

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента - кандидата техн. наук, доцента

Широкого Юрія Вячеславовича

на дисертаційну роботу

Третяк Ірини Ігорівни

на тему «Підвищення потужності та надійності генераторів за рахунок

вдосконалення теплових процесів»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 Електрична інженерія

за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування

Актуальність дослідження

Питання підвищення надійності та потужності гідрогенераторів є особливо важливим для енергетичної галузі України. Більшість гідроагрегатів експлуатується десятки років і потребує термінової модернізації. Ефективне охолодження залишається ключовим фактором їхньої стабільної, безпечної та економічної роботи. Без сучасних рішень у системах охолодження неможливо суттєво підвищити потужність обладнання.

Існуючі системи охолодження з окремо встановленими нагнітачами мають низьку надійність. Вони часто виходять з ладу, вимагають значних витрат на обслуговування та ремонт. Такі нагнітачі обмежують можливість підвищення потужності гідрогенераторів-двигунів. Це створює серйозні технічні та економічні проблеми для гідроелектростанцій країни.

Сучасні чисельні методи, зокрема метод скінченних об'ємів, набувають особливої актуальності при розв'язанні вентиляційних задач. Вони дозволяють з високою точністю моделювати складні тривимірні течії повітря, теплообмін і розподіл температур у вузлах гідрогенератора. Застосування цього методу в поєднанні з програмним комплексом SolidWorks Flow Simulation дає можливість більш детально дослідити перебіг аеродинамічних і теплових процесів, що раніше було недосяжним при традиційних методах розрахунків.

Розробка сучасних методів тривимірного розрахунку теплового стану вузлів та деталей відкриває нові можливості для оптимізації. Впровадження відцентрових нагнітачів, інтегрованих безпосередньо на роторі, дозволяє відмовитися від ненадійних окремо встановлених нагнітачів. Такий підхід забезпечує стабільну роботу системи охолодження в обох напрямках обертання ротора. У результаті досягається підвищення потужності гідроагрегату на 5–7% при збереженні необхідного температурного рівня вузлів гідрогенератора. Це

рішення має важливе практичне значення для енергетичної безпеки України та подальшого розвитку вітчизняного енергетичного машинобудування

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Високий ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та достовірність наукових результатів дисертаційної роботи Третяк Ірини Ігорівни є високою та підтверджується комплексом методичних, розрахункових і практичних заходів. Авторка використовувала сучасний сертифікований програмний комплекс SolidWorks Flow Simulation, який реалізує метод скінченних об'ємів для чисельного розв'язання системи рівнянь Нав'є-Стокса, усереднених за Рейнольдсом. Це дозволяє з достатньою точністю моделювати течії охолоджуючого повітря, конвективний теплообмін і температурні поля в складній геометрії гідрогенератора-двигуна.

Достовірність результатів забезпечується багатоетапною верифікацією. Спочатку проводився аналітичний розрахунок напірних характеристик відцентрового нагнітача за класичними рівняннями газової динаміки. Отримані дані порівнювалися з результатами тривимірного чисельного моделювання. Хороша збіжність результатів підтверджує коректність постановки задачі та правильність вибору розрахункових моделей. Крім того, авторка детально задавала початкові та граничні умови з урахуванням реальних конструктивних особливостей гідрогенератора, властивостей матеріалів, режимів роботи та характеристик нової системи охолодження.

Важливим елементом підтвердження достовірності є аналіз напружено-деформованого стану робочого колеса вентилятора під дією відцентрових сил у всіх можливих експлуатаційних режимах. Розрахунки показали достатні запаси міцності, що свідчить про надійність запропонованого технічного рішення. Отримані температурні поля вузлів гідрогенератора-двигуна після реконструкції системи охолодження демонструють наявність резерву, який дозволяє підвищити потужність агрегату на 5–7 % при забезпеченні відповідного теплового стану його основних елементів. Ці висновки є обґрунтованими та реалістичними, оскільки базуються на комплексному аеродинамічному та тепловому моделюванні всієї системи.

Практична апробація результатів на ТОВ «ХЕМЗ» (м. Харків) при проектуванні та реконструкції гідрогенераторів є одним із найвагоміших доказів достовірності роботи. Використання розроблених методик і рекомендацій у реальному виробничому процесі підтверджує їхню технічну придатність і правильність основних наукових положень.

Таким чином, сукупність застосованих чисельних методів, проведена верифікація розрахунків, комплексний характер моделювання та позитивний

виробничий досвід впровадження дозволяють зробити висновок про високу достовірність наукових результатів дисертаційної роботи. Результати дисертації впроваджені на ТОВ «ХЕМЗ» та у навчальний процес НАУ «ХАІ», що свідчить про їх прикладну цінність для енергетичних галузей України.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше створений новий метод розрахунку системи охолодження гідрогенераторів у тривимірній постановці для симетричної задачі, що враховує всі конструктивні особливості конструкції, розподіл аеродинамічних параметрів повітря та характеристики нагнітача.

2. Удосконалено алгоритм формування граничних умов для тривимірних моделей конструктивних компонентів гідрогенераторів в частині визначення аеродинамічних параметрів повітря, конструктивних властивостей вузлів та елементів гідрогенераторів, теплофізичних властивостей повітря.

3. Вперше обґрунтовано підвищення надійності та потужності гідрогенератора-двигуна за рахунок відмови від окремо встановлених нагнітачів в системі охолодження та введення в якості нагнітача спеціальних лопатей, розташованих на роторі, які можуть створювати необхідний напір при напрямку обертання ротора як за годинниковою стрілкою, так і проти неї.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Розроблений метод розрахунку теплового та аеродинамічного стану гідрогенератора-двигуна з використанням відцентрового нагнітача, встановленого безпосередньо на ободі ротора гідрогенератора-двигуна, може бути використано для створення більш потужних та надійних гідрогенераторів.

2. Розроблена конструкція відцентрового нагнітача може бути використана для підвищення ефективності систем охолодження, що в свою чергу дасть змогу збільшити потужність та надійність гідрогенераторів.

3. Запропонований метод може бути використаний при проектуванні та розрахунку багатокомпонентних високоефективних систем охолодження авіаційної та аерокосмічної техніки.

Отримані наукові результати можуть бути використані науково-дослідними та проєктними організаціями, конструкторськими бюро енергетичної галузі, навчальними закладами та іншими організаціями, які спеціалізуються в області досліджень та експлуатації енергетичного електромашинного обладнання

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Третяк Ірини Ігорівни відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Енергетичне машинобудування», про що свідчить висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Третяк І.І., наданий кафедрою аерокосмічної теплотехніки Національного аерокосмічного університету "Харківський авіаційний інститут".

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувачки у науковий напрям оцінки напружено-деформованого стану та аналізу теплового стану вузлів енергетичних машин.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено. Використання в тексті результатів інших вчених супроводжується відповідними посиланнями, посилання на літературні джерела коректні. Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, що опубліковані у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою, логічно структурована та доступно викладена. Основний текст підготовлено якісною технічною мовою, з використанням професійної термінології. Наукова робота достатньо забезпечена пояснювальними рисунками та таблицями.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списків використаних джерел до кожного розділу і загальних висновків.

У *вступі* дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність запропонованого дослідження, сформульовано мету та основні задачі, сформульовано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, вказано особистий внесок здобувача та наведено апробацію результатів.

Перший розділ присвячено аналізу системи охолодження гідрогенератора-двигуна з окремо встановленими нагнітачами. У ньому розглянуто основні проблеми експлуатації таких систем. Авторка проаналізувала особливості систем охолодження гідрогенераторів та їхніх напірних елементів. На основі порівняння характеристик різних типів нагнітачів обґрунтовано вибір відцентрових нагнітачів, які встановлюються безпосередньо на роторі. Також розглянуто сучасні тенденції проєктування та існуючі наукові доробки.

У другому розділі викладено основні принципи аеродинамічних і теплових розрахунків. Розроблено удосконалений метод розрахунку теплового стану елементів конструкції у тривимірній постановці. Метод базується на чисельному розв'язанні рівнянь Нав'є-Стокса, усереднених за Рейнольдсом. Для розрахунків використано модуль Flow Simulation програмного комплексу SolidWorks.

Третій розділ містить результати проектування нагнітача системи охолодження. Авторка проаналізувала кілька конфігурацій робочого колеса та допоміжних елементів. Обґрунтовано остаточний варіант конструкції. Визначено напірну характеристику нагнітача класичними методами. Результати перевірені тривимірним моделюванням. Виконано аналіз напружено-деформованого стану робочого колеса. Це підтвердило надійність нагнітача в усіх режимах роботи.

Четвертий розділ присвячено аеродинамічному розрахунку реконструйованої системи охолодження. Представлено розподіл потоків охолоджуючого повітря. Розрахунки виконані аналітичним методом і тривимірним моделюванням. Визначено коефіцієнти тепловіддачі в характерних точках системи. Отримані результати дозволили оцінити тепловий стан вузлів гідрогенератора-двигуна. Виявлено температурні запаси, які дають можливість підвищити потужність гідрогенератора-двигуна на 5–7 %.

Загальним результатом роботи стали ефективні методи тривимірного моделювання аеродинамічних і теплових процесів. Розроблені моделі дозволяють оптимізувати конструкцію і масогабаритні параметри гідрогенераторів. Вони забезпечують високу надійність і ефективність обладнання. Це має важливе значення для енергетичної безпеки України.

Практична значущість роботи підтверджена впровадженням на ТОВ «ХЕМЗ» та у навчальний процес НАУ «ХАІ», що демонструє ефективність запропонованих підходів для модернізації енергетичного обладнання.

Загальні висновки висвітлюють отримані наукові результати, а також містять рекомендації щодо їх практичного застосування.

У додатках наведено перелік наукових публікацій здобувача за темою дисертації, акт впровадження результатів на ТОВ «Харківський електро-машинобудівний завод», а також акт впровадження результатів роботи в навчально-методичний процес кафедри аерокосмічної теплотехніки Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

Дисертаційна робота оформлена відповідно 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 5 наукових публікаціях здобувача, що реферуються в базі даних Scopus, 2 тезах доповідей на міжнародних конференціях, 1 патент на корисну модель.

Публікації Третьак Ірини Ігорівни мають високий науковий рівень, проходили рецензування та перевірку на унікальність згідно з умовами видавництва. Особистий внесок здобувача до поданих наукових публікацій є вагомим. Публікації охоплюють усі основні результати дисертаційного дослідження.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У Розділі 1 доцільно було б провести дослідження різних типів об'єднання трубок та використання багатоходових газоохолоджувачів з можливим розведенням повітря по окремим незалежним каналам.

2. У Розділі 2 необхідно було б звернути більше уваги на формування граничних умов в частині розрахунку додаткових циркуляційних струмів та механічних втрат - відобразити не тільки значення, а й рівняння.

3. У Розділі 4 необхідно було б звернути більш ретельну увагу на створення сітки скінчених об'ємів та пояснення використання моделі турбулентності k-ε.

4. На рисунках 3.6 - 3.8, 4.8- 4.13 не дуже чітко відображена градієнтна шкала для епюри.

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

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії Третьак Ірини Ігорівни на тему «Підвищення потужності та надійності генераторів за рахунок вдосконалення теплових процесів» 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 14 Електрична інженерія за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування. 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.

Здобувачка Третяк Ірини Ігорівни заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування.

Рецензент:

Декан факультету авіаційних двигунів,
Національний аерокосмічний університет
"Харківський авіаційний інститут"
кандидат техн. наук, доцент

Юрій ШИРОКИЙ