їх відносно низькою вартістю, скороченням термінів розробки і виготовлення, зниженням ризику великих фінансових втрат в випадку невдалого запуску, а також здешевленням виведення на орбіту і експлуатації таких апаратів.

Технічний рівень і надійність ракетно-космічних систем багато в чому визначається характеристиками рушійних установок. Найбільш перспективними на сьогоднішній день є електричні ракетні двигуни (ЕРД). В ЕРД реалізовані різні механізми іонізації та прискорення заряджених частинок. На цей час найбільш затребуваним типом ЕРД являється двигун холловського типу – СПД. Технологія СПД розвивається вже більше 50 років і досягла вражаючого рівня досконалості. Тим не менше все ще лишаються резерви для поліпшення ефективності і надійності СПД. Резервом покращення характеристик СПД є його ресурсні характеристики, що визначаються взаємодією потоку прискорених іонів з конструктивними елементами двигуна. Одним з перспективних напрямів поліпшення ресурсних характеристик СПД є фокусування потоку прискорених іонів. Враховуючи принцип еквіпотенціалізації магнітних силових ліній, ступінь сфокусованості потоку іонів в значній мірі визначається конфігурацією магнітного поля в області прискорення іонів. Таким чином, саме фактори топології магнітного поля на виході з розрядного каналу СПД визначають ресурсні характеристики СПД. В свою чергу топологія магнітного поля в СПД залежить від ряду факторів, що залежать один від одного. Саме цей шлях вдосконалення обрано автором роботи для істотного покращання тягових, енергетичних і ресурсних характеристик електро-реактивного двигуна холлівського типу. Вважається, що проблема підвищення основних характеристик СПД може бути вирішена за рахунок зменшення поздовжньої протяжності області прискорення іонів на висунення її у бік виходу з розрядного каналу і локалізації її поблизу виходу з розрядної камери так, щоб його основна частина, по можливості розташовувалася поза вихідним перерізом магнітних полюсів. Таким чином, дослідження впливу величини і топології магнітного поля на інтегральні характеристики ХД та формулювання рекомендацій щодо визначення оптимального магнітного поля двигуна являють великий практичний інтерес, внаслідок чого, тематика цієї роботи є актуальною.

Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів, наданих у дисертаційній роботі.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану науково проблеми і обґрунтуванні та розробленні основної ідеї і теми дисертації, формуванні мети і завдань дослідження; теоретичному обґрунтуванні і розробленні методики розрахунку магнітного поля холловського двигуна; якісному та кількісному аналізу результатів та їх інтерпретації; оформленні статей та доповіданні результатів роботи на наукових конференціях. Результати розрахункових та теоретичних досліджень, які виносяться на захист, отримані автором самостійно. Наукові положення, висновки та рекомендації отримані та розроблені автором у результаті вивчення сучасних методів оптимізації та стану проблем при формуванні топології магнітного поля холлівських двигунів.

Автором описано та представлено основні методики проектування, розрахунку і визначення зон ерозії стінок розрядної камери, а також надані рекомендації по підвищенню енергетичної спроможності ХД та імпульсу тяги. Шляхом оптимізації параметрів і топології магнітного поля у прискорювальному каналі вдалося розробити методику розрахунку подальшого підвищення тягової ефективності, ресурсу двигуна, що суттєво впливає на економічні показники проектування, виготовлення і відпрацювання двигуна відповідної потужності.

Аналіз основного змісту роботи

У *вступі* обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, а також сформульовано мету та завдання роботи, визначені об'єкт, предмет та методи дослідження, відображена наукова новизна та практична цінність результатів дослідження; особистий внесок здобувача.

У *першому* розділі розглянуто стан розробки і напрями розвитку ХД, проаналізовано параметри сучасних магнітних систем ХД, проведено огляд

існуючих на даний час конструкцій магнітних систем. Враховуючи сучасний стан розглянутої проблеми сформульовано основні завдання дисертаційного дослідження

У другому розділі представлено огляд методів дослідження параметрів і конфігурації магнітного поля ХД, проаналізовано переваги та недоліки зазначених методів, представлено автором методику моделювання магнітних систем і методику верифікації, представлено результати використання запропонованої методики.

Третій розділ присвячений дослідженню ерозії РК.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень ХД ST-100 та ST-100M, порівняльний аналіз їх тягово-енергетичних характеристик.

Завершується робота висновками, які впливають зі змісту роботи, є логічними та віддзеркалюють основні результати дисертаційної роботи.

Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку використаних літературних джерел із 83 найменувань. Матеріали дисертаційної роботи викладені на 122 сторінках, містять 41 рисуноків та 17 таблиць.

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Викладення матеріалу дисертації є логічним і відповідає вимогам до наукових праць, а зміст роботи висвітлює основні результати наукових досліджень.

В результаті розгляду дисертаційної роботи є наступні **зауваження**:

1. З чим пов'язано зменшення тягово-енергетичних характеристик після модернізації?
2. В роботі досліджується мінімізація ерозії на стінках розрядної камери за рахунок зміни глибини положення магнітного екрану в розрядній камері. А які ще є можливості по мінімізації ерозії, слід зазначити, та зробити посилання на авторів, які це досліджували?
3. За якими параметрами ви визначили ресурс роботи двигуна?
4. У двох останніх абзацах четвертого розділу формулювання «зменшились» та «збільшилися» не зрозуміло відносно чого. Слід зазначити відносно чого.

Однак, зроблені зауваження не носять принципового характеру, не зменшують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи і не можуть істинно вплинути на загальну позитивну оцінку дисертації.

Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту

Дисертаційна робота Вороновського Д. К. на тему «Оптимізація параметрів холловського двигуна шляхом формування відповідної топології магнітного поля» повністю відповідає спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Загальні висновки

В цілому, дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням на актуальну тему. Отримані науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати утворюють нову ланку досліджень оптимального магнітного поля в

холловських двигунах, які є підґрунтям для подальшого розвитку сучасних холловських двигунів різної потужності.

Враховуючи актуальність, новизну, важливість одержаних автором наукових результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також практичну цінність сформульованих положень і висновків, дисертаційна робота Вороновського Дмитра Костянтиновича «Оптимізація параметрів холловського двигуна шляхом формування відповідної топології магнітного поля», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка відповідає вимогам чинного «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р., а її автор Вороновський Дмитро Костянтинович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Офіційний опонент

Старший науковий співробітник

Інституту технічної механіки національної академії наук і Державного космічного агентства України (ІТМ НАНУ і ДКАУ).

к.т.н



Олександр ГРИШКЕВИЧ

Підпис офіційного опонента

к.т.н. О.Д. Гришкевича засвідчую

Учений секретар Інституту технічної механіки національної академії наук і Державного космічного агентства України (ІТМ НАНУ і ДКАУ).

к.т.н., старший науковий співробітник



Людмила ЛАПІНА