ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Болюбаша Євгена Сергійовича
на тему «Удосконалення системи розділення ракетно-космічних елементів за допомогою піротехнічних пристроїв»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 Механічна інженерія
за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційна робота Болюбаша Є.С. є актуальним і своєчасним дослідженням, спрямованим на вирішення нагальної науково-технічної проблеми, а саме – удосконалення піротехнічної системи розділення ракетно-космічних елементів. Дана задача має важливе значення для сучасної ракетно-космічної галузі, оскільки безпосередньо пов'язана зі зниженням вартості космічних запусків шляхом оптимізації масових характеристик виробів та підвищенням загальної надійності. Актуальність також підтверджується тим, що ці дослідження є складовою частиною науково-дослідних робіт Державного підприємства «Конструкторське бюро «Південне» імені М.К. Янгеля».

Наявні на сьогодні методики проєктування систем розділення на основі лінійних кумулятивних зарядів (ЛКЗ) мають недостатню точність або не повною мірою враховують особливості багатошарових перешкод складної геометричної форми. Це створює об'єктивну потребу в розробці нових, більш досконалих підходів до розрахунку та експериментальної верифікації параметрів ЛКЗ, що забезпечують гарантоване розділення ракетно-космічних елементів.

Визначення раціональних проєктних параметрів ЛКЗ (типорозміру та фокусної відстані) має комплексний характер.

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

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаної літератури та 5 додатків. Загальний обсяг дисертації: 236 сторінок, включаючи 87 рисунків та 36 таблиць.

У вступі автором висвітлено актуальність теми, сформульовано мету, об’єкт та предмет досліджень, а також визначені наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. Крім того, наведено дані щодо апробації матеріалів дисертаційної роботи.

У першому розділі проведено науково-технічний аналіз джерел інформації щодо виконавчих елементів систем розділення, виконано огляд кумулятивних зарядів та описано їх використання в ракетно-космічній техніці. Також сформульовано задачі, вирішення яких дозволить досягнути головної мети роботи.

У другому розділі розглянуто фізико-механічні характеристики матеріалів, використаних у дослідженні. Розроблено методику експериментального визначення фокусної відстані та глибини проникнення кумулятивного струменю (КС) в перешкоду, а також алгоритм визначення оптимальної фокусної відстані.

Третій розділ присвячений теоретичному дослідженню, де автор обґрунтовує обмежену придатність класичних гідродинамічних моделей для ЛКЗ з напівциліндричною кумулятивною виїмкою. Для розрахунку глибини проникнення в напівнескінченну перешкоду складної геометричної форми запропоновано введення корекційних

коефіцієнтів, що враховують вплив фокусної відстані, технологічних факторів та інших фізичних ефектів. Приводиться конструкція розробленої уніфікованої дослідної конструкції та обґрунтовується мінімальний об'єм експериментальних досліджень.

В четвертому розділі автором проведено верифікацію методики експериментального визначення фокусної відстані та глибини проникнення КС на перешкоді з алюмінієвого сплаву марки АМг6. Розроблено математичну модель, що описує залежність глибини проникнення КС від фокусної відстані, визначено оптимальну і раціональну фокусні відстані для ЛКЗ діаметром 5 мм на перешкоді з алюмінієвого сплаву марки 2219. Встановлено також напівемпіричні коефіцієнти для розрахунку глибини проникнення КС.

У п'ятому розділі представлено розроблену та верифіковану методику визначення раціонального типорозміру ЛКЗ для гарантованого прорізання багатошарових перешкод. Вперше розроблено математичну модель розрахунку еквівалентної товщини багатошарової перешкоди, яка інтегрує матеріальні та конструктивні параметри шарів перешкоди, а також враховує двофазний характер проникнення кумулятивного струменю. Експериментальне підтвердження методики на конкретному випадку багатошарової перешкоди засвідчило високу точність запропонованих рішень.

Додатки до дисертації містять акти впровадження результатів дисертаційної роботи Болюбаша Є.С. у виробничому та навчальному процесах ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля», проведено оцінку функціональних груп виконавчих елементів системи розділення методом лінійного згортання частинних критеріїв, оцінку впливу термічного розширення конструкції в польоті на величину фокусної відстані, наведено приклад вимірювання глибини проникнення КС в напівнескінченну перешкоду.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Болюбаша Є.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка та є завершеною науковою працею.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям галузі знань 13 Механічна інженерія.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Вперше розроблено експериментально-аналітичну методику визначення фокусної відстані та глибини проникнення КС ЛКЗ з напівциліндричною кумулятивною виїмкою, що відрізняється підходом встановлення ЛКЗ під малим кутом (1-2º) до перешкоди. Це дозволяє отримувати квазінеперервну залежність параметрів проникнення в межах одного випробування, що значно підвищує ефективність досліджень.

Вперше розроблено математичну модель залежності глибини проникнення КС від фокусної відстані для ЛКЗ діаметром 5 мм з напівциліндричною кумулятивною виїмкою при дії струменю на напівнескінченну перешкоду зі сплаву 2219. Вдосконалено розрахунок глибини проникнення КС даного ЛКЗ в перешкоди складної геометричної форми шляхом інтеграції гідродинамічного підходу з новими напівемпіричними коефіцієнтами.

Створено нову математичну модель розрахунку еквівалентної товщини багатошарової перешкоди з урахуванням фізико-механічних характеристик її шарів і двофазної взаємодії, що знижує потребу у великій кількості натурних випробувань.

Вперше запропоновано методику визначення раціонального типорозміру ЛКЗ, що базується на зіставленні глибини проникнення струменю з еквівалентною товщиною багатошарової перешкоди з урахуванням фокусної відстані. Методика є універсальною і може застосовуватись для нових типів матеріалів, різних поєднань шарів матеріалів у багатошарових перешкодах.

В практичному плані застосування розроблених методик дозволяє на етапі проєктування точно визначати раціональні параметри ЛКЗ для гарантованого розділення багатошарових перешкод, що знижує витрати на розробку, підвищує ефективність і надійність систем розділення, а також сприяє зменшенню маси конструкцій та підвищенню корисного навантаження ракети-носія.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджуються узгодженістю теоретичних розрахунків із результатами натурних експериментів, а також статистичною оцінкою ймовірності безвідмовної роботи системи.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, автор повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Болюбаша Євгена Сергійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана грамотною технічною українською мовою. Матеріали дисертації мають змістовну цілісність, послідовність та завершеність.

Дисертаційну роботу оформлено відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 15 наукових публікаціях здобувача. Серед них 1 стаття у закордонному виданні, віднесеного до третього квартилю (Q3) та індексується в наукометричних базах Web of Science Core Collection, Scopus; 3 статті у фахових виданнях України. Варто відзначити наявність 3 статей без співавторства, що свідчить про значний особистий внесок здобувача.

Крім того, результати дисертації були апробовані на 11 науково-технічних конференціях, що підтверджується відповідними публікаціями тез доповідей.

Таким чином, наукові результати дисертаційної роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Дисертаційні дослідження виконано на високому науково-технічному рівні. Принципових зауважень щодо змісту дисертації немає, але слід звернути увагу на наступне:

1. У розділі 5, що описує двофазний режим проникнення КС, представлені зображення стану перешкоди після впливу кумулятивного струменю (рис. 5.1). Для кращого візуального сприйняття процесу та інтерпретації зон L1 та L2, було б доцільно додати зображення перешкоди до експерименту.

2. Деякі підрозділи дисертації, зокрема підрозділи 5.5 та 5.6, містять досить об'ємні детальні розрахунки еквівалентної товщини та умови прорізання (рис. 5.9-5.15), виконані у розробленій автором програмі «Оцінка умови прорізання тришарової перешкоди ЛКЗ»

(принцип роботи якої зображений на рис. 5.8). З метою покращення читабельності основного тексту, доцільно було б розмістити ці розрахунки у Додатках до дисертаційної роботи.

3. У тексті дисертації для позначення одних і тих самих понять іноді використовуються різні синоніми (наприклад, "багатошарова перешкода" та "багатошарова структура"). Рекомендовано уніфікувати термінологію для підвищення наукової строгості та однозначності сприйняття інформації.

Висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Болюбаша Євгена Сергійовича на тему «Удосконалення системи розділення ракетно-космічних елементів за допомогою піротехнічних пристроїв» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 Механічна інженерія. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Болюбаш Євген Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Офіційний опонент:
доцент кафедри двигунобудування
фізико-технічного факультету
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара,
кандидат технічних наук, доцент Сергій БОНДАРЕНКО

М.П. «05» червня 2025 року

Підпис доцента Сергія БОНДАРЕНКА засвідчую:
вчений секретар
ДНУ імені Олеся Гончара,
кандидат фізико-математичних наук, доцент Тетяна ХОДАНЕН

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ * Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара * 02066747 *