

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Баранніка Валентина Сергійовича

«Просторова аеродинамічна оптимізація направляючої решітки осьової турбіни»,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.16 – турбомашини та турбоустановки

Актуальність теми дисертаційної роботи. В умовах сьогоденності питання підвищення економічності турбоустановок стало досить гостро. Спроектовані в минулому столітті турбомашини мають хороші показники ефективності, тому подальше її підвищення можливе лише за умови використання сучасних підходів, що ґрунтуються на засадах теорії оптимального проектування.

Дисертаційна робота Баранніка В.С. присвячена розробці методики просторової оптимізації направляючих апаратів осьових турбін, що включає оптимізацію форми профілів вздовж висоти лопатки направляючої решітки та оптимізацію меридіональних обводів міжлопаткових каналів.

Зважаючи на вище сказане, вирішення поставленої дисертантом науково-практичної задачі являється актуальним для галузі турбінобудування.

Актуальність роботи підтверджується тим, що виконана на кафедрі турбінобудування НТУ «ХПІ» в рамках держбюджетної теми МОН України «Розрахункові дослідження аеродинамічної досконалості елементів проточних частин парових та газових турбін» (ДР № 0111U002267) і госпдоговірних робіт з ПАТ «Турбоатом» (м. Харків).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність і новизна, повнота їх викладу в опублікованих працях. Наукові положення та коректно поставлена ціль дисертаційної роботи заснована на детальному аналізі робіт з підвищення ефективності як турбінних решіток окремо, так і ступеня в цілому. Проведена верифікація результатів числових розрахунків, отриманих з

використанням сучасних програмних комплексів для визначення просторової структури течії в решітках, з результатами фізичних експериментів, що проведені на кафедрі турбінобудування НТУ«ХП», дозволяють говорити про достовірність отриманих автором результатів та адекватність підходів, що застосовувались при цьому. Сформульовані задачі відповідають об'єкту, предмету та меті роботи.

До наукової новизни досліджень, проведених в дисертації, можна віднести:

– для аналітичного проектування та оптимізації профілів турбінних лопаток використані криві різного типу, що забезпечують побудову як стандартних атласних профілів, так і турбінних профілів будь-якої форми. Для кожного типу кривої вперше визначені параметри управління її формою, що забезпечують варіювання геометрії профілю в широких межах та в подальшому ставити оптимізаційну задачу;

– вперше запропоновано метод оптимізації меридіональних обводів направляючих решіток ЦВТ з циліндричними та решіток ЦНТ з обводами конічної форми, дозволяють отримати додаткові резерви підвищення ефективності;

– для отримання оптимального результату автором використовується теорія планування експерименту, що ґрунтується на заміні вихідної цільової функції формальною макромоделлю в вигляді квадратичного поліному. Для більш точного опису багатоекстремальних цільових функцій автором запропонований підхід, що дозволяє підвищити точність формальної макромоделі повного квадратичного поліному.

На основі підходів, що використовуються, автором проведено оптимізацію направляючої решітки, що по своїм характеристикам відповідає третьому ступеню потужної парової турбіни. В результаті було отримані решітки, втрати яких нижче вихідного варіанту вздовж всієї висоти лопатки. При цьому рівень витрати робочого тіла через оптимальні решітки зберігається на рівні вихідного варіанту, а площа перерізу профілю – не нижче вихідного варіанту.

Науково обґрунтовані результати та висновки, завершеність і логічна побудова роботи, дозволяють зробити висновок, що дисертаційна робота виконана на високому науково-технічному рівні.

Практичне значення отриманих результатів для галузі турбінобудування полягає у розробці методики проектування аеродинамічно досконалих направляючих решіток, що дозволила отримати направляючий апарат потужної парової турбіни, ефективність якого в відносних величинах на 8,4% вище вихідного варіанту.

Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на Всеукраїнських та Міжнародних науково-технічних конференціях. По темі дисертаційної роботи надруковано 13 наукових праць, серед яких: 7 статей в наукових спеціалізованих виданнях України (5 входять в міжнародну наукометричну базу даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA) та індексуються наукометричною базою Google Академія), 6 – в матеріалах науково-технічних конференцій.

Оцінка змісту дисертації та автореферату. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел інформації і 6 додатків. Повний обсяг дисертації складає 146 сторінок, серед них 57 рисунків за текстом, 6 рисунків на 4 окремих сторінках, 11 таблиць за текстом, списку використаних джерел інформації з 84 найменувань на 9 сторінках, 6 додатків на 6 сторінках.

У додатках представлені геометричні характеристики атласних профілів, що використовувались роботі, а також акти впровадження основних результатів роботи на підприємстві ПАТ «Турбоатом» і в навчальному процесі НТУ «ХП».

Дисертаційна робота написана технічно грамотно та відповідає вимогам МОН України.

У **вступі** обґрунтована актуальність роботи, її ціль. Сформульовано мету роботи та задачі дослідження, котрі необхідно розв'язати для вирішення поставленої мети. Наведено наукову новизну отриманих результатів, їх практичне значення, апробація роботи та кількість публікацій по темі дисертації. Приведене практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі** розглянуті роботи по збільшенню ефективності турбінних решіток. Більшість із розглянутих публікацій є англomовними. Також присутні в достатній кількості публікації кращих вітчизняних шкіл турбінобудування (ІПМаш НАН України, ЛМЗ, НЗЛ, ЦКТИ), що говорить про широкий спектр виконаної роботи.

Виявлено, що більшість робіт присвячена підвищенню економічності турбінних решіток шляхом зміни форми профілів по всій довжині контуру або на окремих ділянках. Даний факт говорить про актуальність розглянутого автором питання.

Автором детально проаналізовані результати робіт та виявлені їх недоліки, котрі були враховані при вирішенні поставленої задачі. Відмічається, що в своїй більшості розглянуті роботи присвячені удосконаленню вже існуючих конструкцій, однак на етапі проектування принципово нових проточних частин парових турбін необхідні підходи, що дозволяють отримувати аеродинамічно досконалі решітки виходячи з результатів попереднього проектування.

У **другому розділі** розглянуті питання аналітичного проектування перерізів турбінної решітки.

Показана можливість застосування кривих Безье, кубічних інтерполяційних сплайнів та степеневих поліномів для проектування турбінних профілів. Для кожного типу кривих визначені параметри управління, що дозволяють в широких межах варіювати форму профілю. Визначені особливості параметричних моделей турбінних решіток, що дозволяють апроксимувати достатньо точно профіль будь-якої конфігурації, в тому числі і стандартні атласні типи профілів.

Зауваження до другого розділу. Із вмісту дисертації не зовсім зрозуміло чому при апроксимації профілю кривими Безье використовувався критерій мінімуму максимальної кривизни, в той час як для кубічних сплайнів та степеневих поліномів цей критерій не використовувався.

В дисертації не досить детально описується схема побудови лопатки по отриманим профілям за допомогою вказаних кривих

Третій розділ присвячений методологічним дослідженням щодо використання CFD програм для розрахунку структури течії в турбінних решітках.

Автором проведене детальне порівняння результатів фізичного експерименту та числових розрахунків, що показали хороше моделювання CFD програмою процесів, що виникають в турбінних решітках.

До зауважень третього розділу можна віднести наступне:

1. Хоча порівняння результатів з використанням CFD на робочій решітці показали більшу ефективність профілю 1ММК в порівнянні з Р2, в процентному відношенні ці значення відрізняються від значень фізичного експерименту. Останнє потребує детального аналізу та пояснення, хоча і не входить до цілей, поставлених в роботі.

2. Запропоновані два способи збереження витрати через решітку ймовірно можуть бути використані в залежності від форми оптимізованих профілів. В дисертації не розглянуто детально питання вибору способу збереження витрати в залежності від побудованих оптимальних профілів.

В четвертому розділі приведені результати оптимізації направляючої решітки осьової турбіни при проектуванні її профілів кривими Безьє, кубічними інтерполяційними сплайнами та степеневими поліномами. Визначення оптимальної комбінації варійованих параметрів проводилось за допомогою теорії планування експерименту та КПт – послідовності. Для більш точного опису вихідних цільових функцій автором запропоновано методику підвищення точності формальної макромоделі.

Зауваження та неточності четвертого розділу:

1. Автором при вирішенні оптимізаційної задачі використовується пряма решітка, хоча реальні решітки кільцеві. Отримані значення втрат оптимальних форм прямих решіток можуть відрізнятися від значень кільцевої решітки.

2. Не зовсім зрозуміла ціль проведення задачі оптимізації решіток в двомірній постановці.

В п'ятому розділі розглянуте питання розробки методу оптимізації меридіональних обводів направляючих апаратів.

Для побудови форми обводу автор використовує криві Безьє третього та четвертого порядку.

Цінність розробленого методу полягає в тому, що він може бути використаний як для направляючих решіток ЦВТ з циліндричними обводами (без розкриття), так і для решіток ЦНТ з конічними обводами (з розкриттям).

При оптимізації направляючої решітки з розкриттям автор використовує достатньо довгу лопатку. При розрахунках необхідно було б врахувати зміну тиску вздовж висоти лопатки.

В дисертації не пояснюється чому при оптимізації меридіонального обводу циліндричних лопаток використовуються криві Безьє четвертого порядку, а при оптимізації меридіонального обводу лопатки з розкриттям – криві Безьє третього порядку.

Загальний висновок

Зазначені зауваження не впливають на загальну високу позитивну оцінку роботи – вони скоріше являються свідченнями складності поставленої задачі.

Дисертаційна робота Баранніка В.С. виконана на високому науковому рівні. Текст роботи написаний грамотно з використання загальноприйнятої термінології в галузі турбінобудування.

Дисертація відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо кандидатських дисертацій, а її автор, **Бараннік Валентин Сергійович**, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.16 – турбомашини і турбоустановки.

Офіційний опонент

Головний конструктор парових турбін

Публічного акціонерного товариства

«Турбоатом»,

кандидат технічних наук



В.Л. Швецов

Відзив надійшов « ___ » _____ р.
Вчений секретар спец. ради *В.С. Бараннік*