

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Вороновського Дмитра Костянтиновича  
“Оптимізація параметрів холловського двигуна шляхом формування  
відповідної топології магнітного поля”, представлену на здобуття ступеня доктора  
філософії з галузі знань 13 — Механічна інженерія  
за спеціальністю 134 — Авіаційна та ракетно-космічна техніка

**Актуальність теми дисертації** підтверджується її зв'язком із тематикою наукових робіт фізико-технічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Актуальність теми полягає в тому, що оптимізація параметрів холловського двигуна через створення відповідної топології магнітного поля є важливим напрямком досліджень у сучасній технології електричних ракетних двигунів. Удосконалення цих параметрів може привести до покращення ефективності та продуктивності названих двигунів, а це, в свою чергу, має величезне значення для розвитку транспортних супутникових систем, промисловості та інших галузей, де використовуються такі двигуни.

**Наукова новизна** Отримані результати демонструють наступні наукові досягнення, випливаючи з висновків щодо конкретних завдань, які розглядалися у дослідженні:

1. Удосконалено методику розрахунку магнітних систем холловських двигунів, що дозволяє спростити процес моделювання та істотно зменшити час обчислень. Установлено чіткий взаємозв'язок між розмірами та конфігурацією магнітного поля, параметрами функціонування двигуна, довжиною та розташуванням шару іонізації та прискорення в розрядному каналі.
2. Досліджено, що межі зон ерозії на зовнішній та внутрішній стінках розрядної камери, що прилягають до анода, точно визначаються перетином "граничної" силової лінії магнітного поля зі стінками. Цей перетин залежить від різних параметрів, таких як напруга розряду, форма магнітної лінзи, величина індукції та матеріал розрядної камери. Положення цієї "граничної" силової лінії визначається значенням  $k \times B_{r \max}$  по середній лінії розрядної камери.
3. Відзначено, що оптимізація параметрів та топології магнітного поля суттєво сприяє підвищенню тягової ефективності та зменшенню розмірів зони ерозії стінок розрядної камери холловського двигуна.

### **Практичне значення роботи**

Автор ретельно розглянув та виклав основні стратегії проектування, розрахунку та визначення областей ерозії стінок розрядної камери. Крім того, він висунув рекомендації з метою підвищення енергетичної ефективності та імпульсу тяги холловського двигуна (ХД). Під час дослідження вдалося успішно застосовувати ефективну оптимізацію параметрів та топології магнітного поля в прискорювальному каналі ХД. Це дозволило розробити методику розрахунку, спрямовану на підвищення якості тягового потенціалу та робочого ресурсу двигуна. Суттєвий вплив цих досягнень відчутний на економічних аспектах проектування, виробництва та експлуатації двигуна відповідної потужності.

**Публікації за темою дисертації.** Основні матеріали дисертаційної роботи відображено у 15 наукових публікаціях: 1 стаття у журналі, який індексується у наукометричній базі Scopus, Q3 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank, 5 статей у вітчизняних фахових виданнях категорії Б; 2 статті на провідній закордонній конференції «7<sup>th</sup> edition of the Space Propulsion Conference», 7 матеріалів міжнародних та вітчизняних конференцій.

**Структура роботи.** 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 рисунок та 17 таблиць.

У **вступі** обґрунтована актуальність даної дисертаційної роботи, а також сформульована її мету та завдання. Визначені об'єкт, предмет та методологію дослідження, відзначена наукова новизна та практична значущість отриманих результатів. Представлений особистий внесок автора у виконаному дослідженні.

У **першому розділі** розглянуто сучасний стан досліджень і перспективи розвитку холловських двигунів, проведено докладний аналіз параметрів сучасних магнітних систем у холловських двигунах і детально описано існуючі конструкції цих систем. З урахуванням актуальності проведеного дослідження визначено основні завдання дослідження.

У **другому розділі** наведено огляд методів дослідження параметрів і конфігурації магнітного поля у холловському двигуні, проведено аналіз переваг і недоліків зазначених методів. Також висвітлено методику моделювання магнітних систем і методику верифікації, що були розроблені автором особисто, та представлено результати застосування запропонованої методики.

**Третій розділ** присвячений дослідженням процесів ерозії у розрядній камері.

У **четвертому розділі** наведені висновки з експериментальних досліджень ХД ST-100 та ST-100M, а також проведений порівняльний аналіз їх тягово-енергетичних характеристик.

У заключному розділі дисертації подані **висновки** відповідно до змісту роботи, вони є логічними та віддзеркалюють основні досягнення проведеного дослідження.

Високо оцінюючи представлену Вороновським Дмитром. дисертацію, вважаю за доцільне висловити деякі **зауваження та побажання**:

1. У розділі 1.3 магнітні системи (МС) поділені на дві групи: МС з котушками намагнічування і МС з постійними магнітами. Отже, до якої групи належить МС у якій використовується обидва варіанти – постійний магніт і котушка намагнічування?
2. Наведені переваги і недоліки лише МС з постійними магнітами.
3. На деяких сторінках роботи є технічні помилки верстання та компонування тексту.
4. Розділ 1.4 "безштовховно" - це новий термін?
5. На рисунку 1.5 представлений двигун із діелектричними кільцями, але не позначені діелектричні кільця.

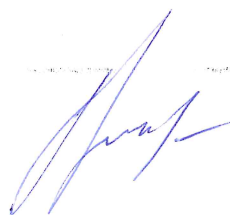
Проте, наведені зауваження не носять принципового характеру, не зменшують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи і не можуть істино вплинути на загальну позитивну оцінку дисертації.

**Загальний висновок.** Дисертаційна праця Дмитра Костянтиновича Вороновського представляє собою завершене та високорівневе наукове дослідження з актуальної теми. Одержані результати, які відзначаються науковою обґрунтованістю та практичною цінністю, створюють нові перспективи для подальшого вивчення оптимального магнітного поля у холловських двигунах. Ці досягнення є важливим внеском у наступний розвиток 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 встановленим вимогам 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 від 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами)), а її автор, Вороновський Дмитро Костянтинович заслуговує присудженню йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

### Рецензент

Доцент кафедри ракетно-космічних  
та інноваційних технологій  
Дніпровського національного  
університету імені Олеся Гончара,  
кандидат технічних наук, доцент



Юрій ТКАЧОВ

*Підпис доцента Ткачова Ю. В.  
засвідчую:*

Учений секретар Дніпровського  
національного університету  
ім. Олеся Гончара,  
кандидатка фізико-математичних  
наук, доцентка



Тетяна ХОДАНЕН