

РЕЦЕНЗІЯ
на дисертаційну роботу Даценка Вадима Анатолійовича
на тему «Метод визначення впливу абразивного зносу проточної
частини компресора на характеристики газотурбінного двигуна за
допомогою його математичної моделі», поданої на здобуття наукового
ступеня доктора філософії
в галузі знань 14 Електрична інженерія
за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування.

Актуальність теми дисертації.

Проблематика, розглянута в дисертаційній роботі, є актуальною у зв'язку з необхідністю підвищення ефективності експлуатації газотурбінних двигунів та забезпечення достовірної оцінки їх технічного стану. В умовах експлуатації, особливо за наявності запиленості повітря, суттєвий вплив на характеристики двигуна чинить абразивне зношування елементів проточної частини компресора, що супроводжується зміною геометрії лопаткових вінців, збільшенням радіальних зазорів і погіршенням аеродинамічних характеристик ступенів.

Існуючі підходи до моделювання робочих процесів газотурбінних двигунів переважно орієнтовані на номінальні або близькі до них умови та, як правило, не забезпечують достатньої точності при описі змін технічного стану двигуна в процесі експлуатації. Використання спрощених моделей або поправкових залежностей не дозволяє коректно відобразити вплив нерівномірного зношування по висоті лопаток на характеристики компресора та двигуна в цілому, що обмежує їх застосування для задач діагностики та прогнозування.

У цьому контексті важливим є розвиток підходів, що передбачають більш детальний опис процесів у компресорі, зокрема із застосуванням двовимірних моделей та урахуванням змін геометричних параметрів проточної частини. Це створює передумови для підвищення достовірності розрахунків і розширення функціональних можливостей математичних моделей двигуна.

Отже, тема дисертаційної роботи є актуальною, оскільки спрямована на розв'язання задачі підвищення точності моделювання характеристик газотурбінних двигунів з урахуванням впливу абразивного зношування їх основних вузлів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

В основу дисертаційного дослідження покладено результати робіт, які проводилися автором на кафедрі теорії авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» у рамках держбюджетних тем: «Розробка та удосконалення методів математичного моделювання газотурбінних двигунів, турбомашин та турбоустановок різного

призначення» №ДР 0118U001842, 2020р; «Математичне моделювання газодинамічних процесів та характеристик повітряно-реактивних двигунів, газотурбінних приводів та їх елементів» №ДР 0121U108283, 2023.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, є належним чином обґрунтованими та логічно впливають із отриманих результатів дослідження. Для їх формування використано сучасний апарат математичного моделювання робочих процесів газотурбінних двигунів, а також фундаментальні положення газодинаміки і теорії лопаткових машин. Запропоновані підходи базуються на поєднанні удосконаленого методу розрахунку параметрів осьового компресора з математичною моделлю двигуна, що забезпечує узгоджений розгляд процесів на різних рівнях.

Достовірність результатів підтверджується використанням перевірених розрахункових залежностей, коректним вибором вихідних даних та прийнятих допущень. Проведене порівняння результатів розрахунків із експериментальними даними свідчить про їх задовільну збіжність. Отримані результати узгоджуються з відомими теоретичними уявленнями щодо впливу абразивного зношування на характеристики компресора та газотурбінного двигуна, що дозволяє вважати їх достовірними.

Наукова новизна отриманих результатів:

- Уперше для розрахункового визначення впливу абразивного зношування проточної частини компресора на характеристики турбовального двигуна, запропоновано метод, оснований на повузловій нелінійній математичній моделі двигуна, що спирається на двовимірний опис багатоступеневого осьового компресора.
- Набула подальшого розвитку методика визначення геометричних параметрів лопаткових вінців осьового компресора на різних радіусах за обмеженим масивом експериментальних даних про змінення хорди лопаток на середньому радіусі та периферії внаслідок абразивного зносу.
- Удосконалено метод розрахунку термогазодинамічних параметрів та характеристик осьового багатоступеневого компресора в двовимірній постановці шляхом уточнення напівемпіричних залежностей для визначення втрат повного тиску та коефіцієнтів корисної дії ступенів, а також урахування впливу зростання шорсткості поверхонь лопаток і збільшення радіального зазору.

Практичне значення результатів роботи:

- Розроблений метод розрахункового аналізу впливу абразивного зносу проточної частини компресора на характеристики турбовального газотурбінного двигуна та відповідний комплекс програм забезпечують підвищення обґрунтованості інженерних рішень під час визначення технічного стану двигунів, прогнозування зміни їх експлуатаційних характеристик, оцінки запасів газодинамічної стійкості та прогнозування зростання експлуатаційних витрат, зокрема внаслідок збільшення питомої витрати палива і зменшення питомої потужності.
- Отримані розрахункові дані щодо просторово-радіальних розподілів параметрів потоку в компресорі (кутів натікання, швидкостей, повних і статичних температур та тисків), а також кількісні показники зміни інтегральних характеристик компресора (ступеня підвищення тиску, ККД і запасів газодинамічної стійкості) дозволяють оцінювати вплив абразивного зносу на ефективність і стійкість роботи компресора, прогнозувати наближення граничних станів та визначати допустимі режими експлуатації.

Оцінка змісту та структури дисертаційної роботи

Дисертаційна робота має чітко вибудовану структуру та логічну послідовність викладення матеріалу. Зміст розділів узгоджується з поставленою метою та завданнями дослідження. У роботі послідовно розглянуто питання аналізу сучасного стану проблеми, розроблення та вдосконалення методів математичного моделювання, а також наведено результати їх застосування для дослідження впливу абразивного зношування на характеристики компресора і газотурбінного двигуна. Матеріал викладено аргументовано, з належним рівнем деталізації.

Оцінка завершеності дисертаційної роботи

Дисертація є завершеним науковим дослідженням, у якому отримано результати, що відповідають поставленій меті. У роботі вирішено комплекс взаємопов'язаних задач, пов'язаних із розробленням і вдосконаленням методів розрахунку характеристик компресора та газотурбінного двигуна з урахуванням абразивного зношування. Отримані результати узагальнено у висновках, які є логічним підсумком проведених досліджень.

Дотримання принципів академічної доброчесності

Аналіз змісту дисертаційної роботи свідчить про дотримання автором принципів академічної доброчесності. Використані наукові джерела коректно процитовані, посилання оформлені відповідно до встановлених вимог.

Запозичення мають належне оформлення, ознак плагіату не виявлено. Основні результати отримані автором самостійно та відображені у наукових публікаціях.

Оцінка апробації результатів дисертації та повноти їх висвітлення у наукових публікаціях

Основні наукові результати дисертаційної роботи пройшли належну апробацію та відображені у наукових публікаціях автора. За темою дисертації опубліковано статті у фахових наукових виданнях категорії «А» (Scopus) – 2 статті та категорії «Б» - 3 статті, що свідчить про відповідний рівень наукової новизни та актуальності отриманих результатів.

Аналіз змісту публікацій показує, що в них послідовно висвітлено ключові положення дисертаційного дослідження, зокрема питання вдосконалення методів математичного моделювання характеристик газотурбінного двигуна, розроблення підходів до визначення геометричних параметрів компресора, що зазнав абразивного зношування, а також результати дослідження впливу зношування на характеристики компресора і двигуна в цілому.

Опубліковані праці в достатній мірі відображають основний зміст дисертації та отримані наукові результати, що дозволяє зробити висновок про повноту їх висвітлення. Рівень апробації результатів є достатнім для дисертацій такого рівня і відповідає встановленим вимогам.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

У ході ознайомлення з дисертаційною роботою можна відзначити кілька зауважень, які стосуються деяких аспектів викладення матеріалу:

1. Незрозуміло, в яких одиницях представлена залежність ерозії від кута зіткнення еродуючих частинок з поверхнею на рис. 1.4. (стор. 38)
2. Відомо, що для виготовлення лопаток компресора використовуються сталі та титанові сплави з широким спектром фізико-механічних властивостей, що істотно впливають на характер та інтенсивність абразивного зношування. У роботі автором заявлено, що розроблена методика дозволяє визначати геометричні параметри лопаткових вінців осьового компресора, що зазнав абразивного зношування, але не уточнює для яких саме матеріалів.
3. З роботи незрозуміло, чи враховує пропонована методика кліматичні характеристики навколишнього середовища на інтенсивність зносу, а саме: відносну вологість, середню температуру, відсоток твердих зависіей та їх склад, наявність агресивних домішок, зокрема відсоток сірки, та інше.
4. У дисертаційній роботі апробацію розробленого методу визначення термогазодинамічних параметрів і характеристик турбовального двигуна здійснено шляхом зіставлення результатів розрахунку для вихідного

(незношеного) стану проточної частини з експериментальними даними. Водночас у роботі відсутнє порівняння розрахункових результатів з експериментальними даними для випадку зношеної проточної частини, що дещо обмежує повноту оцінки адекватності запропонованого підходу за наявності зносу елементів двигуна.

Незважаючи на зазначені зауваження, слід підкреслити, що вони не знижують загальної наукової новизни та значущості результатів дисертації. Вказані недоліки не впливають на основні положення роботи і не змінюють загальну позитивну оцінку дослідження.

Висновок про дисертаційну роботу.

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Даценка Вадима Анатолійовича на тему «Метод визначення впливу абразивного зносу проточної частини компресора на характеристики газотурбінного двигуна за допомогою його математичної моделі» виконана на належному науковому рівні та є завершеним науковим дослідженням. Робота відповідає вимогам чинного законодавства України, зокрема пп. 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.

У дисертації дотримано принципів академічної доброчесності. Отримані результати є самостійними, науково обґрунтованими та характеризуються науковою новизною і практичною значущістю.

З урахуванням наведеного можна зробити висновок, що Даценко Вадим Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування».

Рецензент:

кандидат технічних наук, професор,
професор кафедри технології
виробництва авіаційних двигунів
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»

Максим КУРІН