

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Терещенка Юрія Юрійовича на тему «Концепція інтеграції силової установки з турбовентиляторною приставкою і літального апарату» подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки

1. Актуальність теми дослідження

Дисертація присвячена вирішенню проблеми аеротермогазодинамічної інтеграції газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою та ступінчастої мотогондолою силової установки з використанням енергії примежового шару, що формується на поверхні мотогондолою газогенераторного модуля.

Висока паливна економічність літальних апаратів потребує вирішення задач оптимального узгодження аеродинамічних характеристик літального апарату та силової установки, застосування газотурбінних двигунів, що за параметрами та характеристиками найбільш повно відповідають поставленим задачам. Важливе місце у вирішенні цієї проблеми мають задачі аеротермогазодинамічної інтеграції газотурбінного двигуна і мотогондолою як складової частини літального апарату.

Актуальність роботи визначається актуальністю проблеми покращення тягово-економічних характеристик авіаційних силових установок перспективних літальних апаратів шляхом аеротермогазодинамічної інтеграції газотурбінного двигуна та мотогондолою силової установки літального апарату.

Роботу виконано відповідно до Стратегії відродження українського авіабудування на період до 2022р., схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 429-р. 10.05.2018р.

Метою дослідження є створення науково-методичного апарату для вирішення актуальної науково-прикладної проблеми покращення тягово-економічних характеристик авіаційної силової установки шляхом аеротермогазодинамічної інтеграції багатоконтурного газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою та ступінчастої мотогондолою з управлінням примежовим шаром на поверхні мотогондолою модуля газогенератора.

Відповідно до поставленої мети в дисертації вирішувались наступні задачі.

1. Аналіз сучасного стану проблеми вдосконалення параметрів та характеристик авіаційних силових установок та обґрунтування напрямку дисертаційного дослідження.

2. Створення наукових основ концепції аеротермогазодинамічної інтеграції багатоконтурного газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою та ступінчастої мотогондолою авіаційної силової установки

3. Створення науково-методичного апарату аеротермогазодинамічної

*15.08/26
14.11.2019р.*

інтеграції багатоконтурних газотурбінних двигунів із турбовентиляторною приставкою і ступінчастої мотогондoli авіаційної силової установки.

4. Виконання експериментальних досліджень аеродинамічних характеристик моделей мотогондол багатоконтурних газотурбінних двигунів з турбовентиляторною приставкою.

5. Розрахунково-експериментальне дослідження аеротермогазодинамічної інтеграції вентиляторного контуру турбовентиляторної приставки багатоконтурного газотурбінного двигуна та мотогондoli модуля газогенератора із управлінням примежовим шаром.

6. Створення методики узгодження параметрів робочого процесу багатоконтурного газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою та параметрів ступінчастої мотогондoli авіаційної силової установки відповідно до розрахункових умов польоту.

7. Створення графоаналітичного методу оптимізації аеротермогазодинамічних параметрів турбовентиляторної приставки багатоконтурних газотурбінних двигунів та ступінчастої мотогондoli.

8. Створення на основі результатів розрахунково-експериментальних досліджень рекомендацій щодо обґрунтування вимог до аеротермогазодинамічної інтеграції ступінчастої мотогондoli силової установки та газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою.

Методи дослідження. В роботі використовувались сучасні методи теоретичних та експериментальних досліджень. В теоретичній частині роботи використовуються результати фундаментальних досліджень в галузі аеродинаміки авіаційних двигунів та теорії примежового шару. Експериментальна частина роботи ґрунтується на використанні сучасних методів аеродинамічних досліджень.

2. Наукова новизна результатів дослідження, ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій

Наукова новизна отриманих автором результатів полягає у наступному.

1. Створено наукові основи концепції інтеграції багатоконтурного газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою та ступінчастої мотогондoli авіаційної силової установки. Отримала подальший розвиток теорія газотурбінних двигунів у напрямку створення теоретичних основ інтеграції багатоконтурних турбореактивних двигунів з турбовентиляторною приставкою та ступінчастої мотогондoli силової установки.

2. Створено науково-методичний апарат аеротермогазодинамічної інтеграції багатоконтурних турбореактивних двигунів із турбовентиляторною приставкою та ступінчастої мотогондoli авіаційної силової установки.

3. За результатами експериментальних досліджень вперше отримани та проаналізовані аеродинамічні характеристики ступінчастих мотогондол авіаційних силових установок

4. На основі результатів розрахунково-експериментальних досліджень створено теоретичні основи аеротермогазодинамічної інтеграції

триконтурного ГТД з турбовентиляторною приставкою та ступінчастою мотогондолою авіаційної силової установки із застосуванням управління примежовим шаром на поверхні мотогондолои газогенераторного модуля.

5. Створено методику узгодження параметрів робочого процесу багатоконтурного газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою та параметрів ступінчастої мотогондолои авіаційної силової установки відповідно до розрахункових умов польоту.

6. Створено графоаналітичний метод оптимізації аеротермогазодинамічних параметрів турбовентиляторної приставки багатоконтурного газотурбінного двигуна та ступінчастої мотогондолои.

7. На основі розрахунково-експериментальних досліджень отримані рекомендації щодо обґрунтування вимог до аеротермогазодинамічної інтеграції багатоступінчастої мотогондолои авіаційної силової установки та багатоконтурного газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою.

Достовірність отриманих наукових результатів роботи забезпечувалась коректним застосуванням математичного апарату для вирішення поставлених наукових задач, виконанням умов валідації та верифікації методик та установок для виконання експериментальних досліджень та підтверджувалась добрим узгодженням результатів розрахункових досліджень з результатами математичного моделювання і фізичних експериментів.

3 Найсуттєвіші наукові результати

Створено науково-методичний апарат для вирішення проблеми покращення тягово-економічних характеристик авіаційних силових установок шляхом аеротермогазодинамічної інтеграції газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою і ступінчастої мотогондолои. Науково-методичний апарат складається з:

- методик розрахунку аеротермогазодинамічних параметрів багатоконтурних турбореактивних двигунів з турбовентиляторною приставкою і ступінчастої мотогондолои авіаційної силової установки;
- графоаналітичного методу оптимізації параметрів турбовентиляторної приставки багатоконтурного турбореактивного двигуна та ступінчастої мотогондолои авіаційної силової установки;
- узагальнених результатів досліджень впливу управління примежовим шаром на поверхні мотогондолои газогенератора на ефективну тягу багатоконтурного турбореактивного двигуна та методик узгодження аеротермогазодинамічних параметрів турбовентиляторної приставки і ступінчастої мотогондолои авіаційної силової установки з управлінням примежовим шаром на поверхні мотогондолои газогенератора

4 Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих працях та апробація результатів дослідження.

За темою дисертації опубліковано одна одноосібна та дві колективні монографії, 22 наукових статей у журналах, що входять до переліку фахових видань України з технічних наук, у тому числі 5 статей, які індексуються

наукометричною базою SCOPUS, 1 патент України на корисну модель, 12 матеріалів конференцій.

5. Значення отриманих результатів для науки і практики

За результатами дисертаційного дослідження отримала подальший розвиток теорія газотурбінних двигунів у напрямку створення теоретичних основ інтеграції багатоконтурних турбореактивних двигунів з турбовентиляторною приставкою та ступінчастої мотогондолою силової установки.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання отриманих результатів при проектуванні компоновок перспективних літальних апаратів з силовими установками з турбовентиляторною приставкою. Практичне значення отриманих результатів підтверджується актами реалізації результатів роботи у ДП «Антонов» та ЗМКБ «ПРОГРЕС» і актом реалізації результатів роботи в навчально-виховний процес Національного авіаційного університету.

6. Оцінка змісту дисертації

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету та завдання дослідження, показана наукова новизна, теоретична та практична значимість отриманих результатів наукових досліджень, визначено особистий внесок здобувача в одержаних результатах наукових досліджень та впровадження результатів роботи.

У першому розділі викладено аналіз сучасного стану проблеми вдосконалення параметрів та характеристик авіаційних силових установок, обґрунтовано основні завдання дисертаційного дослідження. Показано, що зменшення негативного впливу модуля мотогондолою на ефективну тягу та питому витрату палива авіаційного газотурбінного двигуна є актуальною науково-технічною проблемою сучасного двигунобудування. Наукове обґрунтування концепції інтеграції газотурбінних двигунів із турбовентиляторною приставкою зі ступінчастою мотогондолою силової установки літального апарату є завданням даного наукового дослідження.

У другому розділі розглядається концепція інтеграції газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою та ступінчасті мотогондолою. Сформульовані основні положення щодо визначення впливу зовнішнього опору мотогондолою на ефективну тягу багатоконтурного двигуна при дозвукових швидкостях польоту.

За результатами розрахунково-експериментальних досліджень встановлені узагальнення щодо впливу співвідношення геометричних параметрів мотогондолою газогенератора і мотогондолою турбовентиляторної приставки на сумарний зовнішній опір мотогондолою авіаційної силової установки з турбовентиляторною приставкою.

Результати розрахунково-експериментальних досліджень показали, що зовнішній опір мотогондолою газогенератора істотно впливає на сумарний профільний опір мотогондолою силової установки. Зниження в 2...3 рази зовнішнього опору мотогондолою силової установки за рахунок заміни двоконтурного двигуна на триконтурний із заднім розташуванням

турбовентиляторної приставки еквівалентно збільшенню ефективної тяги силової установки на 1,5 ... 2,2% при незмінних параметрах робочого процесу і габаритних розмірах силової установки.

У третьому розділі викладено результати експериментальних досліджень аеродинамічних характеристик мотогондол авіаційної силової установки з багатоконтурним газотурбінним двигуном з турбовентиляторною приставкою. В процесі експериментальних досліджень при визначенні коефіцієнту лобового опору моделі C_x , розраховувались поправки та похибки, які враховують особливості провадження експериментального дослідження мотогондол авіаційних силових установок. Важливими науковими задачами у вирішенні проблеми інтеграції газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою та мотогондолою є визначення впливу чисел Маха, Рейнольдса і кутів атаки літального апарату на аеродинамічні характеристики ступінчастої мотогондолою силової установки літального апарату. Аналіз результатів досліджень показав, що при нульовому куті атаки силової установки значення коефіцієнтів зовнішнього опору мотогондолою газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою менше у порівнянні зі значеннями коефіцієнту зовнішнього опору мотогондолою двоконтурного газотурбінного двигуна традиційної компоновки (зі ступенем двоконтурності $m=5$) на 5..10% у всьому досліджуваному діапазоні чисел Маха.

У четвертому розділі дисертації розглядаються питання впливу управління примежовим шаром на зовнішній опір мотогондолою авіаційної силової установки з турбовентиляторною приставкою. В розділі вирішуються задачі оцінки впливу параметрів течії на зовнішній поверхні мотогондолою на формування примежового шару перед турбовентиляторною приставкою. Аналіз результатів дослідження показав, що при відсмоктуванні з поверхні мотогондолою газогенератора товщина витіснення примежового шару перед вхідним перерізом турбовентиляторної приставки зменшується на 58...70 %.

Задача дослідження передбачала оцінку впливу інтенсивності відсмоктування примежового шару на зниження аеродинамічного опору мотогондолою і збільшення внутрішньої тяги вентиляторного контуру турбовентиляторної приставки.

Порівняння зовнішнього опору мотогондол двоконтурного газотурбінного двигуна традиційного компонування і п'яти варіантів мотогондол газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою показало, що ефект від застосування відсмоктування примежового шару на поверхні мотогондолою газогенератора залежить від ступеня двоконтурності турбовентиляторної приставки.

У п'ятому розділі розглядається концепція аеротермогазодинамічної інтеграції ступінчастої мотогондолою і двоконтурного газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою ґрунтується на використанні енергії примежового шару, що формується на поверхні мотогондолою газогенератора, для зменшення зовнішнього опору мотогондолою та збільшення ефективної тяги турбореактивного двигуна.

Отримані результати розрахункового дослідження впливу управління примежовим шаром на поверхні мотогондоли газогенератора силової установки з турбовентиляторною приставкою на ефективну тягу і ефективну питому витрату палива двоконтурного двигуна при дозвукових швидкостях польоту. Розгляд результатів дослідження показав, що при інтенсивності відсмоктування примежового шару з поверхні мотогондоли газогенераторного модуля, що відповідає значенням коефіцієнта відсмоктування $C_{\delta} = C_{\delta opt} = 1,0$, має місце зниження профільного аеродинамічного опору мотогондоли силової установки з подовженням $\lambda=8$ на 45..75% і, відповідно, збільшення ефективної тяги силової установки з двоконтурним двигуном на 3...6 %.

В шостому розділі наведено обґрунтування концепції аеротермогазодинамічної інтеграції триконтурного газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою та ступінчастої мотогондоли авіаційної силової установки.

Основна задача полягає у визначенні значення ступеня триконтурності турбовентиляторної приставки, при якому в заданих умовах польоту забезпечується оптимальний розподіл вільної енергії газового потоку газогенератора. Для вирішення цієї задачі запропоновано графоаналітичний метод оптимізації параметрів турбовентиляторної приставки ТРТД.

Основна мета оптимізації параметрів турбовентиляторної приставки полягає у визначенні для розрахункових умов польоту оптимальних значень ступеня триконтурності турбовентиляторної приставки, ступеня підвищення тиску у вентиляторі турбовентиляторної приставки, узгоджених з параметрами газового потоку за камерою змішування двоконтурного газогенераторного контуру та параметрами турбінного контуру турбовентиляторної приставки та параметрами двоконтурного газогенераторного модуля у заданих умовах польоту.

В роботі отримано серію номограм графоаналітичного методу визначення оптимальних параметрів турбовентиляторної приставки, узгоджених з параметрами двоконтурного газогенераторного контуру триконтурного турбореактивного двигуна

Розгляд результатів досліджень показав, що відсмоктування примежового шару з поверхні мотогондоли газогенераторного модуля забезпечує зниження профільного аеродинамічного опору мотогондоли силової установки на 45...75% і, відповідно, збільшення ефективної тяги силової установки з двоконтурним двигуном на 1 ... 6% і зниження ефективної питомої витрати палива 1 ... 5%.

7. Дискусійні положення та зауваження до дисертації

1. Графіки на рис.2.7 та 2.8 частково дублюють друг друга.
2. В розділі 4 доцільно більш детально розкрити питання оцінювання впливу на індукційний опір мотогондоли силової установки відсмоктування примежового шару.

3. В роботі не розглядаються питання впливу пілонів на роботу турбовентиляторної приставки з відсмоктуванням примежового шару.

4. В роботі не розглянуті питання взаємодії ступінчастої мотогондоли з відсмоктуванням примежового шару та фіюзеляжа літального апарата.

5. В роботі не розглядаються питання взаємодії ступінчастої мотогондоли та несучих поверхонь літального апарата.

6. Пояснення графо-аналітичного методу та номограм визначення оптимальних параметрів турбовентиляторної приставки та ступінчастої мотогондоли виконано достатньо стисло, що потребує окремих пояснень.

7. Окремі формули у розділах 3, 4 та 5 потребують додатних пояснень.

Висновок

Зазначені зауваження не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

В цілому можна констатувати, що дисертаційна робота Терещенка Юрія Юрійовича є закінченим науковим дослідженням, в якому отримані нові науково-обґрунтовані результати. На основі узагальнення теоретичних та розрахунково-експериментальних досліджень створено науково-методичний апарат для вирішення проблеми покращення тягово-економічних характеристик авіаційних силових установок шляхом аеротермогазодинамічної інтеграції газотурбінного двигуна з турбовентиляторною приставкою і ступінчастої мотогондоли.

Дисертаційна робота і автореферат оформлені з дотриманням вимог, встановлених МОН України. Автореферат відповідає змісту дисертації.

Зважаючи на актуальність теми дослідження Терещенка Ю.Ю., ступінь обґрунтованості наукових результатів роботи, новизну та повноту викладу результатів в опублікованих працях автора, вважаю, що дисертація Терещенка Юрія Юрійовича на тему «Концепція інтеграції силової установки з турбовентиляторною приставкою і літального апарату» відповідає вимогам пп.9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами та доповненнями згідно Постанов КМ №656 від 19.08.2015, №1159 від 30.12.2015, №567 від 27.07.2016) що висуюються до дисертації, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,
заслужений діяч науки і техніки України,
головний науковий співробітник
науково-методичного центру організації
наукової та науково-технічної діяльності
Національного університету
оборони України ім. Івана Черняховського



Б.Й. Семон