

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного авіаційного університету
доктору технічних наук, професору,
декану Аерокосмічного факультету
Національного авіаційного університету
Кулику Миколі Сергійовичу

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента кафедри авіаційних двигунів
аерокосмічного факультету Національного авіаційного університету

Волянської Лариси Георгіївни

на дисертаційну роботу

Майбороди Романа Валерійовича

на тему «Визначення взаємного впливу течії в турбінному та
вентиляторному контурах турбовентиляторної приставки авіаційного
газотурбінного двигуна», подану на здобуття наукового ступеня доктора
філософії у галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю
142 «Енергетичне машинобудування»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Сучасні авіадвигуни являють собою унікальні і, водночас, надскладні вироби в машинобудуванні. Їх вдосконаленням займається велика кількість інженерів та науковців по всьому світу. Світові лідери будівництва авіаційних двигунів прикладають чимало ресурсів та зусиль для поліпшення їх основних показників, таких як безпека польоту, паливна ефективність, зниження рівня шуму та показників емісії NO_x. Ця робота, як наслідок, спричиняє ще більше ускладнення конструкції основних елементів, з яких складається двигун, збільшення витрат на проектування та постійно потребує проведення нових наукових досліджень у різних галузях. Водночас з цим процесом відбувається постійне підвищення вимог

до вказаних параметрів двигунів з боку державних регулюючих органів, направлених на зниження негативного впливу робочого процесу двигуна на екологію.

Представлене на розгляд дисертаційне дослідження Майбороди Р.В. присвячено дослідженню процесів, що протікають у турбовентиляторній приставці газотурбінного двигуна. Така схема є малодослідженою. Наразі експериментальні дані для такої схеми досить обмежені, оскільки вона вимагала розробки нових складних технологій для її реалізації, які з'являються тільки зараз.

Впровадження схеми газотурбінного двигуна з тубовентиляторною приставкою дозволить збільшити повний ККД двигуна у порівнянні з наявними двоконтурними ГТД, що призведе до збільшення паливної ефективності. При цьому інші екологічні показники та рівні шуму двигуна можуть залишитися на необхідному рівні або покращатися.

Саме тому проведення нових прикладних досліджень взаємодії процесів, які протікають у елементах турбіни та вентилятора турбовентиляторної приставки є актуальним завданням, що сприяє збільшенню науково-технічної бази та буде використане для створення авіаційних двигунів наступних поколінь.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана на кафедрі авіаційних двигунів Національного авіаційного університету. Робота є складовою частиною досліджень, що проводяться в Національному авіаційному університеті та спрямована на підвищення ефективності та економічності перспективних газотурбінних двигунів (Науково-дослідна робота №15-2022/07.01.03 «Підвищення ефективності лопаткових машин авіаційних двигунів і газотурбінних установок»).

Робота відповідає основним напрямам Стратегії відродження вітчизняного авіабудування на період до 2030 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 8.07.2020 р. №851-р), та Державній цільовій науковотехнічній програмі розвитку авіаційної промисловості на 2021-2030 роки (постанова Кабінету Міністрів України №951 від 01.09.2021р.)

3. Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна полягає у отриманні нових даних про термогазодинамічні процеси, що протікають у турбінному та вентиляторному контурах турбовентиляторної приставки ТРД, визначення їх взаємовпливу та впливу на тягові характеристики двигуна.

Основними науковими результатами є:

- *Розроблено* науково-обґрунтовані рекомендації щодо узгодження параметрів робочого процесу турбінного та вентиляторного контурів турбовентиляторної приставки газотурбінного двигуна.

- *Вперше* методом чисельного експерименту проведено оцінку впливу примежового шару на мотогондолі газогенератора на параметри вентиляторного контуру турбовентиляторної приставки з урахуванням роботи турбовентиляторної приставки газотурбінного двигуна.

- *Отримані нові* дані щодо впливу нагрівання проміжного корпусу турбовентиляторної приставки на аеродинамічну навантаженість і реактивну силу тяги вентиляторного контуру турбовентиляторної приставки газотурбінного двигуна.

4. Практичне значення отриманих результатів та рекомендацій щодо їх можливого використання.

Отримані нові дані щодо аеродинамічних характеристик турбовентиляторної приставки і впливу мотогондoli газогенератора на роботу турбовентиляторної приставки рекомендується використовувати під час створення перспективних двигунів нових схем.

Практичне значення отриманих результатів також підтверджується впровадженням результатів дисертаційної роботи на ДП «Івченко-Прогрес» та ДП «Антонов».

5. Оцінка завершеності дисертації, та дотримання принципів академічної доброчесності.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, результатом самостійних досліджень. Елементи фальсифікації, запозичень, компіляції,

фабрикації та плагіату не виявлено. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають відповідні посилання на джерела.

6. Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Вона сформована послідовно, доступно. Використана загальноприйнята термінологія.

7. Повнота викладених наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.

Результати виконаної роботи представлені у 9 опублікованих наукових працях, серед яких: 3 у фахових виданнях України; 1 розділ монографії, 5 матеріалів та тез доповідей на науково-технічних конференціях.

Отримані наукові результати представлені у публікаціях автора, кількість яких відповідає чинним вимогам.

8. Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому.

Дисертаційна робота складається з анотацій українською та англійською мовою, вступу, п'яти розділів, трьох додатків та списку використаних джерел. Основна частина роботи викладена на 133 сторінках.

У вступі автор сформулював актуальність дослідження, мету, завдання, наукову новизну, практичну цінність результатів, відомості про зв'язок роботи з науковими темами.

У першому розділі визначається, що екологічні та економічні характеристики авіаційної техніки є одними із головних показників, що визначають її конкурентоспроможність на світовому ринку. Автор робить висновок, що зниження витрати палива та емісії CO₂ для сучасних двигунів буде отримано їх удосконаленням. В подальшому їх поступово витіснятимуть гібридні та електричні технології. Автор акцентує увагу, що подальше збільшення ККД двигуна за рахунок удосконалення його типових вузлів вже практично досягло своєї межі, тому в авіаційному

двигунобудуванні розглядається напрямок по збільшенню ступеню двоконтурності. Існуюча схема з відкритим ротором має суттєвий недолік у вигляді значних рівнів шуму. Альтернативою згаданій схемі автор наводить варіант триконтурного двигуна, де третім контуром є турбовентиляторна приставка. Проведений аналіз показує, що турбовентиляторна приставка дає зростання ККД на 3-5%. Однак питання щодо аеродинамічних характеристик турбовентиляторної приставки наразі є невирішеним завданням.

У другому розділі автор виконує вибір та обґрунтування топології розрахункової сітки та моделі турбулентної в'язкості для моделювання течії в турбовентиляторній приставці. Для проведення дослідження автор використовує окремі тестові задачі моделювання течії в турбінній та в компресорній решітці. На основі результатів проведених тестових задач за допомогою програми Ansys CFX автор зробив висновок, що для подальших досліджень підходить модель турбулентної в'язкості SST GTT. Також обрані топології сітки, для яких була отримана достатня точність між результатами обчислень та натурними експериментами.

У третьому розділі автор представляє процес розробки моделі турбовентиляторної приставки, яку в подальшому буде використано для дослідження. На основі проведених термодинамічних та газодинамічних розрахунків розроблено геометричну модель турбовентиляторної приставки, сіткову модель та математичну модель в Ansys CFX. Отримані результати обчислень показали взаємовплив між робочими процесами турбінного та вентиляторного контурів.

У четвертому розділі автор проводить оцінку впливу процесів турбінної частини турбовентиляторної приставки на робочий процес вентиляторного контуру турбовентиляторної приставки. В результаті отриманих даних автор робить висновок, що наявність турбінного контуру призводить до погіршення характеристики вентиляторного контуру. Також відмічено, що відбувається досить суттєвий температурний вплив на втулкову частину лопатки вентиляторного контуру. Цей вплив потребує подальших досліджень на міцність.

У п'ятому розділі виконується дослідження впливу мотогондоли газогенератора на течію у вентиляторному контурі турбовентиляторної приставки. Отримані результати дозволили визначити, що мотогондола газогенератора не чинить негативного впливу на течію у вентиляторному

контурі турбовентиляторної приставки і вентилятор турбовентиляторної приставки не чинить негативного впливу на газогенератор двигуна.

У висновках автор представив отримані результати відповідно до сформованих задач на початку дослідження. .

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

9. Недоліки та зауваження.

У роботі показано, що при обтіканні мотогондоли газогенератора без урахування впливу турбовентиляторної приставки поле швидкості на вході рівномірне, окрім зони з примежевим шаром близько поверхні мотогондоли газогенератора. При роботі турбовентиляторної приставки картина обтікання радикально змінюється і потік перед вентилятором має нерівномірний характер. Відомо, що наявність нерівномірності потоку на вході в вентилятор, негативно впливає на рівень шуму, що створюється авіаційною силовою установкою. Також одним із важливих вимог до сучасного авіаційного двигуна є вимога щодо його високої екологічності. Тому доцільно було б проаналізувати акустичні характеристики турбовентиляторної приставки.

Поза розглядом дослідження залишилися питання оцінки впливу високого градієнта температури на термоміцність і термостійкість двоярусних лопаток робочого колеса турбовентиляторної приставки.

Робота має окремі стилістичні помилки та неточності (зокрема, на с.110, 139), які не ускладнюють сприйняття викладеного матеріалу та не впливають на зміст дисертації.

Вказані зауваження та недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку представленої до захисту дисертаційної роботи, оскільки в основному носять дискусійний характер та спрямовують дисертанта на дослідження зазначеної проблематики.

10. Загальний висновок.

Вважаю, що дисертаційна робота Майбороди Романа Валерійовича на тему «Визначення взаємного впливу течії в турбінному та

вентиляторному контурах турбовентиляторної приставки авіаційного газотурбінного двигуна», представлена на здобуття ступеня доктора філософії, є закінченою науковою працею, не порушує принципів академічної доброчесності, має наукову новизну та практичне значення. Дисертаційна робота повністю задовольняє вимогам п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішень разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінетів міністрів України від 12 січня 2022р. №44, а її автор Майборода Роман Валерійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування».

Рецензент

Кандидат технічних наук, доцент
кафедри авіаційних двигунів
Аерокосмічного факультету
Національного авіаційного
університету

Лариса ВОЛЯНСЬКА

