

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

Актуальність теми дисертації

На сьогоднішній день в Україні турбогенератори та гідроенератори великої потужності є невід'ємною складовою теплових та атомних станцій, за рахунок яких головним чином і виробляється електроенергія. Ресурс генераторного обладнання в більшості своїй вичерпаний. Сьогодні з урахуванням необхідності перерозподілу генерації електроенергії та постійних обстрілів енергосистеми питання забезпечення надійності роботи турбогенераторів та генераторів енергоблоків стоять дуже гостро.

Завдяки розвитку сучасних пакетів прикладних програм, з'явилася можливість проведення більш точних розрахунків теплового стану та особливостей системи охолодження генераторів. Такі розрахунки дозволяють визначити елементи конструкції зі значними температурними запасами, оптимізувати і вдосконалити конструкцію як окремих вузлів, так і всієї машини, підвищити надійність та зменшити масу генераторів.

Таким чином, розробка методів розрахунку теплового стану конструкцій турбогенераторів великої потужності у тривимірній постановці дозволить визначити шляхи підвищення потужності генеруючого обладнання. Це дозволить збільшити строк експлуатації турбогенераторів теплових електростанцій, зокрема, при надпроектних режимах роботи. Така задача особливо в нинішніх умовах є дуже актуальною і має суттєве практичне значення.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Матеріали, викладені у дисертації Ковриги Антона Євгенійовича, дозволяють зробити висновок про обґрунтованість та достовірність його наукових результатів. Це забезпечується використанням сучасних методів дослідження, зокрема, тривимірного комп'ютерного моделювання, класичних методів і моделей теорій руху газоподібних середовищ, теплопровідності.

Достовірність отриманих результатів дисертаційної роботи було встановлено шляхом їхнього порівняння з результатами експериментів та розрахунками інших авторів. Отримані результати математичного тривимірного моделювання системи вентиляції та теплового стану щітково-контактного апарату турбогенератора задовільно узгоджуються з даними експериментальних досліджень, а також розрахунками інших авторів.

Наукова новизна 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 задання граничних умов для тривимірних моделей конструктивних компонентів енергетичного обладнання в частині детального опису теплових втрат з врахуванням пари тертя вал-щітки, вентиляційних та омічних втрат, включаючи основні та додаткові.

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

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Ковриги Антона Євгенійовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, а її результати свідчать про вагомий особистий внесок здобувача у науковий напрям авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Можна зробити висновок, що дисертаційна робота Ковриги Антона Євгенійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою, що відповідає особливостям стилю наукових досліджень з використанням правильних термінів і понять, характерних для стандартної фахової та наукової термінології. Дисертаційна робота є цілісною і в ній досягнуті тематична повнота та розкриття головної наукової ідеї автора. Подані в роботі наукові та практичні положення логічно викладені та достатньо обґрунтовані.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списків використаних джерел до кожного розділу і загальних висновків. Загальний обсяг дисертації складає 142 сторінки, з них 119 сторінок основного тексту, 31 рисунків по тексту, 14 таблиць по тексту, списків використаних джерел до кожного розділу, сумарно викладених на 4 сторінках.

У **вступі** автором обґрунтовано актуальність обраної теми дослідження, сформульовано мету і завдання дослідження, а також описано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи та особистий внесок автора.

У **першому розділі** проаналізовано вплив обраної системи охолодження турбогенератора на його габаритно-вагові показники та конструкцію основних елементів. Розглянуто системи охолодження та їх характеристики, конструктивні особливості основних вузлів турбогенератора.

У **другому розділі** визначено особливості аналітичного розрахунку вентиляційної системи з використанням аналогії гідравлічних та електричних ланцюгів, властивості потоку з точки зору забезпечення оптимальних умов теплопередачі. Проаналізовано методи та алгоритми розрахунку теплового стану конструктивних частин турбогенераторів. Розглянуто основні принципи розрахунків системи охолодження у тривимірній постановці з використанням методу скінчених елементів на основі чисельного вирішення рівняння Нав'є-Стокса, в тому числі із застосуванням модулю Flow Simulation SolidWorks для моделювання течії рідин та газів. Проаналізовані алгоритми задання граничних та початкових умов для тривимірних моделей вузлів та елементів конструкцій турбогенератора.

У **третьому розділі** представлено розрахунки теплового стану щітково-контактного апарату турбогенераторів аналітичним методом та у тривимірній постановці. Отримано розподіл потоків охолоджуючого повітря, тиск повітря в системі, тепловий стан повітря та струмопровідних частин щітковоконтактного апарату з встановленими фільтрами в системі охолодження. На основі результатів розрахунків підтверджена можливість безпечної експлуатації апарату в усіх дозволених режимах експлуатації турбогенератора з дотриманням умов за допустимими температурами.

У **четвертому розділі** представлено методи випробувань турбогенератора, в тому числі теплові, що проводяться для оцінки фактичних запасів температур активних частин турбогенератора відносно визначених нормативно-технічною документацією граничних значень температур. Показано, що порушення в системі охолодження, зокрема, забруднення теплообмінних пристроїв, можуть негативно вплинути на експлуатаційні характеристики турбогенератора та привести до зменшення потужності машини.

У **висновках** наведено підсумкові результати проведених у дисертації наукових досліджень, що узагальнюють висновки за кожним розділом.

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

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

За матеріалами дисертації опубліковано 3 статті, з яких одна у виданні, що входить до переліку наукових фахових видань України та дві статті у виданнях, що реферуються в базі даних Scopus. Також основні результати

дисертації опубліковані в трьох тезах науково-технічних конференцій, в одній монографії та в одному патенті.

Наукові публікації здобувача містять опис наукових досліджень, проведених в рамках дисертаційного пошуку, аналіз сутності проблеми, методів і результатів проведених досліджень, а також обґрунтовані висновки. В наукових публікаціях здобувача не виявлено порушень принципів академічної доброчесності, висновки є оригінальними.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. В першому розділі фактично відсутня інформація про результати моделювання подібних систем охолодження іншими авторами. Такий огляд дав би більш повне розуміння актуальності дослідження, його методів та особливо – математичних моделей для опису теплогідравлічних процесів в каналах охолодження та теплового стану елементів конструкції.
2. Недостатньо обґрунтована правомірність використання аналогії між розрахунком вентиляційної системи та розрахунком електричних схем постійного струму, наведених у другому розділі.
3. В третьому розділі в частині результатів тривимірного розрахунку за допомогою SolidWorks Flow Simulation доцільно би було привести значення коефіцієнтів тепловіддачі для повітря в каналах охолодження та співвідношення, по яких вони були отримані.
4. Мають місце деякі граматичні помилки (стор. 34, 35, 39, 73, 75, 80, 100) та неточності в термінології. Зокрема, замість «щільність теплового потоку» має бути «густина теплового потоку», а замість «прикордонного шару» має бути «примежевий шар».

Вважаю, що приведені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів, не впливають на загальну 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, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 Механічна інженерія. 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 2022р. №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.

Рецензент:

Кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри аерокосмічної теплотехніки
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»

Олексій ЛИСИЦЯ