

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Ковриги Антона Євгенійовича

на тему «Створення методів тривимірного моделювання теплового стану апаратів щіткотримачів електричних генераторів для забезпечення підвищення потужності основних агрегатів»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 Механічна інженерія
за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Актуальність теми дисертації.

На переважній більшості енергоблоків, що експлуатуються зараз в Україні, використовуються турбогенератори та гідрогенератори, які були розроблені у 60–70-х роках минулого сторіччя із застосуванням спрощених аналітичних наукових методів. Відповідно, порівняно низька точність виконання аналітичних вентиляційних та теплових розрахунків призводила до збільшення розмірів активних частин, загальних розмірів та маси генераторів.

Сучасні загальносвітові тенденції проектування вимагають зниження маси генератора, що можливо досягти завдяки впровадженню сучасних методик розрахунків систем вентиляції турбогенераторів з використанням тривимірних підходів.

Також, розробка нових методів розрахунку вентиляції та теплового стану генераторного обладнання дасть можливість визначити резерви підвищення потужності існуючого генеруючого обладнання, що має велике наукове і практичне значення для енергосистеми України.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

У представлений дисертаційній роботі розглядається впровадження сучасних методик розрахунку систем вентиляції та теплового стану складових частин електричних машин, що базуються на вирішенні сукупності задач руху охолоджуючого середовища та теплопровідності у тривимірній постановці із використанням методу скінчених елементів. У якості конкретного прикладу розглянуте використання цих методів для розрахункової оцінки ефективності встановлення додаткових фільтрів у системі вентиляції щітково-контактного апарату турбогенератора з підтвердженням можливості роботи генератора у всіх допустимих режимах роботи.

Вирішення поставлених у дисертаційній роботі задач здійснювалось на основі класичних методів та моделей руху газоподібних середовищ,

теплопровідності газоподібних та суцільних середовищ. Використовувалася дискретизація розв'язувальних співвідношень для аналізу на основі методу скінчених елементів, а також метод декомпозиції Рейнольдса з використанням моделі турбулентності $k-\varepsilon$.

Достовірність розглянутих методів та результатів досліджень, виконаних аналітичним способом та за допомогою тривимірного моделювання підтверджується на основі експериментальних досліджень. Дані, отримані за результатами тривимірного моделювання теплового стану елементів електричних машин генераторів, задовільно узгоджуються з теоретичними дослідженнями інших авторів.

Наукові положення дисертаційної роботи були використані на АТ «Українські енергетичні машини» в ході проектування турбогенераторів потужністю від 210 МВт до 325 МВт. Також результати роботи були включені в навчальний процес кафедри аерогідродинаміки Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут». Вказані вище факти підтверджуються відповідними актами-впровадження.

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Розвинуті існуючі інженерні методи визначення теплового стану на основі класичної аеродинамічної теорії та теорії теплопередачі в двовимірній постановці в частині удосконалення точності розподілу температурного поля на основі ретельного математичного моделювання конструкції.

2. Створений новий метод розрахунку теплового стану елементів конструкції турбогенераторів із вирішенням сукупності задач руху газу та теплопровідності у тривимірній постановці із використанням методу скінчених елементів.

3. Вдосконалено алгоритм завдання граничних умов для тривимірних моделей конструктивних компонентів енергетичного обладнання в частині детального опису теплових втрат з врахуванням пари тертя «контактні цільця»-«щітки», вентиляційних та електричних втрат, включаючи основні та додаткові.

4. Вдосконалено алгоритм та методику проведення тестових випробувань в частині більш точного визначення теплових полів, що обумовлюються використанням сучасних статистичних методів та нових систем термоконтролю.

Практичне значення виконаних наукових досліджень полягає в наступному:

1. Створено методику розрахунку температурного стану вузлів турбогенераторів та аналогічного енергетичного обладнання, використання якої

забезпечує надійну експлуатацію турбогенераторів у всіх допустимих режимах роботи протягом не менше 27 000 годин. Методика базується на розроблених в роботі методах тривимірного моделювання.

2. Надано обґрунтування використання систем фільтрації повітря в корпусі щіткотримача, з забезпеченням нормального теплового стану.

3. Встановлені закономірності розподілу температурного поля у вузлах та елементах конструкцій статорів турбогенераторів та аналогічного енергетичного обладнання під дією теплових втрат різного походження. Надане обґрунтування можливості встановлення додаткових фільтрів в конструкції щітково-контактного апарату турбогенератора з забезпеченням його надійної роботи у всіх режимах.

Дисертаційна робота виконана здобувачем в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» під керівництвом завідувача кафедри аерогідродинаміки, доктора технічних наук, доцента Третяка Олексія Володимировича. Дослідження проводились відповідно до «Енергетичної стратегії України на період до 2035 р.», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 605-р. від 18.08.2017 р., та «Енергетичної стратегії України на період до 2050 р.», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 373-р від 21 квітня 2023 р.

Таким чином поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання з розробки методу визначення теплового стану складових частин електричних машин, що базується на чисельному вирішенні сукупності задач руху газу та теплопровідності у тривимірній постановці із використанням методу скінчених елементів, повністю виконано здобувачем, який оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Ковриги Антона Євгенійовича відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», що підтверджується висновком про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Ковриги А.Є, наданим кафедрою аерогідродинаміки Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

Робота є завершеною науковою працею за результатами самостійних досліджень здобувача, що також представлені в інших опублікованих роботах автора.

В дисертаційній роботі та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації не виявлено елементів фальсифікації, плагіату або інших порушень академічної доброчесності. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають відповідні посилання на літературні джерела.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням відповідної фахової технічної термінології. У представленій науковій роботі використовується зручне представлення інформації за допомогою належних рисунків та таблиць.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та додатків. Вступ та кожен з розділів мають відповідний список використаної літератури.

У *вступі* дисертаційної роботи описано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та основні задачі роботи, зазначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів дослідження, вказано особистий внесок здобувача та наведено дані з апробації результатів роботи.

У *першому розділі* автором виконано огляд використовуваних систем охолодження турбогенераторів, проведено аналіз методики вибору основних геометричних розмірів активних частин турбогенератора з використанням значень електромагнітних навантажень в залежності від можливостей використаної системи охолодження щодо відведення теплових втрат. Розглянуті конструктивні особливості складових частин генератора, що диктуються вибором різних систем охолодження.

У *другому розділі* розглянуто особливості існуючих методів та алгоритмів розрахунку теплового стану конструктивних частин електричних машин. Проведено аналіз недоліків аналітичних вентиляційних та теплових розрахунків генераторів. Розглянуті теоретичні основи розрахунків системи охолодження на основі чисельного вирішення рівнянь Нав'є-Стокса у тривимірній постановці з використанням методу скінчених елементів на базі спеціалізованого модулю FlowSimulation SolidWorks. Виконано дослідження алгоритмів завдання граничних та початкових умов для тривимірних моделей вузлів та елементів конструкцій турбогенератора.

Третій розділ присвячений виконанню порівняльного розрахунку теплового стану щітково-контактного апарату турбогенератора з встановленими фільтрами в системі охолодження на основі аналітичного методу та методом скінчених елементів у тривимірній постановці. За результатами дослідження в тривимірній постановці отримані дані з просторового розподілу потоків охолоджуючого повітря, теплового стану повітря та конструктивних частин обладнання.

У четвертому розділі дисертації проаналізовані існуючі методи випробувань турбогенератора, а також розглянуті результати випробувань турбогенератора. Аналіз результатів проведених теплових та вібраційних випробувань дозволяє оцінити фактичний технічний стан турбогенератора, вказати на недоліки в експлуатації турбогенератора, надати рекомендації щодо усунення виявлених недоліків, визначити наявні резерви для можливого підвищення потужності турбогенератора.

У висновках дисертаційної роботи зазначено основні отримані наукові результати та розглянуто рекомендації щодо їх практичного застосування.

У додатках міститься перелік наукових публікацій здобувача за темою дисертаційної роботи, акти впровадження результатів роботи на АТ «Українські енергетичні машини» та в науково-методичному процесі кафедри аерогідродинаміки Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

Оформлення дисертаційної роботи виконане у відповідності до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у наступних наукових публікаціях здобувача: 1 стаття у науковому фаховому виданні України, 2 статті у виданнях, що реферуються в базі даних Scopus та мають третій квартиль, 3 тези науково-технічної конференції, 1 монографія та 1 патент на корисну модель.

Публікації здобувача мають належний науковий рівень, пройшли рецензування та перевірку на унікальність відповідно до умов видавництва. Здобувач має вагомий особистий внесок у представлених наукових публікаціях.

Опубліковані роботи містять всі основні результати виконаного дисертаційного дослідження.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В тривимірній моделі апарата щіткотримача відсутні конструкції кріплення щіток та електричні з'єднання. Дане рішення виключає можливість дослідження впливу теплових втрат в проводах та зниження тиску при обтіканні компонентів.

2. При вирішенні задачі теплового стану апарата щіткотримача не було досліджено вплив зовнішніх факторів тепловіддачі, які зумовлені повітрям в машинному залі.

3. При розрахунку газодинамічних параметрів охолоджуючого повітря доцільно було врахувати зменшення об'єму за рахунок витoku повітря через ущільнення, а також додатковий перегрів за рахунок обертання ротора.

4. В частині оформлення графіків іноді не всі параметри можливо роздивись.

Важливо відмітити, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Ковриги Антона Євгенійовича на тему «Створення методів тривимірного моделювання теплового стану апаратів щіткотримачів електричних генераторів для забезпечення підвищення потужності основних агрегатів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, теоретичні та практичні результати якого вирішують наукове завдання, що відноситься для галузі знань 13 «Механічна інженерія». Представлена дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені 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.

Здобувач Коврига Антон Євгенійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Офіційний опонент:

завідувач кафедри
електричних машин
Національного технічного
університету «ХП»,
кандидат техн. наук, доцент

Андрій ЄГОРОВ

«12» червня 2025 року