

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Добродомова Олександра Олександровича
на тему: «Синтез ефективних конструкторсько-технологічних рішень створення
твердопаливних стартових прискорювачів малих безпілотних літальних
апаратів»

подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
галузі знань 13 «Механічна інженерія»

Актуальність вибраної теми дисертації

Сучасний розвиток безпілотних літальних апаратів супроводжується підвищенням вимог до мобільності, автономності та оперативності їх застосування. Одним із важливих чинників забезпечення цих вимог є створення ефективних стартових систем, здатних здійснювати запуск БПЛА без використання підготовленої злітно-посадкової смуги або громіздкого наземного обладнання.

Перспективним напрямом вирішення цієї задачі є застосування твердопаливних ракетних прискорювачів, які характеризуються високою питомою тягою, компактністю, конструктивною простотою, надійністю та можливістю тривалого зберігання у стані готовності до застосування. Водночас створення таких прискорювачів потребує комплексного узгодження льотно-технічних характеристик БПЛА, умов старту, тягово-часових параметрів двигуна, конструктивно-компонувальної схеми, матеріалів і технологій виготовлення.

Незважаючи на значну кількість досліджень у галузі твердопаливних ракетних двигунів, питання системного синтезу конструкторсько-технологічних рішень стартових прискорювачів саме для малих БПЛА залишаються недостатньо опрацьованими. Особливо актуальними є задачі підвищення універсальності прискорювачів, зниження їх маси та вартості, скорочення

виробничого циклу, а також створення експериментальної бази для підтвердження розрахункових характеристик.

Метою дисертаційної роботи є синтез ефективних конструкторсько-технологічних рішень створення твердопаливних стартових ракетних прискорювачів малих безпілотних літальних апаратів.

Для досягнення поставленої мети автором проведено аналіз способів запуску та класифікації БПЛА, розроблено алгоритм вибору способу запуску, досліджено конструкції та технології виготовлення паливних зарядів, розроблено методику визначення проєктних характеристик СТРП, обґрунтовано вибір матеріалів, створено тяговимірювальний комплекс, розроблено лінійку універсальних прискорювачів і перехідну раму, а також проведено стендові, кидкові та натурні випробування.

Отже, тема дисертаційної роботи Добродімова О.О. є актуальною, має важливе наукове та практичне значення і відповідає сучасним потребам розвитку авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі ракетно-космічних та інноваційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Дослідження пов'язані з виконанням держбюджетної науково-дослідної роботи «Створення і удосконалення матеріалів та технологій інноваційних та оборонної галузей промисловості» з номером державної реєстрації 0122U001286, що виконувалася у 2022–2024 роках.

Результати роботи також відповідають завданням держбюджетної науково-дослідної роботи «Розробка універсальних твердопаливних ракетних прискорювачів БПЛА та зенітних ракет для перехоплення ударних БПЛА

великого радіусу дії на їх основі» з номером державної реєстрації 0126U001728, яка виконується у 2026–2028 роках. Здобувач є відповідальним виконавцем зазначеної роботи та бере участь у розробленні стендового обладнання, дослідженні твердих ракетних палив і створенні універсальних ракетних прискорювачів.

Оцінка змісту, оформлення й обсягу дисертації

Представлена дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та чотирьох додатків. Загальний обсяг роботи становить 171 сторінку. Дисертація містить 50 рисунків, 16 таблиць, а список використаних джерел налічує 102 найменування. Робота має логічну структуру, а кожний наступний розділ є продовженням і розвитком положень попереднього.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, наведено зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету та завдання, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, розкрито наукову новизну, практичне значення, особистий внесок здобувача, відомості про апробацію та публікації.

У першому розділі проведено аналіз існуючих конструкторсько-технологічних рішень щодо створення ракетних прискорювачів для БПЛА легкого класу. Розглянуто основні способи запуску безпілотних літальних апаратів, виконано їх класифікацію, проаналізовано взаємозв'язок між масою БПЛА та параметрами стартової системи. Досліджено конструктивно-компонувальні схеми розташування прискорювачів, форми паливних зарядів, технології їх виготовлення та матеріали основних елементів СТРП. За результатами аналізу визначено область раціонального застосування твердопаливних прискорювачів і сформовано вихідні положення для подальших досліджень.

Другий розділ присвячено розробленню системного підходу до проєктування та експериментального дослідження твердопаливних ракетних прискорювачів БПЛА. Запропоновано методичні підходи до визначення проєктних характеристик СТРП для схеми розташування прискорювача під фюзеляжем і тандемної схеми. Розглянуто вибір матеріалів корпусу, заглушок і критичного перерізу сопла з урахуванням міцності, маси, теплостійкості, технологічності та вартості. Окрему увагу приділено аналізу сучасних і перспективних зв'язувальних речовин твердого ракетного палива, зокрема термопластичних систем.

У третьому розділі виконано розрахунково-експериментальну валідацію запропонованих методичних підходів. Проведено розрахунок товщини корпусу прискорювача з урахуванням можливості використання частини його товщини як внутрішнього теплозахисного шару. Здійснено порівняння енергетичних характеристик палив із різними зв'язувальними речовинами.

Автором розроблено та створено тяговимірювальний комплекс для вогневих випробувань твердопаливних ракетних прискорювачів тягою до 50 кН. Розглянуто механічну й електричну частини комплексу, питання визначення вектора тяги, метрологічного забезпечення, оцінювання похибок і калібрування тензOMETричних датчиків шляхом ступінчастого навантаження та розвантаження. У цьому ж розділі запропоновано алгоритм вибору способу запуску БПЛА залежно від характеристик літального апарата та умов його застосування.

У четвертому розділі наведено практичний приклад синтезу конструкторсько-технологічних рішень при створенні стартових прискорювачів. Запропоновано універсальну перехідну раму, яка забезпечує інтеграцію твердопаливних прискорювачів із різними типами БПЛА без істотної зміни базової конструкції літального апарата.

Обґрунтовано параметри лінійки універсальних СТРП, що включає чотири типорозміри. Проведено стендові випробування прискорювачів, за результатами

яких підтверджено відповідність тягових та енергетичних характеристик розрахунковим значенням. Кидкові й натурні випробування підтвердили працездатність запропонованих конструктивних рішень і практичну придатність розробленої методики визначення параметрів стартового розгону.

Кожний розділ дисертації завершується висновками, у яких узагальнено основні результати проведених досліджень. Загальні висновки відповідають поставленим завданням, логічно впливають зі змісту роботи та відображають отримані наукові й практичні результати.

У цілому дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог, написана науковою українською мовою, містить достатню кількість графічних матеріалів і таблиць, які сприяють розумінню результатів дослідження.

Наукова новизна дослідження та одержаних результатів

У дисертаційній роботі можна сформулювати такі основні положення наукової новизни:

- уперше розв’язану задачу узгодження проєктних характеристик СТРП із масою БПЛА, допустимим перевантаженням, необхідною кінцевою швидкістю, вимогами до старту та конструктивно-компонувальною схемою системи;
- подальший розвиток підходів до вибору матеріалів елементів прискорювача з одночасним урахуванням міцнісних, масових, технологічних і вартісних критеріїв та обґрунтування можливості використання частини товщини корпусу як внутрішнього теплозахисного шару;
- подальший розвиток принципів створення тяговимірювальних комплексів для короткочасних імпульсних режимів роботи СТРП малих БПЛА;

- обґрунтування доцільності застосування термопластичних зв'язувальних систем твердих ракетних палив як технологічної альтернативи традиційним термореактивним системам.

Практичне значення отриманих результатів дослідження

Практичне значення визначається створенням взаємопов'язаного комплексу методик, алгоритмів, конструктивних рішень та експериментальних засобів. Розроблено алгоритм вибору способу запуску; методику визначення проектних характеристик СТРП; тяговимірювальний комплекс для двигунів тягою до 50 кН; лінійку універсальних прискорювачів із сумарним імпульсом 2589–10594 Н·с; універсальну перехідну раму для інтеграції прискорювача з БПЛА різних типів.

Достовірність інженерних рішень підтверджено стендовими випробуваннями, під час яких коефіцієнт варіації не перевищив 1,15 %, та кидковими випробуваннями макета. Практичне використання результатів засвідчено актами реалізації ПрАТ «РАМЗАЙ» від 19.03.2026 р. і ТОВ «ФЛАЙТ КОНТРОЛЬ» від 06.04.2026 р., а також актом впровадження у навчальний процес ДНУ імені Олеся Гончара від 03.05.2026 р.

Результати захищено двома патентами України на корисну модель та подано дві заявки на винаходи.

Публікації за темою дисертації

Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковано у 9 основних наукових працях, серед яких 5 статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б», у тому числі одна одноосібна стаття. Результати досліджень також представлено у 15 публікаціях у матеріалах міжнародних і

всеевропейських наукових конференцій, дві з яких індексуються у наукометричній базі Scopus.

Тематика публікацій відповідає змісту дисертаційної роботи та охоплює питання створення стендової бази, верифікації характеристик твердих ракетних палив, вибору матеріалів, дослідження паливних зарядів і синтезу стартових систем БПЛА.

Опубліковані праці достатньо повно відображають основні наукові положення та практичні результати дисертації.

Особистий внесок здобувача в одержання наукових результатів, що вносяться на захист

Особистий внесок Добродомова О.О. полягає у проведенні аналізу літературних і технічних джерел, формулюванні основних завдань дослідження, розробленні методичних підходів та алгоритмів проектування, виконанні розрахункових і експериментальних досліджень.

Автор брав безпосередню участь у розробленні конструкції тяговимірювального комплексу, проведенні його калібрування, стендових вогневих випробувань і обробленні експериментальних даних. Здобувачем розроблено лінійку універсальних твердопаливних прискорювачів, запропоновано конструкцію перехідної рами, виконано аналіз отриманих результатів та сформульовано висновки дисертаційної роботи.

Основні положення та результати дисертації отримані автором особисто або за його безпосередньої участі. У спільних публікаціях внесок здобувача конкретизований і належним чином відображений.

Зауваження до змісту та оформлення дисертації

1. Наукову новизну та практичне значення інколи сформульовано з використанням близьких формулювань. Доцільно виразніше

розмежувати нові наукові результати, методичні розробки та нові конструкції.

2. В залежності (2.2) помилка – не співпадають розмірності лівої та правої частин рівняння.
3. Розділ про перспективні зв'язувальні системи міг би містити ширше порівняння вимог безпеки та екологічних аспектів виготовлення, переробки й утилізації паливних зарядів.
4. Позначення деяких величин не співпадають із загальноприйнятими в двигунобудуванні.

Зроблені зауваження не мають принципового характеру, не знижують наукової та практичної цінності проведеного дослідження і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок

За своїм фаховим спрямуванням, змістом, науковою новизною та практичним значенням дисертаційна робота Добродомова Олександра Олександровича на тему «Синтез ефективних конструкторсько-технологічних рішень створення твердопаливних ракетних прискорювачів малих безпілотних літальних апаратів» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, у якій вирішено актуальну науково-прикладну задачу створення ефективних стартових систем малих БПЛА.

Отримані результати є науково обґрунтованими, підтверджені розрахунковими та експериментальними дослідженнями, мають практичне впровадження та достатньо повно опубліковані у наукових працях здобувача.

Дисертаційна робота відповідає вимогам 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 року № 44.

Автор дисертації, Добродомов Олександр Олександрович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Рецензент:

Кандидат технічних наук, доцент
кафедри двигунобудування,
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара



Валерій БУЧАРСЬКИЙ

Підпис доцента Валерія БУЧАРСЬКОГО засвідчую:

Проректор з наукової роботи
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
Кандидат біологічних наук, доцент



Олег МАРЕНКОВ