

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертацію Пророки Владислава Аркадійовича  
«Розроблення методичних підходів до проектування суборбітальних ракет-  
носіїв», подану до захисту на здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

### **Актуальність теми дисертації**

Суборбітальні ракети-носії – це клас літальних апаратів, які залучені у космічну діяльність та широкий спектр наукових досліджень провідних країн світу. Такі ракети використовуються для розв’язання задач, пов’язаних із створенням та розвитком нових технологій, дослідженням атмосфери та навколоземного простору, проведенням досліджень в умовах мікрогравітації тощо. У той же час, можна констатувати відсутність українських суборбітальних ракет-носіїв, що суттєво обмежує можливості комплексного розвитку ракетно-космічної галузі та зумовлює відставання окремих напрямків вітчизняної науково-технічної діяльності відносно загальносвітового рівня.

Дисертаційна робота Пророки В. А. присвячена виконанню важливого наукового і прикладного завдання синтезу методичних засад щодо проектування суборбітальних ракет-носіїв, яке закладає основу для розвитку діяльності зі створення ракет даного типу в Україні. Автором обґрунтовано, що окрім прямого виконання завдань, характерних для суборбітальних ракет-носіїв, розробка таких літальних апаратів сприятиме активізації робіт зі створення ракет-носіїв, призначених для виведення корисних вантажів на навколоземні орбіти. Тому, запропоновану тему дослідження слід вважати актуальною та своєчасною.

### **Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі ракетно-космічних та інноваційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара відповідно до одного з напрямів досліджень держбюджетної науково-дослідної роботи Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара: «Системне проектування ракетно-космічних комплексів» (номер держреєстрації 0122U200073, ФТФ-2-22, 2022–2024).

Метою дисертаційної роботи є створення методології проектування суборбітальних ракет-носіїв для підвищення ефективності їх застосування.

### **Наукова новизна отриманих автором результатів**

Наукова новизна результатів дослідження, отриманих особисто здобувачем, полягає у наступному:

1. Уперше запропоновано концептуальні засади розвитку в Україні напряму суборбітальних ракет-носіїв та обґрунтовано його потенціал у



вирішенні прикладних задач у сфері науки, промисловості та створення перспективних літальних апаратів.

2. Уперше застосовано системний підхід до процесів проектування суборбітальних ракет-носіїв, який передбачає пошук рішень на кожному з рівнів ієрархічної структури у інтересах досягнення максимального значення цільової функції. У рамках представленої методології зроблено акцент на її міждисциплінарну інтеграцію.

3. Уперше розроблено класифікатор суборбітальних ракет-носіїв, який передбачає їх поділ на п'ять типів залежно від маси корисного вантажу, висоти апогею та функціонального призначення. Така класифікація дає змогу формалізовано визначати допустимі діапазони проектних параметрів для кожного типу та здійснювати аналіз технічних рішень безпосередньо в процесі проектування. Крім того, даний результат сприяє систематизації та структуризації наявного закордонного досвіду створення суборбітальних ракет-носіїв.

4. Уперше для суборбітальних ракет-носіїв кількісно оцінено вплив геометричних характеристик аеродинамічного обтічника — зокрема форми, подовження та наявності аеродинамічної голки — на висоту апогею за фіксованої маси корисного вантажу. Отримані результати можуть бути використані для підвищення ефективності траєкторного проектування суборбітальних літальних апаратів.

5. Розроблено технічні підходи до використання суборбітальних ракет-носіїв для виведення засобів перехоплення небажаних космічних об'єктів на низькі навколоземні орбіти. Проведено порівняльний аналіз застосування суборбітальних і орбітальних ракет-носіїв, який засвідчив потенційну масову ефективність суборбітальних засобів за рахунок зниження стартової маси в окремих сценаріях виведення.

Проаналізувавши та оцінивши наукові результати, їх новизну і достовірність, слід зазначити, що сформульована в дисертаційній роботі мета дослідження досягнута повністю, наукові результати обґрунтовані і мають наукову цінність, а здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

#### **Практичне значення одержаних результатів**

1. Застосування запропонованих методичних підходів дозволяє здійснювати пошук оптимальних варіантів суборбітальних ракет-носіїв для досягнення максимального значення висоти апогею.

2. Запропоновано методику оцінки аеродинамічних характеристик суборбітальних ракет-носіїв із застосуванням методів обчислювальної



гідрогазодинаміки, що є універсальною і може бути застосована для проектування ракет інших типів.

3. Систематизація існуючих методик оцінювання параметрів твердих ракетних сумішевих палив із подальшою перевіркою шляхом проведення стендових вогневих випробувань ракетних двигунів дозволяє розробляти високоенергетичні тверді ракетні палива з новими рецептурами, що є одним із шляхів підвищення ефективності застосування ракетних комплексів.

4. Застосування методики визначення оптимальних параметрів геометрії скріплених зарядів із зіркоподібним каналом дозволяє розробити параметричні моделі ракетних двигунів на твердому паливі, що забезпечують можливість варіювання рецептури палива, його маси, геометричних параметрів корпусу та умов роботи камери згоряння з метою досягнення заданих експлуатаційних характеристик.

5. Отримані в межах дисертаційного дослідження результати дозволяють сформулювати комплекс методологічних засад та практичних рекомендацій, що сприяють реалізації заходів з розробки вітчизняних суборбітальних ракет-носіїв, а також можуть бути інтегровані до навчального процесу закладів вищої освіти України.

Ключові наукові результати запроваджено в освітній процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара для підготовки бакалаврів і магістрів за дисциплінами «Проектування та конструювання літальних апаратів», «Інженерні розрахунки в CAD/CAE системах», «Балістика ракет» а також для підготовки дипломних та курсових робіт здобувачів вищої освіти за спеціальністю 134 – «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Методичні підходи, запропоновані в дисертаційній роботі, були застосовані на етапі проектування сімейства надлегких експериментальних ракет проєкту «Студентська ракета», які успішно пройшли льотні випробування у 2018–2021 рр.; отримані результати дослідження інтегровані у процес створення перспективних конструкторсько-технологічних рішень ТОВ «ФЛАЙТ КОНТРОЛЬ» (Flight Control LLC).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та їх достовірність**

Достовірність отриманих результатів забезпечується:

- результатами виконаних за безпосередньої участі автора низки експериментальних досліджень, зокрема стендових вогневих випробувань ракетних двигунів твердого палива;
- перевіркою методики розрахунку аеродинамічних характеристик суборбітальних ракет-носіїв шляхом порівняння із відомими



експериментальними результатами, отриманими у ході продувок відповідних моделей ракет у аеродинамічних трубах;

- публікацією статей у фахових виданнях України та за кордоном;
- апробацією отриманих наукових результатів на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конгресах, конференціях і круглих столах;
- впровадженням отриманих результатів у освітній процес фізико-технічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;
- впровадженням у діяльність щодо створення перспективних розробок ТОВ «ФЛАЙТ КОНТРОЛ» (Flight Control LLC);
- льотними випробуваннями сімейства надлегких експериментальних ракет проєкту «Студентська ракета», під час розробки яких використано ряд висвітлених у роботі методичних підходів до проєктування.

### **Аналіз змісту дисертації**

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел та 2 додатків. Загальний обсяг роботи становить 201 сторінку, основний – 136 сторінок. Список використаних джерел налічує 133 найменування.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану розвитку світового сегменту суборбітальних ракет-носіїв. Сформульовано основні задачі, для розв'язання яких використовують зазначені літальні апарати, а також обґрунтовано актуальність розв'язку цих задач для науки і господарства України. Одним із найважливіших результатів розділу є розробка класифікатора суборбітальних ракет-носіїв за масою корисного вантажу, висотою апогею та призначенням, що забезпечує систематизацію та порівняльну характеристику існуючих конструктивних рішень.

У другому розділі автором представлено методологію проєктування суборбітальних ракет-носіїв у вигляді загального алгоритму, поданого у вигляді графічної схеми. Проаналізовано особливості процесів проєктування суборбітальних ракет-носіїв у порівнянні з ракетами-носіями, призначеними для виведення об'єктів на навколоземні орбіти. Здобувачем продемонстровано відповідність прийнятих у роботі теоретичних положень і підходів до теоретичної оцінки характеристик твердих сумішевих ракетних палив експериментам, що полягали у проведенні випробувань ракетних двигунів твердого палива. Розроблено методику розрахунку оптимальної з точки зору режиму роботи двигуна геометрії скріпленого заряду твердого ракетного палива з каналом у формі зірки. Розроблено методичні підходи до оцінки аеродинамічних характеристик суборбітальних ракет-носіїв з використанням методів обчислювальної гідрогазодинаміки. Отримано значний науковий



результат, який забезпечує зменшення коефіцієнта лобового опору на надзвукових швидкостях для аеродинамічних обтічників ракет малого подовження.

Третій розділ присвячено питанням практичного застосування розроблених у другому розділі методичних підходів до проектування суборбітальних ракет-носіїв. Вибір факторів, що можуть впливати на ефективність застосування даних літальних апаратів обґрунтовується отриманими у розділі результатами. У той же час, сукупність указаних факторів не є вичерпною і вона може бути доповнена подальшими дослідженнями. Представлено залежність впливу цих факторів на кожен із запропонованих автором класів суборбітальних ракет-носіїв, яка демонструє комплексність підходів, застосованих у дослідженні.

Аналіз структури дисертації свідчить про її відповідність поставленим задачам та меті наукового дослідження.

Наприкінці кожного розділу дисертаційної роботи наведено висновки, які підсумовують отримані наукові результати. У загальних висновках дисертації узагальнені значущі результати роботи в цілому, які відображають наукові та практичні досягнення автора.

Дисертаційна робота Пророки Владислава Аркадійовича «Розроблення методичних підходів до проектування суборбітальних ракет-носіїв» відповідає спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Дисертаційна робота за структурою та змістом відповідає вимогам, є завершеною науковою працею, її результати свідчать про наявність особистого внеску здобувача у галузі знань Механічна інженерія.

#### **Публікація та апробація основних результатів дисертації**

Основні матеріали дисертаційної роботи відображено у 5 наукових статтях: 1 статті у журналі, який індексується у наукометричній базі Scopus та входить до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal, 1 статті у журналі, який є фаховим виданням категорії А та індексується у наукометричній базі Scopus (Q4) та 3 статей у фахових виданнях категорії Б. Отримано патент на корисну модель, що полягає у використанні суборбітальних ракет для перехоплення небажаних космічних об'єктів. До здобутків автора слід віднести 13 апробаційних публікацій за результатами участі у конгресах та науково-практичних конференціях всеукраїнського і міжнародного рівнів. Слід підкреслити, що 6 доповідей автора на International Astronautical Congress 2021-2024 років також індексуються в Scopus.

#### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота Пророки Владислава Аркадійовича написана українською мовою, має змістовну цілісність та послідовність.



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

### **Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності**

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні, про що свідчить висновок перевірки на плагіат за допомогою спеціалізованої програми StrikePlagiarism.

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

### **Зауваження до дисертації**

1. На мою думку у назві дисертаційної роботи недоцільно вживати слово «розроблення», оскільки воно має скоріше техніко-економічне чи нормативно-бюрократичне забарвлення, ніж наукове. Вважаю більш вдалим вибором вживання по відношенню до методичних підходів до проєктування слів «розробка», «створення», «формування» або «синтез».

2. У меті дослідження вжита конструкція «сукупність методичних підходів і практичних рекомендацій» за визначенням відповідає поняттю «методологія» — вважаю, що його вживання було б доречнішим для академічного стилю.

3. Зазначене положення щодо впровадження методики визначення оптимальних параметрів геометрії скріплених зарядів із зіркоподібним каналом, яке подано автором у контексті практичної цінності, не знайшло відображення в розділі, присвяченому науковій новизні. Через це враження від досягнутого результату є дещо фрагментарним і відстороненим від загальної методології дослідження, що впливає на цілісність представлення наукових здобутків. Доцільним є чітке узгодження відповідних положень практичної цінності з формулюваннями наукової новизни, особливо якщо йдеться про елементи, що прямо впливають із розробленої методології.

4. У роботі розглянуто виключно конструктивні варіанти з використанням композитних матеріалів для створення оболонок суборбітальних ракет-носіїв. Проте методологія дослідження могла б здобути додаткову цінність, якби враховувала також нюанси розробки металевих корпусів. Хоча з погляду масової досконалості використання металу не завжди є оптимальним рішенням, воно може виступати корисним компромісом з огляду на наявні виробничі потужності, обладнання та технологічні процеси. Інтеграція аналізу як композитних, так і металевих оболонок сприяло би комплекснішому підходу до



вибору конструктивних рішень, що позитивно позначилося на науковій та практичній значущості дослідження.

Узагальнюючи викладене, зазначені зауваження не змінюють загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, адже її наукові та практичні результати залишаються вагомим внеском у розвиток галузі.

### **Загальні висновки**

Вважаю, що дисертаційну роботу здобувача ступеня доктора філософії Пророки Владислава Аркадійовича на тему «Розроблення методичних підходів до проектування суборбітальних ракет-носіїв» виконано на високому науковому рівні. Робота є завершеним науковим дослідженням, результати якого мають теоретичну та практичну цінність і спрямовані на розв'язання комплексної наукової задачі, що має важливе значення для розвитку галузі знань «Механічна інженерія». Зміст дисертації не суперечить принципам академічної доброчесності, а її актуальність, наукова новизна та практична цінність відповідають вимогам, визначеним пунктами 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 року № 44.

Здобувач Пророка Владислав Аркадійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

### **Рецензент:**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри ракетно-космічних  
та інноваційних технологій  
Дніпровського національного  
університету імені Олеся Гончара



**Юрій ТКАЧОВ**

*Підпис доцента Юрія ТКАЧОВА*  
засвідчую:

### **Учений секретар вченої ради**

Дніпровського національного  
університету імені Олеся Гончара,  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент



**Тетяна ХОДАНЕН**