

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Векілова Саміра Шамсійовича

«Підвищення гідравлічних характеристик трактів рідинних ракетних двигунів, виготовлених із застосуванням адитивних технологій»,
представлену на здобуття вченого ступеня доктора філософії
за спеціальністю 134 - Авіаційна та ракетно-космічна техніка

1. Актуальність і новизна теми

Одним з ефективних напрямів розвитку авіаційної та ракетно-космічної техніки є вдосконалення характеристик двигунів. У зв'язку з цим дисертаційна робота, спрямована на підвищення гідравлічних характеристик трактів рідинних ракетних двигунів шляхом використання адитивних технологій, є **практично актуальною**.

Зазначена задача потребує проведення циклу наукових робіт із пошуку раціонального поєднання нових можливостей, які відкривають зазначені технології з отримання нових конструктивних рішень, із тим впливом (у тому числі негативним), який ці технології спричиняють на якість поверхонь, що контактують із потоком палива та окиснювача. Відомі публікації за цією темою присвячені визначенню якості поверхонь, але не містять інформації щодо її впливу на гідравлічні характеристики. Це визначає **наукову актуальність** цієї роботи.

Таким чином, тема дисертації має значну наукову і практичну актуальність, а об'єкт досліджень має новизну.

2. Значення для науки і практики

Найбільш значущим **науковим результатом**, який уперше отримано автором і який визначає відповідність дисертації вимогам до рівня кваліфікаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора філософії, є визначення залежності гідравлічних характеристик форсунок РРД, виготовлених методом адитивних технологій, від зміни їх геометричних параметрів і кутового положення побудованої поверхні відносно базової технологічної поверхні.

Встановлено також залежності шорсткості поверхні від зазначеного кутового положення, характерні для процесу L-PBF.

Зазначені результати отримано на основі численних експериментальних досліджень реальних зразків форсунок та інших елементів проточної частини гідравлічного тракту РРД.

Дисертація має суттєве **значення для практики**:

В оглядовій частині роботи виконано детальний та докладний аналіз конструктивних рішень щодо методів адитивного виробництва, які можуть бути

використані для виготовлення елементів РРД, особливості конструкції елементів камер згоряння РРД, які забезпечують подачу компонентів палива та охолодження двигуна.

Запропоновані залежності шорсткості від кута нахилу поверхонь друку мають загальнотехнічне значення, тому що можуть бути використані для аналізу поверхонь у будь-яких виробках.

Отримані залежності коефіцієнту витрати відцентрових та струминних форсунок від їх геометричних параметрів мають стати методичною основою проектування змішувальних головок камер РРД, виготовлених на основі адитивних технологій.

3. Обґрунтованість і вірогідність результатів

Основні результати і висновки дисертації представляються достовірними, добре обґрунтованими та випробуваними.

Автор базує свої дослідження на детальному кваліфікованому аналізі проблеми та робіт інших дослідників, які виконано у напрямку її вирішення.

В основу методики дослідження покладено самостійне отримання експериментальних даних, досвід попередників, відокремлення значущих факторів, формування математичної структури моделі.

Експерименти проведено на значній кількості зразків із використанням атестованих вимірювальних засобів і класичних статистичних методів обробки. Тому достовірність використаних експериментальних даних, отриманих результатів і розроблених моделей не викликає сумнівів.

Висновки, наведені автором в дисертації, повністю відповідають її змісту й отриманим результатам.

4. Повнота викладення дисертації в публікаціях

На протязі періоду роботи автора над дисертацією її результати починаючи з 2019 р. регулярно висвітлювались у статтях і матеріалах науково-технічних конференцій. Автор приводить список із 12 таких робіт, з них 7 статей у вітчизняних фахових журналах, і 5 матеріалів міжнародних конференцій. Аналіз цих робіт дозволяє вважати, що всі основні результати дисертації опубліковані та відомі широкому колу вчених.

5. Оформлення дисертації

Оформлення дисертації відповідає встановленим вимогам.

Зміст анотації достатньо повно відбиває зміст дисертації, її структуру та основні результати.

6. Зауваження

Зауваження до методики дослідження та результатів:

1). Склад вхідних параметрів моделі, які впливають на гідравлічні характеристики, не визначався за експериментальними даними, а обирався автором на основі апріорних знань. Про це свідчить відсутність дисперсійного аналізу серед використовуваних методів дослідження. Проте відомостей щодо обґрунтування такого вибору в роботі явно бракує.

2). Робота набула б значно вищого наукового рівня, якщо б результати дослідження гідравлічних характеристик елементів, вироблених із використанням адитивних технологій, порівняти із гідравлічними характеристиками тих же елементів, отриманих на основі базових, класичних технологій. Такі порівняння дали б змогу розповсюдити їх на елементи гідравлічних трактів не тільки РРД, а й інших об'єктів.

Зауваження до подання дисертації та її оформлення:

3). У вступі не сформульовано науково-практичне завдання, на вирішення якого спрямована робота.

4). Оглядовий розділ роботи виконується для того, щоб обґрунтувати необхідність вирішення саме задач даної роботи для досягнення сформульованої мети. Тому розділ 1 має завершитися формулюванням цих задач. Але цього немає. Завдання роботи сформульовано у вступі, але не як завдання, які мають бути виконані, а як результати, отримані в результаті роботи.

5). Якщо метою роботи є дослідження залежностей гідравлічних параметрів паливних форсунок РРД від геометричних параметрів та, напевно, параметрів адитивного технологічного процесу, то у першому розділі було б необхідно насамперед оглянути існуючі методи визначення характеристик форсунок та інших елементів гідравлічних трактів. Такого аналізу в першому розділі немає. Замість цього наведено інформацію щодо відомих залежностей, а не методів їх отримання. Елементи зазначеного аналізу присутні вже в наступному, другому розділі.

6). У розд. 3.1 представлено результати дослідження струменевих форсунок. Характеристики гідравлічних каналів такої конфігурації добре досліджено та наведено у довідниках. Було б доцільно порівняти отримані автором експериментальні результати та визначити, які відмінності вносять у ці характеристики адитивні технології. Але ж такого порівняння не було зроблено.

7). Результати дослідження гідравлічних характеристик форсунок у розділі 4 представлено в табличній формі, яка сприймається набагато складніше за графічну.

8). Текст роботи не позбавлений деяких граматичних помилок та неточностей. Так, наприклад, у списку публікацій автора (стр. 17 дисертації, номер 4) невірно вказані сторінки журналу; кут розпилу на початку розділу 2 позначено як α , а на рис. 3.12 – як β .

7. Висновки

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи – вони скоріше є наслідком складності процесів, які розглянуто автором.

У цілому, за своїм змістом робота суттєво виходить за ті рамки, що визначено сформульованою автором метою. В ній розглянуто не тільки форсунки, але й майже всі головні елементи рідинного тракту, по якому паливо та окиснювач надходять до камери згоряння. Дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні та є значною працею, яка містить нові науково обґрунтовані результати в галузі авіаційної та ракетно-космічної техніки, які є вирішенням важливого науково-практичного завдання визначення впливу геометричних параметрів на гідравлічні характеристики форсунок та інших елементів рідинного тракту, виготовлених із використанням адитивних технологій.

Дисертація відповідає спеціальності 134 – авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Таким чином, результати, викладені в дисертаційній роботі, відповідають вимогам пп. 6-9 "Порядку присудження ступеня доктора філософії...", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.22 р. №44, а її автор – **Векілов Самір Шамсійович** – заслуговує присвоєння вченого ступеня доктора філософії.

Завідувач кафедри
конструкції авіаційних двигунів
Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,
заслужений діяч науки і техніки України
докт. техн. наук, професор

 Сергій ЄПІФАНОВ

Підпис Єпіфанова Сергія Валерійовича **ЗАВІРЯЮ.**
Проректор з науково-педагогічної роботи університету,
канд. техн. наук, доцент

« ____ » _____ 2024 р.



 Андрій ГУМЕННИЙ