

ВІДГУК

офіційного опонента

*на дисертацію 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»*

Актуальність теми дисертації

Розвиток безпілотних авіаційних систем упродовж останнього десятиліття суттєво змінив підходи до виконання широкого спектра цивільних, наукових і оборонних завдань. Особливої актуальності набули питання забезпечення мобільного, автономного та швидкого запуску безпілотних літальних апаратів (БПЛА) літакового типу, експлуатація яких нерідко здійснюється в умовах відсутності аеродромної інфраструктури або спеціалізованих стартових комплексів. За таких умов використання стартових твердопаливних ракетних прискорювачів є одним із найбільш перспективних технічних рішень, здатних забезпечити необхідні параметри старту при мінімальних часових та експлуатаційних витратах. Водночас проєктування стартових прискорювачів для малих безпілотних літальних апаратів є складною багатокритеріальною інженерною задачею, що потребує комплексного врахування льотно-технічних характеристик апарата, параметрів польотної місії, допустимих перевантажень, внутрішньої балістики двигуна, конструктивної схеми прискорювача, вибору матеріалів, технології виготовлення та особливостей інтеграції прискорювача із планером БПЛА. Саме комплексність зазначених проблем зумовлює необхідність створення узагальненої методології синтезу ефективних конструкторсько-технологічних рішень, яка б забезпечувала взаємоузгодження всіх етапів розроблення стартових систем.

Особливу цінність виконаному дослідженню надає те, що запропоновані автором методичні підходи не обмежуються виключно аналітичними або розрахунковими дослідженнями. Отримані результати підтверджені комплексом стендових випробувань, експериментальними дослідженнями та кидковими випробуваннями дослідних зразків, що свідчить про достатній рівень практичної апробації розроблених технічних рішень. Це істотно підвищує рівень достовірності отриманих результатів та розширює можливості їх подальшого практичного використання під час створення перспективних безпілотних авіаційних комплексів.

З огляду на наведене тема дисертаційної роботи є своєчасною, актуальною та має важливе наукове і прикладне значення для розвитку методів проєктування стартових систем безпілотних літальних апаратів, а також відповідає сучасним потребам розвитку авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертацію виконано на кафедрі ракетно-космічних та інноваційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара в межах держбюджетних науково-дослідних робіт «Створення і удосконалення матеріалів та технологій інноваційних та оборонної галузей промисловості» (№ 0122U001286, ФТФ-3-22, 2022–2024) та «Розробка універсальних твердопаливних ракетних прискорювачів БПЛА та зенітних ракет для перехоплення ударних БПЛА великого радіусу дії на їх основі» (№ 0126U001728, 2026–2028).

Тематика дисертації повністю відповідає змісту зазначених науково-дослідних робіт, а отримані результати є логічним продовженням комплексних досліджень, що виконуються на кафедрі у напрямі розвитку сучасних стартових систем безпілотних літальних апаратів. Особистий внесок здобувача є чітко

визначеним, достатньо аргументованим і повністю відповідає тематиці дисертаційного дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів та практичне значення результатів роботи

Наукова новизна роботи полягає у формуванні системного підходу до створення стартових твердопаливних прискорювачів малих БПЛА та в розвитку розрахунково-експериментальних засад їх проектування. До найбільш вагомих результатів слід віднести:

1. **уперше запропоновано** комплексний підхід до узгодження параметрів безпілотного літального апарата та стартового твердопаливного прискорювача, що дозволяє ще на ранніх етапах проектування визначати раціональні характеристики стартової системи з урахуванням маси літального апарата, допустимого перевантаження, необхідної швидкості відриву та конструктивних особливостей комплексу;

2. **одержали подальший розвиток** методичні підходи до вибору конструкційних матеріалів елементів стартового прискорювача шляхом одночасного врахування міцнісних, теплових, технологічних, масових та економічних критеріїв, що дозволило підвищити ефективність конструктивних рішень та запропонувати використання частини товщини корпусу як елемента внутрішнього теплозахисту;

3. **одержали подальший розвиток** принципи створення спеціалізованих тяговимірювальних комплексів для дослідження короткочасних режимів роботи стартових твердопаливних двигунів, що забезпечують підвищення точності визначення їх тягово-часових характеристик;

4. для задач створення стартових прискорювачів малих БПЛА **обґрунтовано** перспективність застосування термопластичних зв'язувальних систем твердих ракетних палив як альтернативи традиційним термореактивним

композиціям, що відкриває можливості для удосконалення технології виготовлення паливних зарядів та їх повторної переробки.

Практичне значення визначається створенням взаємопов'язаного комплексу методик, алгоритмів, конструктивних рішень та експериментальних засобів. Розроблено алгоритм вибору способу запуску; методику визначення проєктних 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 КОНТРОЛ» 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.

Що у сукупності підтверджує наукову новизну та практичну цінність дисертаційної роботи.

Аналіз змісту та структури дисертації

Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 171 сторінку; дисертація містить 50 рисунків, 16 таблиць, список використаних джерел із 102 найменувань та 4 додатки. Структура роботи загалом відповідає поставленій меті, визначеним завданням і логіці проведення дослідження.

У першому розділі автором виконано ґрунтовний аналіз сучасного стану розвитку стартових систем безпілотних літальних апаратів. Проведений огляд

літературних джерел свідчить про достатню обізнаність здобувача із сучасними тенденціями розвитку безпілотної авіації та існуючими технічними рішеннями щодо забезпечення автономного старту БПЛА. Позитивною особливістю розділу є те, що автор не обмежився простим узагальненням відомих рішень, а виконав їх критичний аналіз, визначивши існуючі проблеми та напрями подальших досліджень. Саме це стало підґрунтям для коректного формулювання мети, завдань і науково-прикладної задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі викладено методичні засади проєктування стартових твердопаливних прискорювачів. Цей розділ є одним із ключових у роботі, оскільки саме в ньому сформовано методичний апарат дослідження. Автором послідовно розглянуто питання визначення основних проєктних параметрів стартового прискорювача, вибору конструктивних матеріалів, аналізу енергетичних характеристик палив, а також розроблення спеціалізованого тяговимірювального комплексу. Важливо відзначити, що запропоновані методичні рішення мають комплексний характер і орієнтовані на практичне використання під час інженерного проєктування.

У третьому розділі результати теоретичних досліджень доведено до рівня конкретних конструктивно-компонувальних рішень. Автором запропоновано алгоритм вибору способу запуску безпілотних літальних апаратів, сформовано параметричний ряд універсальних стартових прискорювачів, виконано їх експериментальне дослідження та підтверджено відповідність отриманих характеристик результатам розрахунків. Саме цей розділ демонструє здатність здобувача ефективно поєднувати результати математичного моделювання з практичними інженерними рішеннями.

У четвертому розділі наведено приклади практичного використання запропонованої методики під час створення стартових систем для безпілотних літальних апаратів. Розроблення універсальної перехідної рами, проведення кидкових випробувань та підтвердження працездатності запропонованих

конструктивних рішень свідчать про завершеність виконаного дослідження та його орієнтацію на практичне впровадження. Важливо, що автор довів можливість застосування запропонованих методичних положень не лише під час розрахунків, а й у процесі створення реальних технічних виробів.

Завершується робота загальними висновками, які є логічними, цілком впливають із результатів дослідження та повною мірою відображають основні отримані результати.

Загалом зміст дисертації повністю відповідає її назві, поставленій меті та визначеним завданням. Висновки до кожного розділу є змістовними, логічно пов'язаними з проведеними дослідженнями та узгоджуються із загальними висновками роботи. Дисертація має завершений характер, а отримані результати утворюють єдину систему взаємопов'язаних наукових положень, що забезпечує вирішення поставленої науково-прикладної задачі, та відповідає спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Повнота опублікування та апробація результатів

За даними дисертації, основні результати опубліковано у 5 статтях наукових фахових виданнях України категорії «Б» (одна стаття одноосібна), а також у 15 матеріалах міжнародних наукових конференцій, з яких 2 індексуються у базі Scopus. Тематика публікацій охоплює стендову базу, характеристики палив, геометрію зарядів, матеріали та синтез стартових систем. Результати доповідались на міжнародних і всеукраїнських конференціях, зокрема International Astronautical Congress та конференціях «Людина і космос».

Наведені публікації й апробація достатньо відображають основні положення роботи.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими та логічно впливають із проведених теоретичних і експериментальних досліджень.

Достовірність отриманих результатів забезпечується комплексним використанням сучасних методів наукових досліджень, які відповідають поставленій меті та характеру розв'язуваних задач. У процесі виконання роботи автором застосовано методи системного аналізу, інженерного проектування, розрахунки внутрішньої балістики твердопаливних двигунів, термохімічне моделювання, міцнісний та тепловий аналіз конструкцій, сучасні CAD-засоби проектування, а також комплекс експериментальних досліджень із використанням спеціально створеного тяговимірювального комплексу.

Особливої уваги заслуговує те, що автор не обмежився лише теоретичними дослідженнями. Запропоновані методичні положення були підтверджені результатами стендових вогневих випробувань, а остаточна перевірка працездатності конструктивних рішень здійснювалася шляхом кидкових випробувань розробленого макета стартової системи. Такий підхід свідчить про високий рівень завершеності виконаного дослідження та істотно підвищує довіру до отриманих результатів.

Позитивною особливістю дисертаційної роботи є послідовність викладення матеріалу. Усі результати досліджень взаємопов'язані між собою: аналіз сучасного стану проблеми логічно переходить у формування методичних засад проектування, далі — у розроблення конкретних конструктивних рішень, після чого їх ефективність підтверджується експериментально. Така структура свідчить про належний рівень наукової культури автора та правильність обраної методології дослідження.

Наукові положення, сформульовані у дисертації, характеризуються внутрішньою логічною узгодженістю, а зроблені висновки повною мірою відповідають отриманим результатам досліджень та підтверджуються наведеними експериментальними даними. Отже, ступінь обґрунтованості та достовірності результатів дисертаційної роботи не викликає сумнівів.

Мова та стиль викладення

Дисертаційну роботу викладено українською мовою з дотриманням вимог до оформлення кваліфікаційних наукових праць.

Матеріал подано послідовно, логічно та зрозуміло. Текст характеризується належним рівнем наукового стилю, коректним використанням спеціальної технічної термінології та достатнім рівнем аргументованості викладених положень. Ілюстративний матеріал, таблиці та графічні залежності є інформативними, добре узгоджуються з основним текстом дисертації та сприяють кращому сприйняттю результатів дослідження.

Окремі стилістичні та редакційні неточності, що трапляються у тексті дисертації, мають поодинокий характер, не впливають на правильність викладення результатів дослідження та не знижують загального позитивного враження від роботи.

Академічна доброчесність

За результатами аналізу дисертаційної роботи ознак некоректного запозичення, фабрикації або фальсифікації не встановлено. Усі використані ідеї, результати та твердження інших авторів супроводжуються відповідними посиланнями на першоджерела.

Зауваження та дискусійні положення

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу в цілому, слід висловити такі зауваження та побажання:

1. У вступі перспективну область використання СТРП визначено для БПЛА зі злітною масою 15–150 кг, тоді як у висновках наведено лінійку для апаратів масою 28–260 кг. Доцільно чіткіше пояснити причину розширення діапазону та межі застосовності методики.

2. Обґрунтування термопластичних зв'язувальних систем має переважно аналітичний характер. Бажано ширше подати власні експериментальні дані щодо механічних властивостей, швидкості горіння,

старіння та температурного діапазону працездатності запропонованих композицій.

3. Для лінійки універсальних СТРП доцільно було б навести єдиний формалізований критерій вибору меж типорозмірів і показати чутливість результату до допустимого перевантаження та потрібної кінцевої швидкості БПЛА.

4. У дисертації основну увагу приділено стартовим прискорювачам для безпілотних літальних апаратів літакового типу. Водночас запропоновані методичні підходи потенційно можуть бути адаптовані й до інших класів безпілотних систем, що, на думку опонента, є перспективним напрямом розвитку виконаного дослідження.

5. Автором виконано значний обсяг експериментальних досліджень, однак у роботі недостатньо уваги приділено порівняльному аналізу отриманих характеристик із сучасними закордонними аналогами стартових твердопаливних прискорювачів. Таке порівняння дозволило б більш наочно продемонструвати конкурентоспроможність запропонованих конструктивних рішень.

Наведені зауваження мають переважно уточнювальний і дискусійний характер, не заперечують достовірності основних результатів, не знижують наукової та практичної цінності роботи й можуть бути враховані автором у подальших дослідженнях.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Добродімова Олександра Олександровича на тему «Синтез ефективних конструкторсько-технологічних рішень створення твердопаливних стартових прискорювачів малих безпілотних літальних апаратів» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальну науково-прикладну задачу синтезу ефективних конструкторсько-технологічних рішень створення твердопаливних ракетних прискорювачів малих БПЛА.

За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю, практичним значенням, повнотою опублікування результатів, структурою та змістом дисертація 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 р. № 44, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Офіційний опонент:

Кандидат технічних наук, Доцент кафедри
інформаційних технологій проектування,
декан факультету літакобудування,
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»


Дмитро КРИЦЬКИЙ

Підпис Дмитра Крицького засвідчую

Проректор з НІР та МЗ




Мікаїл ГАРАЄВ