

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
БОНДАРЕНКА ОЛЕГА ЄВГЕНІЙОВИЧА

на тему «Удосконалення масової ефективності силових елементів ракетних двигунів», представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» в галузі знань 13 «Механічна інженерія»

1. Актуальність теми дисертації

Сучасний етап розвитку ракетно-космічної галузі характеризується інтенсивним впровадженням інноваційних технологій та матеріалів, спрямованих на підвищення ефективності та надійності космічних систем при одночасному зниженні їх вартості. В умовах зростаючої конкуренції на глобальному космічному ринку та ускладнення космічних місій, критичного значення набуває оптимізація масово-енергетичних характеристик ракетно-космічної техніки, зокрема силових елементів ракетних двигунів.

Тема дисертації "Удосконалення масової ефективності силових елементів ракетних двигунів" є надзвичайно актуальною та своєчасною, оскільки вона спрямована на вирішення комплексного науково-технічного завдання підвищення питомих характеристик ракетних двигунів. Це має першорядне значення для збільшення корисного навантаження, розширення можливостей космічних місій та зниження вартості космічних запусків.

Актуальність теми підтверджується також її відповідністю пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки України, зокрема в області космічних досліджень та створення ракетно-космічної техніки нового покоління. Результати дисертації можуть сприяти підвищенню конкурентоспроможності вітчизняної ракетно-космічної галузі на міжнародному ринку.

Таким чином, тема дисертаційної роботи є актуальною, своєчасною та має важливе наукове і практичне значення для розвитку ракетно-космічної техніки та вдосконалення технологій виробництва силових елементів ракетних двигунів.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертаційна робота характеризується логічною та послідовною структурою, що повністю відповідає поставленій меті та завданням дослідження. Робота складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, чотирьох розділів, одного додатку та списку використаних джерел, що відповідає вимогам до оформлення дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Вступ містить всі необхідні елементи, включаючи обґрунтування актуальності теми, формулювання мети та завдань, визначення об'єкта та предмета дослідження, наукової новизни та практичного значення отриманих результатів. Надано вичерпну інформацію щодо апробації матеріалів дисертації на наукових конференціях та семінарах.

Перший розділ присвячений ґрунтовному аналізу існуючих методів підвищення експлуатаційних характеристик силових елементів ракетних двигунів. Автор демонструє глибоке розуміння сучасного стану проблеми та критично оцінює переваги і недоліки різних підходів.

У другому розділі автор детально розглядає методи вирішення задачі підвищення експлуатаційних характеристик, зосереджуючись на інноваційних технологіях виробництва, таких як адитивні технології та виготовлення конструкцій з композиційних матеріалів. Особливу увагу приділено топологічній оптимізації конструкцій, що свідчить про високий рівень математичної підготовки здобувача.

Третій розділ присвячений розробці та обґрунтуванню алгоритму рішення задачі топологічної оптимізації. Здобувач демонструє глибоке розуміння методу скінчених елементів та його зв'язку з фундаментальними законами механіки. Важливим аспектом є розгляд питань пластичності матеріалів та моделей зміцнення, що підвищує практичну цінність роботи.

Четвертий розділ присвячено опису практичної реалізації результатів дослідження. Проведений верифікаційний розрахунок тримкості балону високого тиску, виготовленого методом 3D-друку, підтверджує достовірність розроблених моделей. Представлені результати топологічної оптимізації кронштейну кріплення та силової рами демонструють ефективність запропонованого підходу. Важливо відзначити, що оптимізований кронштейн успішно пройшов статичні вогневі випробування у складі двигунної установки малої тяги, що підтверджує практичну значущість роботи.

Особливої уваги заслуговує аналіз зон концентрації напружень в оптимізованих конструкціях, що свідчить про комплексний підхід автора до проблеми. Проведене чисельне моделювання композитного ракетного двигуна на твердому паливі та надані практичні рекомендації щодо проектування конструкцій з композитних матеріалів підкреслюють прикладний характер дослідження.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність текстових співпадінь можна зробити висновок про її оригінальність та самостійність. Робота не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та неправомірних запозичень. Всі використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела, що свідчить про дотримання принципів академічної доброчесності.

Загалом, дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, що характеризується цілісністю, логічною структурою та відповідністю поставленим меті та завданням. Результати роботи мають як теоретичну, так і практичну цінність для розвитку ракетно-космічної галузі.

3. Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукові положення, практичні рекомендації та висновки, представлені в дисертаційній роботі, характеризуються високим рівнем обґрунтованості та достовірності. Це підтверджується використанням сучасних методів

дослідження, зокрема методу скінчених елементів та топологічної оптимізації, а також верифікацією результатів шляхом експериментальних досліджень.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

1. Вперше розроблено комплексний підхід до оптимізації геометрії силових елементів ракетних двигунів, що включає топологічну оптимізацію та врахування особливостей адитивного виробництва.

2. Запропоновано новий метод оцінки та мінімізації впливу концентраторів напружень у топологічно оптимізованих конструкціях, що підвищує їх надійність та довговічність.

3. Розроблено методику проектування композитних конструкцій ракетних двигунів на твердому паливі з оптимізованою структурою армування, що дозволяє значно знизити масу при збереженні міцнісних характеристик.

4. Вперше встановлено закономірності впливу параметрів 3D-друку на механічні властивості силових елементів ракетних двигунів, що дозволяє прогнозувати та оптимізувати їх експлуатаційні характеристики.

Практичну значимість має розроблена та експериментально підтверджена методика топологічної оптимізації у вигляді структурованого алгоритму. Ця методика дозволяє вдосконалювати масову ефективність силових елементів конструкції двигунних установок на етапі проектування з урахуванням особливостей адитивного виробництва. Важливо відзначити, що отримані конструктивні елементи були успішно впроваджені у виробництво, що підтверджує практичну цінність розробленої методики.

Достовірність отриманих результатів підтверджується їх узгодженістю з даними експериментальних досліджень та успішним проходженням вогневих випробувань оптимізованих конструкцій у складі реальних ракетних двигунів.

4. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Результати дисертаційного дослідження отримали належне оприлюднення у наукових публікаціях та на конференціях, що відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. Зокрема:

1. Опубліковано шість наукових статей у фахових виданнях України, що входять до переліку, затвердженого МОН України. Ці публікації повною мірою відображають основні положення та результати дисертаційної роботи.

2. Результати досліджень були представлені та обговорені на трьох наукових конференціях різного рівня, включаючи міжнародні. Це свідчить про апробацію роботи у науковому співтоваристві та її актуальність для галузі.

3. Матеріали дисертації використовуються у навчальному процесі при підготовці фахівців з ракетно-космічної техніки, що свідчить про їх освітню цінність.

Таким чином, можна констатувати, що результати дисертаційної роботи пройшли належну апробацію та є доступними для наукової спільноти, що відповідає принципам відкритості та прозорості наукових досліджень.

5. Дискусійні положення та зауваження до дисертації

Дисертаційна робота Олега Бондаренка, безсумнівно, є значущим науковим дослідженням, що робить вагомий внесок у розвиток методів оптимізації силових елементів ракетних двигунів. Проте, як і будь-яке інноваційне дослідження, вона містить певні аспекти, які потребують додаткового обговорення та уточнення. Критичний аналіз роботи дозволив виявити ряд дискусійних положень та сформулювати зауваження, які, на мою думку, заслуговують на увагу та можуть стати основою для подальшого вдосконалення запропонованих підходів:

1. У роботі недостатньо висвітлено питання збіжності результатів топологічної оптимізації залежно від параметрів скінченно-елементної сітки. Доцільно було б провести аналіз чутливості отриманих результатів до розміру та типу елементів, що використовуються при моделюванні.

2. У дисертації не представлено детального аналізу впливу технологічних параметрів 3D-друку (таких як орієнтація друку, товщина шару, швидкість друку) на механічні властивості отриманих силових елементів. Такий аналіз міг би підвищити практичну цінність роботи.

3. При розробці методики топологічної оптимізації не враховано можливі динамічні навантаження, які можуть виникати під час експлуатації ракетних двигунів. Відсутність аналізу поведінки оптимізованих конструкцій при вібраційних навантаженнях знижує достовірність отриманих результатів.

4. У роботі не представлено аналізу термонапруженого стану оптимізованих конструкцій, що особливо важливо для елементів, які працюють в умовах високих температур. Це обмежує застосовність розробленої методики для деяких типів силових елементів ракетних двигунів.

5. Недостатньо уваги приділено питанню технологічності отриманих оптимізованих конструкцій. Не проведено аналізу можливих обмежень та складнощів при виготовленні деталей складної геометрії методами адитивного виробництва.

6. У дисертації відсутній порівняльний аналіз ефективності запропонованого методу топологічної оптимізації з іншими сучасними методами, такими як метод рухомих асимптот або метод оптимізації розподілу рівня. Це ускладнює оцінку переваг розробленого підходу.

7. При розгляді концентраторів напружень в оптимізованих конструкціях не проведено детального аналізу їх впливу на втомну міцність елементів. Це важливий аспект для деталей, що працюють в умовах циклічних навантажень.

8. У роботі не представлено чіткої методики вибору цільової функції та обмежень для задач топологічної оптимізації різних типів силових елементів ракетних двигунів, що обмежує універсальність запропонованого підходу.

Вважаю, що ці зауваження не применшують загальної наукової цінності дисертації, а скоріше вказують на потенційні напрямки для майбутніх досліджень та розширення сфери застосування розроблених методик. Вони також демонструють складність та багатогранність проблеми оптимізації конструкцій в ракетно-космічній галузі.

