

## **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.**

Одним із факторів, що суттєво впливає на параметри та характеристики газотурбінних двигунів у процесі експлуатації, є абразивне зношування елементів проточної частини компресора, яке виникає під час роботи двигуна в умовах запиленого повітря. Внаслідок цього відбувається зміна геометричних параметрів лопаток, збільшення радіальних зазорів і зростання шорсткості поверхонь, що призводить до погіршення термогазодинамічних характеристик компресора та двигуна в цілому.

На сьогодні для дослідження робочих процесів газотурбінних двигунів широко застосовуються методи математичного моделювання. Однак більшість існуючих математичних моделей враховує вплив зношування проточної частини компресора спрощено – шляхом використання поправкових коефіцієнтів до характеристик вузлів або застосування одновимірних методів розрахунку, що базуються на параметрах середнього радіуса. Такий підхід не дозволяє достатньо точно врахувати нерівномірність абразивного зношування по висоті лопаток та відповідні зміни геометричних параметрів проточної частини.

У зв'язку з цим актуальним є вдосконалення методів розрахунку термогазодинамічних параметрів і характеристик осьових багатоступеневих компресорів, які дозволяють враховувати радіальний розподіл параметрів потоку, а також зміну геометричних характеристик лопаткових вінців у різних перетинах за висотою лопатки. Застосування таких підходів створює передумови для більш коректного врахування впливу абразивного зношування на характеристики компресора та газотурбінного двигуна.

Таким чином, тема дисертаційної роботи, присвяченої вдосконаленню методів математичного моделювання осьових компресорів та газотурбінних двигунів з урахуванням змін геометричних параметрів проточної частини внаслідок абразивного зношування, є актуальною як з наукової, так і з практичної точки зору.

## **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, наведених у дисертаційній роботі, забезпечується використанням сучасних методів математичного моделювання робочих процесів газотурбінних двигунів, а також коректним застосуванням теоретичних положень газодинаміки, термодинаміки теорії лопаткових машин та газотурбінних двигунів. Поставлені у роботі наукові задачі вирішено на основі комплексного підходу, що поєднує вдосконалення методу розрахунку характеристик осьового багатоступеневого компресора у двовимірній постановці з подальшою інтеграцією отриманих результатів у математичну модель турбовального газотурбінного двигуна. Такий підхід дозволяє узгоджено враховувати зміну геометричних параметрів лопаткових вінців компресора, викликану абразивним зношуванням, та її вплив на параметри робочого процесу двигуна.

Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням верифікованих методів розрахунку термогазодинамічних параметрів і характеристик газотурбінних двигунів та осьових компресорів, застосуванням перевірених напівемпіричних залежностей для визначення параметрів ступенів компресора, а також коректністю прийнятих припущень і вихідних даних. Результати розрахункових досліджень узгоджуються з відомими теоретичними положеннями щодо впливу абразивного зношування на робочі параметри компресорів і газотурбінних двигунів та базуються на використанні експериментально встановлених змін геометричних параметрів елементів проточної частини.

### **Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:**

1) 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.

2) 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.

3) 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.

### **Оцінка структури, змісту та завершеності дисертаційної роботи і дотримання академічної доброчесності**

За змістом дисертаційна робота Даценка Вадима Анатолійовича повністю відповідає вимогам до наукових кваліфікаційних робіт за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування. У дисертаційній роботі наведено логічно структурований та завершений виклад результатів досліджень, що відповідають поставленій меті та сформульованим завданням. Зміст роботи послідовно розкриває основні етапи виконання дослідження та характеризується взаємозв'язком між розділами.

У першому розділі виконано аналіз факторів, що впливають на технічний стан газотурбінних двигунів у процесі експлуатації, а також здійснено критичний огляд сучасних методів і підходів до моделювання впливу абразивного зношування проточної частини на характеристики двигуна. У наступних розділах представлено вдосконалений метод розрахунку експлуатаційних характеристик турбовального двигуна на основі повузлової математичної моделі з двовимірним описом багатоступеневого осьового компресора, а також розроблено методику визначення геометричних параметрів лопаткових вінців компресора, що зазнали абразивного зношування.

Окрему увагу приділено вдосконаленню методу розрахунку термогазодинамічних параметрів і характеристик осьового багатоступеневого компресора з урахуванням змін геометрії лопаткових вінців, шорсткості поверхонь та радіального зазору. Наведено результати верифікації розробленого підходу шляхом порівняння розрахункових і експериментальних даних, а також виконано аналіз впливу абразивного зношування на характеристики компресора та газотурбінного двигуна в цілому.

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, у якому отримано нові науково обґрунтовані результати, що мають теоретичне та практичне значення. Оформлення роботи відповідає встановленим вимогам, структура є логічною, матеріал викладено послідовно та обґрунтовано.

Ознак порушення принципів академічної доброчесності у дисертаційній роботі не виявлено. Результати досліджень отримані автором самостійно, використані джерела коректно процитовані, що підтверджується належним рівнем оформлення посилань та відсутністю неправомірних запозичень.

## **Оцінка повноти викладення результатів дисертаційного дослідження в наукових публікаціях**

У рамках виконання дисертаційного дослідження було опубліковано 5 наукових статей, з яких три – у фахових виданнях категорії «Б», а інші дві – у фахових виданнях категорії «А» (Scopus). Окрім цього, основні результати досліджень були апробовані на шести науково-технічних конференціях.

Публікації виконані на високому науковому рівні, з урахуванням усіх важливих аспектів досліджуваної проблеми, і повністю відповідають тематиці дисертаційної роботи.

Відзначаючи виконану роботу, можна стверджувати, що наукові результати, викладені в дисертації, в основному висвітлені в опублікованих працях здобувача. Окрім того, варто відзначити відсутність порушень принципів академічної доброчесності.

Отже, на основі проаналізованих наукових публікацій, можна зробити висновок про повноту та оригінальність викладення результатів досліджень, що підтверджують вагомий внесок здобувача у відповідну галузь науки.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

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

- I. У розділі присвяченому методиці визначення геометричних параметрів зношених лопаток, окремі припущення щодо характеру зносу прийняті без детальшого фізичного обґрунтування.
- II. Запропонований метод розрахунку характеристики компресора базується на двовимірному описі течії, проте у дисертації не обґрунтовано вибір саме такого рівня деталізації з точки зору компромісу між точністю та обчислювальними витратами.
- III. У дисертаційній роботі зазначено, що розроблений метод розрахункового аналізу впливу абразивного зношування проточної частини компресора на характеристики турбовального газотурбінного двигуна дозволяє підвищити обґрунтованість інженерних рішень при визначенні технічного стану двигунів. Разом з тим, у роботі недостатньо висвітлено питання практичного впровадження отриманих результатів, зокрема відсутні конкретні рекомендації щодо їх використання у системах діагностування та контролю технічного стану газотурбінних двигунів.

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.**

Вважаю, що дисертаційна робота, яку надав здобувач ступеня доктора філософії Даценко Вадим Анатолійович, на тему «Метод визначення впливу абразивного зносу проточної частини компресора на характеристики газотурбінного двигуна за допомогою його математичної моделі» виконана на високому науковому рівні. Вона відповідає всім вимогам, зазначеним у чинному законодавстві України, зокрема в п. 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.

Дисертація не порушує принципів академічної доброчесності, а висновки здобувача є оригінальними, обґрунтованими, і такими, що мають теоретичну новизну і практичне значення.

З огляду на вищезазначене, вважаю, що здобувач Даценко Вадим Анатолійович повністю заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування..

### **Рецензент:**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри аерокосмічної теплотехніки  
Національного аерокосмічного університету  
«Харківський авіаційний інститут»

Павло ГАКАЛ