

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Назаренка Георгія Володимировича на тему: «**Закономірності впливу конструктивних параметрів на коефіцієнт корисної дії насосів ракетних двигунів верхніх ступенів**» подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Актуальність вибраної теми дисертації

В умовах конкуренції на ринку ракет-носіїв вироблені основні вимоги, які висуваються до сучасних рідинних ракетних двигунів. Сучасний двигун повинен мати високу надійність у всьому діапазоні експлуатаційних умов, при цьому повинен мати високі характеристики, що дозволяє збільшити масу корисного вантажу. Також вартість відпрацювання і виготовлення двигуна повинна бути низькою. Найбільш ефективний спосіб у розробці нового двигуна – модернізація вузлів і агрегатів у відпрацьованих рідинних ракетних двигунів (РРД), надійність яких була неодноразово перевірена протягом багатьох запусків ракет-носіїв. Однак, параметри наявних вузлів і агрегатів розроблених ще у ХХ столітті, як правило, нижчі за ті, що потребує сьогодення. Тому важливим завданням стає підвищення параметрів наявних вузлів і агрегатів у відпрацьованих РРД. Це дозволяє не розробляти вузол або агрегат двигуна заново, а лише покращити один або кілька його елементів, за допомогою яких підвищуються параметри агрегату двигуна в цілому. Турбонасосний агрегат (ТНА) – це один із найскладніших агрегатів РРД з насосною системою подачі палива. Від значень коефіцієнта корисної дії (ККД) насосів і питомої роботи газу турбіни залежить питомий імпульс тяги двигуна без допалювання. Для використання схеми з допалюванням від ККД насосів і турбіни залежить баланс потужності ТНА. Тому підвищення ККД насосів агрегатів системи подачі – одна із найважливіших задач в розробці сучасного двигуна ракет-носіїв верхніх ступенів. У даній роботі представлено експериментальне дослідження впливу конструктивних параметрів насоса РРД на його коефіцієнт корисної дії і кавітаційні властивості, отже, вважаю проведене Георгієм Назаренком дослідження актуальним.

Головна мета дисертаційної роботи полягала у підвищенні ефективності насоса ТНА РРД ракети-носія верхнього ступеня, шляхом удосконалення його конструктивних параметрів. Для вирішення поставленої мети було сформульовано наступні задачі дослідження:

1) провести ретроспективний аналіз шляхів підвищення ККД ракетних і цивільних лопатевих насосів, проаналізувати гідродинамічні процеси, які відбуваються в проточній частині насоса під час його роботи та визначити перелік конструктивних параметрів, які найбільше на них впливають;

2) визначити та експериментально підтвердити, які конструктивні параметри змінюють турбулентність течії робочого тіла в проточній частині насоса, підвищують об'ємний і гідравлічний ККД, а також оцінити вплив кожного конструктивного параметра на величину загального ККД насосів РРД ракети-носія;

3) на основі аналізу експериментальних даних встановити зміни режиму

течії робочого тіла по проточній частині насоса та оцінити їх вплив на антикавітаційні властивості насоса після його модернізації за розробленими напрямками;

4) розробити методику підвищення ККД і оцінки кавітаційних характеристик насоса РРД з урахуванням запропонованої модернізації його конструкції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Вибрана тема дисертації відповідає перспективним напрямкам наукових досліджень Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Напрямок досліджень безпосередньо пов'язаний з виконанням держбюджетної теми №0116U002265 «Дослідження процесів у перспективних двигунних установках ФТФ-48-16», у яких автор був виконавцем. Вона базована також на результатах наукових, дослідних і конструкторських робіт, які виконувалися автором у Державному підприємстві «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля» і Національного космічного агентства України в межах міжнародних контрактів на РН «Циклон-4» (Акт впровадження додається)

Оцінка змісту, оформлення й обсягу дисертації

Представлена дисертаційна робота має вступ, чотири розділи, висновок, список використаних джерел та додатки. Робота чітко структурована, кожний наступний розділ є логічним продовженням попереднього. Обсяг тексту дисертації становить 258 сторінок, з них 151 – основний текст. У роботі представлено 19 рисунків та 18 таблиць. Оформлення роботи відповідає чинним вимогам освітньо-наукової програми за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

У вступі визначено мету та завдання дослідження, зазначено предмет, об'єкт та методи дослідження, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, описано актуальність вибраної теми дисертації.

У першому розділі показано ретроспективний аналіз літератури з визначення величин повного ККД для лопатевих насосів, використаних в різних сферах промисловості. Визначені основні шляхи підвищення ККД для сучасних лопатевих насосів. Проведені дослідження показують, що роботи з підвищення ККД велими актуальні і проводяться для всіх сучасних лопатевих насосів.

У другому розділі розглянуто, результати розрахункових і експериментальних даних за якими отримані рівняння для визначення коефіцієнту напору і ККД при зміні зазору між плаваючими кільцями і буртами відцентрового колеса для насосів РРД верхніх ступенів. Всебічно проаналізувавши розрахункові і експериментальні дані з'ясувалося, що різниця між ними доходить до 1,5%. При збільшенні величини тиску після плаваючого кільця, розташованого на задньому бурту відцентрового колеса в ~ 3,5 рази ККД насоса зростає ~ на 1%. Встановлено вплив на гідравлічний ККД наступних зміни конструктивних параметрів насоса. Встановлені граничні умови, за яких наявність перепускних отворів в провідному диску відцентрового колеса для насосів РРД верхніх ступенів підвищує їх ККД на 3,3 %. З'ясовано, що рекомендації, видані в літературі по величині відносного зазору між язиком спірального збірника і лопатками відцентрового колеса, не підходять для насоса РРД третього ступеня. Також за результатами розрахункових і експериментальних даних були отримані рівняння для визначення коефіцієнту напора і ККД при

збільшенні відносного зазору між язиком спірального збірника і лопатками відцентрового колеса.

Також проведені дослідження течії робочого тіла по проточній частині насоса РРД верхнього ступеня при: застосуванні шнека змінного кроку ККД насоса збільшується на 1,3%; зменшенні товщини лопаток відцентрового колеса насоса на зовнішньому діаметрі з боку всмоктування \sim у 2 рази від номінальної товщини, збільшило його ККД на 2,7%; зменшенні діаметру входу у відцентрове колесо на 9 % ККД насоса збільшився на \sim 3%; збільшенні числа лопаток відцентрового колеса ККД насоса зростає на 1,5%.

Третій розділ представляє аналіз експериментальних даних по впливу конструктивних параметрів на величину коефіцієнта кавітаційного зриву насоса РРД верхнього ступеня. Встановлено, що конструктивні параметри плаваючого кільця, розташованого на передньому бурту відцентрового колеса, підвищує величину кавітаційного коефіцієнта швидкохідності у діапазоні від 7,8 до 16,1 %. За результатами розрахункових і експериментальних даних отримані рівняння для визначення величини кавітаційного коефіцієнта швидкохідності при зміні зазору між плаваючими кільцями і буртами відцентрового колеса для насосів РРД верхніх ступенів.

Четвертий розділ дисертації завершує послідовність вирішення поставлених на початку задач. У ньому представлена розрахунково-експериментальна методика підвищення ККД і оцінці кавітаційних характеристик насоса РРД з урахуванням запропонованої модернізації його конструкції.

Висновки сформульовано до кожного розділу роботи, найбільш вагомими з них, що цілком, на мою думку, відповідають поставленим завданням та логічно випливають з проведеного дослідження, подано в кінці роботи.

Наукова новизна дослідження та одержаних результатів

У дисертаційній роботі можна сформулювати такі висновки щодо наукової новизни проведеного дослідження:

- встановлені залежності коефіцієнта напору, коефіцієнта корисної дії і кавітаційного коефіцієнта швидкохідності від величини зазору між плаваючими кільцями і буртами відцентрових коліс для насосів турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів ракет-носіїв верхніх ступенів, що дозволило підвищити точність визначення коефіцієнта корисної дії і кавітаційного коефіцієнта швидкохідності;
- визначена і експериментально підтверджена оптимальна форма упорного кільця, яке слугує упором для плаваючого кільця, розташованого на передньому бурту відцентрового колеса, при якій забезпечується підвищення антикавітаційної якості насосів турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів ракет-носіїв верхніх ступенів;
- визначені і обґрунтовані граничні умови, за яких наявність перепускних отворів у провідному диску відцентрового колеса підвищує коефіцієнт корисної дії насосів турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів ракет-носіїв верхніх ступенів.

Практичне значення отриманих результатів дослідження

Розроблена експериментально-теоретична модель розрахунку необхідної кількості змін конструктивних параметрів для підвищення ККД і визначення кавітаційного коефіцієнта швидкохідності наявних насосів РРД ракет-носіїв верхніх ступенів при їх модернізації. Також результати даної роботи можна використовувати в проектуванні нових насосів РРД ракет-носіїв верхніх ступенів для отримання максимального можливого значення ККД. Створено методичне і інформаційне забезпечення, алгоритми, програмні засоби і методики, які були використані під час впровадження отриманих результатів у практику проектування ДП «КБ «Південне»

Публікації за темою дисертації

Основні результати роботи опубліковані у 13 наукових працях: 6 статей у наукових фахових виданнях України, одна з них одноосібна опублікована у виданні категорії А, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus та відноситься до третього квартилю Q3, одна у виданні, що входить до міжнародній наукометричної бази Copernicus, Google Scholar, усі інші – у виданнях категорії Б; та 7 тез доповідей у збірниках міжнародних наукових конференцій. Основний зміст публікацій повністю відповідає змісту дисертації.

Особистий внесок здобувача в одержання наукових результатів, що виносяться на захист

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні ретроспективного аналізу сучасної наукової інформації з питання підвищення ККД відцентрових і шнековідцентрових насосів, які використовуються як в народному господарстві, так і в авіаційній та ракетно-космічній техніці. Проведений усесторонній глибокий аналіз результатів експериментальних досліджень насоса окислювача рідинного ракетного двигуна РД861К і визначений вплив кожного конструктивного параметра, який був змінений, у порівнянні з прототипом, на його ККД і напір. Визначений вплив на кавітаційну характеристику насоса окислювача рідинного ракетного двигуна РД861К кожного конструктивного параметра, який був змінений, порівняно з прототипом. Розроблена експериментально-теоретична методика розрахунку необхідної кількості змін конструктивних параметрів насоса, що модернізується за умови запозичення основних технічних рішень у насоса прототипу, для підвищення його ККД і визначення антикавітаційних якостей.

Зауваження до змісту та оформлення дисертації

1. На сторінці 54 вказано, що напрямки експериментального дослідження велися методом експертних оцінок, але в роботі не наведено методики, за якими цей метод було реалізовано.

2. У розділі 4 дисертаційної роботи наведені дві розрахункові методики, які містять у собі практичну цінність отриманих наукових результатів. Нажаль, не наведено результати розрахунків за ними та їх детальної верифікації з результатами, що отримані за другими методиками та іншими дослідниками. Є тільки коротке посилання на порівняння з результатами розрахунків насосів – до речі, також проведених автором у попередніх розділах.

3. Предмет дослідження даної роботи обмежений насосами верхніх ступенів ракет-носіїв. З роботи не зрозуміло, які особливості насосів рідинних ракетних двигунів ракет-носіїв верхніх ступенів призводять до такого суттєвого обмеження результатів проведених досліджень.

4. Мову роботи перенасичено стилістичним пафосом, що, загалом, не притаманно науковим роботам.

Зроблені зауваження не знижують наукової та практичної цінності та якості проведеного дослідження та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Загальний висновок

Вважаю, що здобувач Назаренко Г.В. в результаті виконання дисертаційної роботи повністю оволодів методологією наукової діяльності, особисто отримав вагомні наукові результати. Отже, дисертація Назаренко Георгія Володимировича «Закономірності впливу конструктивних параметрів на коефіцієнт корисної дії насосів ракетних двигунів верхніх ступенів» є закінченою науковою працею, яка 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 (зі змінами), а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Офіційний рецензент:

доцент кафедри двигунобудування
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара,
кандидат технічних наук, доцент



Валерій БУЧАРСЬКИЙ

Підпис доцента Бучарського В.Л.
засвідчую:

Проректор з наукової роботи
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара,
кандидат біологічних наук, доцент



Олег МАРЕНКОВ