

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Бакуна Володимира Андрійовича
на тему «Випробувальний вогняний стенд висотних рідинних ракетних
двигунів малої тяги», 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 на тему «Випробувальний вогневий стенд висотних рідинних ракетних двигунів малої тяги» присвячена вирішенню актуального науково-технічного завдання — створенню ефективного стендового обладнання для кваліфікаційної перевірки рідинних ракетних двигунів малої тяги в умовах, що імітують розріджене середовище космічного простору.

Актуальність дослідження зумовлена загальносвітовими тенденціями розвитку космічної техніки, передусім зростанням попиту на автономні ракетноносії малого класу, малі супутники та відповідні засоби їх виведення. За таких умов особливого значення набувають компактні, економічно ефективні та технологічно гнучкі випробувальні комплекси, здатні забезпечити достовірну перевірку характеристик двигунів у стислі терміни.

На тлі високої вартості, складності експлуатації та обмеженої адаптивності існуючих вакуумних стендів зростає потреба у більш універсальних, мобільних та оперативно переналаштовуваних рішеннях. Це особливо актуально в умовах обмеженого фінансування науково-дослідних і прикладних проєктів.

У межах дисертаційної роботи запропоновано підхід, який відповідає цим викликам. Розроблений стенд базується на поєднанні чисельного моделювання термогазодинамічних процесів із застосуванням фізико-математичних моделей та використанням адитивних технологій для виготовлення ключових конструктивних елементів. Такий підхід дозволяє суттєво скоротити витрати і терміни створення обладнання, водночас забезпечуючи високу функціональну гнучкість і відповідність сучасним випробувальним стандартам.

Практична цінність роботи полягає у можливості прямого використання створеного стенда для кваліфікаційних випробувань двигунів, а також у його потенціалі як складової технологічної інфраструктури для розвитку вітчизняного ракетобудування.

Таким чином, обрана тематика є цілком обґрунтованою з огляду на актуальні завдання галузі, має виразну прикладну спрямованість і сприяє поступовому наближенню національної експериментальної бази до міжнародного рівня.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

У дисертаційній роботі отримано низку наукових результатів, що становлять вагомий внесок у розвиток інженерних підходів до створення випробувального обладнання для рідинних ракетних двигунів малої тяги.

Передусім, у роботі запропоновано вдосконалений метод проєктування випробувального вогневого стенда, який ґрунтується на інтеграції декількох високоточних інженерних методик. Здобувач поєднав твердотільне моделювання, що забезпечує визначення основних конструктивних параметрів системи, з чисельним розв'язанням рівнянь Нав'є–Стокса для моделювання термогазодинамічних процесів у середовищі, максимально наближеному до умов функціонування висотного двигуна. Урахування граничних умов, притаманних газоежекторній системі та сопловому потоку, дало змогу суттєво підвищити достовірність результатів. Запропонований підхід є математично обґрунтованим і водночас технологічно придатним для практичного впровадження в інженерному середовищі.

Уперше створено випробувальний вогневий стенд, здатний забезпечувати стабільну роботу рідинного ракетного двигуна з тягою від 180 Н до 200 Н в умовах глибокого розрідження на рівні близько 466 Па (3,5 мм рт. ст.) на зрізі соплового насадка двигуна. Досягнення такого рівня вакууму забезпечується сумісною роботою двигуна та газоежекторної установки.

Окрему увагу приділено використанню сучасного виробничого підходу до виготовлення елементів стенда, зокрема адитивних технологій. Це дозволило реалізувати складні конфігурації систем подачі робочих речовин та охолодження, які є недосяжними або економічно невиправданими при застосуванні традиційних технологій. Використання 3D-друку дало змогу скоротити строки виготовлення компонентів, зменшити їх масу та знизити виробничі витрати, що є критично важливим у разі обмежених ресурсів або під час створення прототипів нових технічних рішень.

Таким чином, дисертаційна робота вирізняється комплексним і міждисциплінарним підходом до вирішення поставленого науково-технічного завдання. Запропоновані технічні та методологічні рішення мають не лише наукову новизну, але й практичну значущість: вони відкривають нові можливості для проєктування та випробувань сучасних рідинних ракетних двигунів у випадках, коли необхідна висока точність і мінімізація витрат на етапі експериментальної перевірки. Результати дослідження мають прикладний характер і вже впроваджені в експериментальну базу підприємства, що здійснює діяльність у сфері ракетно-космічної техніки, що підтверджується відповідним актом впровадження.

Отже, поставлене в дисертації наукове завдання виконано в повному обсязі, а здобувач повністю опанував методологію наукової діяльності.

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

За змістом дисертаційна робота здобувача Бакуна В. А. повністю відповідає спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» та напрямам досліджень, визначеним освітньою програмою за цією спеціальністю.

Робота є завершеним самостійним науковим дослідженням і підтверджує наявність особистого внеску здобувача у розвиток наукового напряму ракетно-космічної техніки.

Аналіз звіту про текстові збіги засвідчив, що дисертаційна робота є результатом самостійної дослідницької діяльності здобувача. У ній відсутні ознаки фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату чи недобросовісних текстових запозичень. Використані ідеї, результати та фрагменти текстів інших авторів належним чином оформлені з відповідними бібліографічними посиланнями на першоджерела.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота виконана українською мовою. Вона вирізняється чіткою структурою, логічною послідовністю викладу та науковою обґрунтованістю. Виклад матеріалу здійснено академічною мовою, що відповідає вимогам наукових досліджень. Стиль викладення лаконічний, інформативний, без надмірної складності, що забезпечує доступність сприйняття та сприяє аналітичному опрацюванню інформації. Робота демонструє високий рівень академічної культури, дотримання норм наукової комунікації, є зрозумілою і доступною для фахівців у галузі авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Обсяг роботи становить 178 сторінок, структура відповідає встановленим вимогам і включає вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної тематики в контексті сучасного розвитку ракетно-космічних технологій, сформульовано мету, завдання, наукову новизну, методологічну основу дослідження, а також вказано особистий внесок здобувача. Наведено інформацію щодо апробації результатів дослідження на наукових заходах та їх публікації у фахових виданнях.

Перший розділ присвячено аналізу наукових джерел, що стосуються випробувань рідинних ракетних двигунів, зокрема в умовах, наближених до висотних. Виокремлено актуальні науково-технічні проблеми, які залишаються недостатньо дослідженими, та визначено перспективні напрями подальших розробок.

У другому розділі подано математичний опис досліджуваних процесів на основі рівнянь Нав'є–Стокса, рівняння енергії, моделей турбулентності та хімічних перетворень. Змодельовано спільну роботу газо-ежекторної установки та рідинного ракетного двигуна в газодинамічному робочому об'ємі.

Третій розділ присвячено розробленню експериментального стенду та особливостям конструювання стендового обладнання із застосуванням технології 3D-друку, що забезпечило гнучкість конфігурації та зниження виробничих витрат. Проведено серію експериментальних випробувань, результати яких використано для верифікації обчислювальних моделей.

У четвертому розділі обґрунтовано конструкцію газо-ежекторної установки та суміжних систем, визначено її основні параметри, принцип дії, алгоритм інтеграції в структуру випробувального комплексу, а також розроблено циклограми функціонування. Запропоновані технічні рішення свідчать про високий рівень інженерної опрацьованості та практичну цінність роботи.

П'ятий розділ присвячено аналізу вібраційних впливів, які виникають під час функціонування ракетного двигуна та газо-ежекторної установки. Проведено спектральну обробку сигналів, визначено критичні частоти та розроблено рекомендації щодо зменшення негативного впливу вібраційних навантажень на роботу стендового обладнання.

У висновках узагальнено отримані результати, сформульовано основні наукові й прикладні положення, що виносяться на захист, а також наведено рекомендації щодо практичного застосування результатів у проектуванні рідинних ракетних двигунів.

Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертаційного дослідження здобувача оприлюднено у 7 публікаціях, зокрема 4 статті опубліковано у виданнях, включених на момент публікації до Переліку наукових фахових видань України. Крім того, результати дослідження апробовано на трьох наукових фахових конференціях.

Публікації відображають зміст і основні положення дисертаційної роботи «Випробувальний вогняний стенд висотних рідинних ракетних двигунів малої тяги», оприлюднені у виданнях, що індексуються у вітчизняних та міжнародних наукометричних базах. Це засвідчує відповідність дослідження сучасним критеріям наукової новизни, академічної доброчесності та практичної значущості. У публікаціях наявні коректні посилання на використані джерела, простежується самостійність наукових висновків, відсутні ознаки плагіату, фабрикації чи маніпулювання результатами.

Таким чином, наукові результати, викладені у дисертації, належним чином оприлюднені та пройшли наукову апробацію.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Незважаючи на те, що кожне окреме джерело у списку використаних джерел оформлено відповідно до вимог стилю APA, спосіб цитування у тексті роботи не узгоджується з цим стандартом. Зокрема, замість форми «(Автор, дата)», наприклад: (Smith, 2020; Brown & Green, 2019; Johnson et al., 2021), у дисертації застосовано нумеровані посилання у квадратних дужках, що є характерним для інших бібліографічних стилів (наприклад, ДСТУ або ГОСТ). Список джерел також подано з порушенням вимог APA — відсутній навислий (від'ємний) абзацний відступ та застосовано нумерацію записів. Така невідповідність між оформленням бібліографічного списку та форматом посилань у тексті суперечить принципам стилістичної єдності та коректності наукового апарату роботи.

2. Огляд літератури, представлений у дисертаційній роботі, загалом є достатнім для розкриття теми. Водночас обґрунтування актуальності дослідження та демонстрація наукової новизни могли б бути переконливішими

та ґрунтовнішими, якби в оглядовій частині було здійснено глибший критичний аналіз сучасних наукових робіт, опублікованих протягом останніх 3–5 років у рецензованих міжнародних виданнях. Такий підхід відповідав би кращим практикам академічного письма та сприяв більш чіткому виявленню нерозв'язаних питань, визначенню наукових прогалин і аргументованому формулюванню новизни отриманих результатів.

3. На стр. 74 автор стверджує, що «отриманні дані використанні для уточнення моделі, а також оптимізації конструктивних параметрів двигуна з метою підвищення його надійності та ефективності». Викликає сумнів використання в даному випадку терміну параметри двигуна, а головне як надалі оцінювалася «надійність та ефективність». Інформація про це відсутня.

4. В тексті дисертації використовуються численні величини вимірювання тиску - бар, мм.рт. стовпчика, Мпа, кгс/см² тощо. Це затруднює сприйняття інформації.

5. Автор чітко визначає існуючий діапазон тяг досліджуваного двигуна, але не наводить даних щодо можливості використання розробленого вогневого стенду для досліджень двигунів з іншим діапазоном тяг. Така інформація була б корисна для наступних досліджень, що важливо з точки зору великої вартості таких інженерних споруд. Для уточнення моделі, а також оптимізації конструктивних параметрів двигуна з метою підвищення його надійності та ефективності».

Узагальнюючи викладене, зауваження стосуються окремих аспектів обґрунтування та повноти викладення дослідження, однак не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. Отримані наукові й прикладні результати становлять вагомий внесок у розвиток галузі, а висловлені зауваження мають на меті сприяти підвищенню рівня наукової аргументації та чіткості викладення матеріалу.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційну роботу здобувача ступеня доктора філософії Бакуна Володимира Андрійовича на тему «Випробувальний вогняний стенд висотних рідинних ракетних двигунів малої тяги» виконано на високому науковому рівні. Робота є завершеним науковим дослідженням, результати якого мають теоретичну значущість і практичну цінність, а також спрямовані на розв'язання наукової задачі, що має істотне значення для розвитку галузі знань 13 «Механічна інженерія». Зміст дисертації не суперечить принципам академічної доброчесності, а її актуальність, наукова новизна та практична значущість 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 Бакун Володимир Андрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Офіційний опонент:

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

Юрій ТКАЧОВ

11.06.2025 р.