

РЕЦЕНЗІЯ

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.

Актуальність теми дисертаційної роботи «Випробувальний вогняний стенд висотних рідинних ракетних двигунів малої тяги» не викликає сумнівів, оскільки робота направлена на вдосконалення реального процесу випробувань рідинних ракетних двигунів, що в цілому підвищує ефективність і надійність таких засобів, оскільки конструктивні зміни та удосконалення можуть бути швидко перевірені в автоматизованому режимі, що відповідає умовам експлуатації (зокрема, при розрідженні, наближеному до космічного).

Зазвичай випробувальне обладнання дозволяє оцінювати певні характеристики, які за потреби можуть бути уточнені для різних швидкостей руху, полів температур, тиску оточуючого середовища тощо. Як правило, таке обладнання є стаціонарним, коштовним і малоуніверсальним і призначається для конкретних конструкцій двигунів.

Виклики сьогодення вимагають оперативного реагування не тільки у царині виробництва рідинних двигунів, а і в засобах діагностики та випробувань.

Робота має важливе значення як для розвитку ракетобудівної галузі в цілому, так і для практичного застосування у вигляді кваліфікаційних випробувань для сертифікації рідинних ракетних двигунів.

Запропоновані рішення передбачають розробку компактного та економічно обґрунтованого випробувального стенду, який може бути впроваджений на виробничих майданчиках профільних підприємств для сертифікації та доведення якості рідинних ракетних двигунів малої тяги.

Практичним результатом дослідження є зменшення витрат і часу на випробування, що підсилить конкурентні переваги вітчизняних підприємств.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

В дисертаційній роботі поставлене наукове завдання удосконалення та впровадження підходів до випробування рідинних ракетних двигунів малої тяги у середовищі, що імітує космічний вакуум.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- удосконалено методологічний підхід до проектування випробувального вогневого стенду рідинних ракетних двигунів малої тяги. Для цього поєднано методи твердотільного моделювання (для отримання початкових даних про процес) з термогазодинамічними розрахунками за рівняннями Нав'є-Стокса. Запропонована методика враховує граничні умови, характерні для режимів роботи висотного двигуна та газо-ежекторної установки, що підвищує точність моделювання;

- удосконалено підхід до створення елементів випробувальних вогневих стендів висотних рідинних ракетних двигунів за рахунок застосування адитивних технологій. Це дозволило формувати конструктивні елементи газоповітряного тракту та паливної системи, недоступні традиційним методам виготовлення, з одночасним скороченням часу виготовлення, витрат і ваги конструкції.

- розроблено модель термогазодинамічних процесів спільної роботи висотного рідинного ракетного двигуна та газоежекторної установки

На основі науково обґрунтованих теоретичних положень вперше створено випробувальний вогневий стенд для тестування висотних рідинних ракетних двигунів тягою 180 – 200 Н. Особливість стенду – спільна робота газо-ежекторної установки та двигуна, яка забезпечує розрідження робочого середовища на зрізі сопла до 3.5 мм. рт. ст. Це дозволяє імітувати висотні умови роботи двигуна в лабораторних випробуваннях;

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі космічної інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках ініціативної теми під керівництвом доцента кафедри, кандидата технічних наук Мариношенка Олександра Петровича.

Поставлені науковим керівником задачі виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Бакуна В.А. повністю відповідає спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка та

напрямам досліджень відповідно до освітньої програми «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, її текст логічний, чіткий і послідовний, висвітлює особистий внесок здобувача у розвиток наукового напрямку ракетно-космічної техніки.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Бакуна Володимира Андрійовича 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 українською мовою. Дисертаційна робота характеризується логічною послідовністю викладення матеріалу, чіткою структурою та обґрунтованими переходами між розділами. Текст викладено доступною науковою мовою з дотриманням принципів академічної культури письма. Автор висвітлює теоретичні засади дослідження, обґрунтовує прийняті моделі, припущення та крайові умови, наводить методологію побудови системи керування, надає експериментальні результати, їх статистичне опрацювання та аналіз. Стиль викладення витримано в межах наукової традиції, без надмірної складності або спрощення, що дозволяє легко сприймати викладене. У роботі використовуються загальноприйняті терміни в галузі авіа- та ракетобудування, загальної механічної інженерії та математичного моделювання, що сприяє однозначному трактуванню результатів. Ілюстративний матеріал, рівняння та графіки доречно підтримують зміст, забезпечуючи наочність і переконливість представлених висновків.

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 178 сторінок.

У *вступі* автор обґрунтовує актуальність теми, формулює мету й завдання дослідження, наводить наукову новизну й практичну цінність отриманих результатів, визначає власний внесок у дослідження, а також надає інформацію про публікації та апробацію результатів роботи.

Перший розділ присвячено аналітичному огляду джерел, у яких розглянуто особливості випробувань, що проходять рідинні ракетні двигуни. На основі аналізу визначено ключові підходи до проведення кваліфікаційних випробувань ракетних двигунів в умовах, що наближено імітують космічний вакуум.

У *другому розділі* описаний процес моделювання термогазодинамічних явищ, які протікають під час випробувань двигуна. Описані фізичні та

плагіату, а результати репрезентуються прозоро та з урахуванням наукової етики.

Наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Пункт наукової новизни, наведений у рукописі стор.7,8 щодо вперше розробленого вогневого стенду мабуть краще було б винести у практичну цінність дослідження, тим більше, що другий пункт практичної цінності щодо розроблених моделей носить чітку теоретичну орієнтованість і являє інтерес саме до основ, на яких подібний стенд було створено.

2. В п.23, стор.62, слід навести розрахункову схему, що спрощує сприйняття міркувань щодо моделювання, оскільки рівняння тензору напружень (2.3) має бути узгоджене із стінками та параметрами середовища.

3. Бажано було б подати обґрунтування необхідності наведення інформації в п.2.3.3. та 2.3.4 (стор.66-69): чи це є стандартний апарат описаних пакетів, чи автором уточнено пені параметри наведених моделей.

4. В п.2.5 стор.74 наводиться інформація щодо натурних випробувань? Тоді бажано було б зазначити режими випробувань, а також надати порівняння результатів, отриманих при теоретичних та при практичних дослідженнях.

5. У розділі 3 автором наведено результати комплексного розрахунку на міцність конструкції ГТД20 (стор.89-91). Однак автором недостатньо обґрунтовано потреба у такій інформації для вирішення поставлених задач.

6. Пункт 4.3. змісту роботи – Проектування газо-ежекторної установки.. стор.118 мабуть краще було б назвати «методологія модульної конструкції...» тим більше що на стор. 129 автор наводить відповідні картини розподілу термобаричних полів для різних варіантів розташування форсунок.

7. Також не зовсім вдалим можна вважати і назву 5 розділу «Розробка вібраційного захисту...», стор.139. Даний термін більше відноситься до процесу (розробка, проектування), а не до отриманих результатів.

8. У цьому ж таки розділі відсутні схеми встановлення датчиків, картини з яких, рис. 5.1-5.5. автор подає далі за текстом, стор.144-146. Таку інформацію треба було б подати. Подана далі інформація на стор.148-150 щодо усунення вібрацій потребує уточнень, у тому числі, і з порівнянням діаграм спектрів шуму, наведених вище.

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

математичні моделі, які використовувались для формалізації задачі, наводяться припущення, спрощення та обмеження моделі.

Третій розділ містить опис практичної реалізації вакуумного стенду для проведення випробувань рідинного ракетного двигуна малої тяги. Автор запропонував схему стенду, що пройшла верифікацію реальними випробуваннями. Запропонований підхід, який базується на використанні адитивних технологій, дозволяє швидко реалізовувати необхідні конструктивні параметри випробувального обладнання.

Четвертий розділ містить опис експериментальної розробки газо-ежекторної установки. Наведені основні технічні характеристики та розроблені циклограми роботи даної установки.

У *п'ятому розділі* проаналізовані основні вібраційні навантаження, що були створені термогазодинамічними процесами в середині камер згоряння газо-ежекторної установки та двигуна, що випробовувався. Автор запропонував засоби зменшення впливу вібрацій на конструкцію стендового обладнання та відповідні технічні рішення.

У *висновках* узагальнено ключові результати дослідження, що були отримані в процесі виконання дисертаційної роботи. Додатки містять допоміжні матеріали та документи, які підтверджують практичне впровадження результатів.

Дисертаційна робота оформлена 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 7 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікацій здобувача відповідає вимогам до дисертаційних робіт за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, відзначається високим ступенем обґрунтованості результатів, коректністю формулювань, актуальністю тематики та чітким спрямуванням на вирішення поставлених у дисертації завдань. Публікації охоплюють як теоретичні аспекти побудови випробувального обладнання для рідинних ракетних двигунів так і його практичну реалізацію. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, простежується значний особистий внесок здобувача, зокрема у формулювання основних положень та проведення досліджень. Автор дотримується принципів академічної доброчесності: в публікаціях чітко наведено джерела використаних ідей, відсутні прояви

Висновок про дисертаційну роботу.

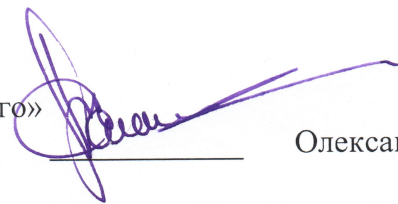
Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Бакуна Володимира Андрійовича на тему «Випробувальний вогняний стенд висотних рідинних ракетних двигунів малої тяги» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, 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 Бакун Володимир Андрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Рецензент:

Професор кафедри
конструювання машин
НТТУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
д.т.н., професор



Олександр САЛЕНКО

« 9 » серпня 2025 року