

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Юркова Богдана Володимировича

на тему **«Розробка і обґрунтування методики розрахунку системи зберігання і подачі робочої речовини електрореактивної двигунної установки»**, подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Актуальність теми дисертації.

Електрореактивні двигунні установки — це клас космічних установок, який використовує електричну енергію для прискорення робочої речовини різними можливими електричними та/або магнітними засобами. Використання електричної енергії покращує характеристики двигунів порівняно зі звичайними хімічними двигунами. На відміну від хімічних систем, електричний двигун потребує дуже малої маси для прискорення космічного корабля. Робоча речовина викидається у двадцять разів швидше, ніж із класичного хімічного двигуна, і тому вся система в рази ефективніша за масою. Таким чином, попит на електрореактивні двигунні установки зростає з кожним роком, що також пов'язано з розширенням робіт зі створення малих космічних апаратів. Система зберігання і подачі робочої речовини є критично важливою частиною будь-якої електрореактивної двигунної установки. У зв'язку з цим система зберігання і подачі істотно впливає на ефективність, вагу і вартість електрореактивної двигунної установки. Тому розробка й обґрунтування методики розрахунку системи зберігання і подачі робочої речовини є критично важливим завданням для подальшого розвитку космічних місій та забезпечення їх успіху в майбутньому, що підтверджує актуальність представленої дисертаційної роботи Юркова Богдана.

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

Головна мета дисертаційної роботи полягала в розробці й обґрунтуванні методики розрахунку системи зберігання і подачі робочої речовини. Для вирішення поставленої мети було сформульовано наступні задачі дослідження:

а) проаналізувати існуючі схеми та обґрунтувати вибір структурної схеми системи зберігання і подачі робочої речовини, на основі якої буде перевірена представлена методика;

б) запропонувати методику розрахунку параметрів балону та оптимальних параметрів робочої речовини у балоні, яка дозволить визначити тиск та густину заправки робочої речовини, завдяки чому з'являється можливість вибрати балон та визначити залишок робочої речовини під час місії;

в) розробити методику розрахунків основних елементів системи подачі робочої речовини, таких як:

– обмежувачі масової витрати для визначення необхідної довжини капіляру, для забезпечення потрібних масових витрат робочої речовини за заданих тиску та температури;

– новий конструктивний елемент (газифікатор) для запобігання потраплянню рідкої фази робочої речовини до ресивера;

– ресивер та параметри робочої речовини ресивера;

г) обґрунтувати використання модельного газу (Ar) замість ксенону для випробувань обмежувачів витрат і системи подачі загалом, включаючи виведення удосконаленої формули перерахунку масової витрати модельного газу в масову витрату ксенону;

д) оптимізувати режими наповнення ресивера з метою підтримки необхідного тиску в ресивері у разі зменшення його розрахункового об'єму й кількості спрацьовувань електроклапанів.

Оцінка змісту й обсягу дисертації

Представлена дисертаційна робота має обсяг основного тексту – 161 сторінка, складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Робота структурована, кожний наступний розділ є логічним продовженням попереднього. Зміст роботи відповідає вимогам,

встановленим освітньо-науковою програмою за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

У **вступі** відображено актуальність проблеми та визначено мету, зазначено предмет, об'єкт та методи дослідження, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, описано актуальність вибраної теми дисертації.

У **першому розділі** представлено аналіз літературних джерел інформації за темою дисертації. Розглянуто переваги і недоліки основних структурних схем систем зберігання і подачі робочої речовини. За результатами аналізу зроблено чіткі висновки щодо сучасного стану систем зберігання і подачі робочої речовини та наявності необхідних методик розрахунку. Представлено актуальну структурну схему на основі якої запропонована методика розрахунку.

У **другому розділі** розроблена методика розрахунку системи зберігання і подачі робочої речовини електрореактивної двигунної установки відповідно до структури представленої у першому розділі. Представлена методика складається з наступного.

1. Розрахунку сумарної кількості робочої речовини, в залежності від характеристик двигуна та необхідного сумарного імпульсу місії. За відомої кількості робочої речовини, можна розрахувати параметри балону та робочої речовини в ньому.

2. Розрахунку параметрів обмежувачів витрати, що робиться за методом, запропонованим автором.

3. Для уточнення фактичної довжини обмежувачів витрат, під час випробувань використовується запропонований автором метод модельного газу.

4. Розроблена методика розрахунку газифікатора для певного тиску та заданої температури у балоні, а також максимальної масової витрати, з якою робоча речовина надходить до ресивера та до двигуна.

5. Визначення об'єму ресивера, маси ресивера та зміни номінального тиску у разі зміни температури.

6. Оцінки зміни температури ресивера та робочої речовини після її проходження через обмежувач витрати.

7. Розрахунку підвищення тиску у ресивері для розрахованих параметрів робочої речовини у балоні, об'ємі ресивера, та відомому об'ємі порожнини між обмежувачем витрат робочої речовини та вхідним електроклапаном.

8. Оптимізації і розрахунку необхідної кількості спрацьовувань електроклапанів.

9. Визначенню точності підтримки тиску в ресивері з урахуванням частоти опитування датчиків та підвищенні тиску в ресивері після закриття вхідного електроклапану.

Оскільки наведена у розділі 2 методика повинна бути верифікована, у **третьому розділі** були проведені експерименти для підтвердження результатів розрахунків за запропонованою методикою. Одержані експериментальним шляхом результати підтверджують відповідність розрахункових та експериментальних даних.

У **четвертому розділі** представлено результати експериментального дослідження, розрахованої за запропонованою методикою, системи подачі робочої речовини у складі електрореактивної двигунної установки. Під час функціональних випробувань було підтверджено роботоздатність системи зберігання і подачі робочої речовини, яка необхідна для забезпечення стабільної роботи електрореактивного двигуна, що беззаперечно підтверджує практичну значимість роботи.

Розділи дисертації закінчуються проміжними висновками, які окреслюють основні положення викладеного матеріалу та результати. Загальний висновок дисертаційної роботи відображає головні наукові та практичні результати проведеного дослідження.

Наукова новизна дослідження та одержаних результатів

У дисертаційній роботі можна сформулювати такі висновки щодо наукової новизни проведеного дослідження:

а) вперше створено комплексну методику розрахунку системи зберігання і подачі робочої речовини для ЕРДУ.

б) запропоновані алгоритми підтримання тиску в ресивері, для широкого діапазону значень тисків у балоні системи зберігання робочої речовини.

в) запропоновані уточнені методики розрахунку окремих елементів системи подачі робочої речовини.

Публікації за темою дисертації. За особистим авторством та співавторством здобувача опубліковано 6 статей у фахових наукових журналах України категорії Б з технічних наук, один з яких індексуються у наукометричній базі Scopus та тези доповідей міжнародних і всеукраїнських наукових конференцій. Усі опубліковані праці за останні 5 років, що вказує на систематичність роботи над темою дисертації під час навчання у аспірантурі.

Зауваження до змісту та оформлення дисертації

1. У розділі 1.2.1 на схемі вибраної системи (рис. 1.6) представлена Digital control interface, про яку нічого не сказано у розділі. Для чого весь обмін даних від датчиків тиску і температури виконується через неї а не напряму до PPU.
2. У розділі 1.2.2 сказано що в ресивері підтримується тиск у діапазоні 2% від номінального значення, яке залежить від температури ресивера. Як визначається це номінальне значення?
3. У розділі 2.1 наводиться перелік різних речовин, які використовуються як альтернативи, але порівняння ксенону наводиться лише з аргоном, чому не порівняно з іншими згаданими речовинами?
4. На рисунку 2.27 видно значне зниження діапазону підтримуваного тиску. Для тиску на вході приблизно 6 МПа, наповнення завершується ще до того як тиск у ресивері досягне номінального значення. Чому для детальнішого дослідження цього «перехідний тиск» не був збільшений, наприклад до 7 МПа?

Загальний висновок.

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значимістю дисертаційна робота Юркова Б. В. «Розробка і обґрунтування методики розрахунку системи зберігання і подачі робочої речовини електрореактивної двигунної установки» відповідає кваліфікаційним вимогам викладеним у чинному «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), а її автор, Юрков Богдан Володимирович, заслуговує присудженню йому 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