

НОВОЕ УРАВНЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОФИЛЬНЫХ ПОТЕРЬ В ВЕНЦЕ ОСЕВОЙ ТУРБИНЫ

©2016 О.В. Батурин¹, Г.М. Попов¹, Н.В. Батурин², Ю.Д. Новикова¹

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва
²ПАО «КУЗНЕЦОВ», г. Самара

NEW EQUATION FOR THE EVALUATION OF PROFILE LOSSES AT BLADE ROWS OF THE AXIAL TURBINE

Baturin O.V., Popov G.M., Novikova Yu.D. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)
Baturin N.V. (JSC «KUZNETSOV», Samara, Russian Federation)

The refinement of axial turbines design methods by 1D and 2D calculation types is now an urgent task. The key issue for raising quality of axial turbines design is a significant prediction of energy losses. In this paper current models have been analyzed by profile energy loss at the profile of blade rows in axial turbines. Has been proposed a new equation, which allows to define profile losses in the axial turbine more accurate than current models that were considered before.

Сегодня основным инструментом анализа рабочего процесса турбомашин являются методы вычислительной газовой динамики (CFD), основанные на численном решении системы уравнения Навье - Стокса. Особенность CFD методов заключается в том, что по сути это поверочный расчёт. Для его проведения нужно иметь полное представление о геометрии канала. Она, как и много лет назад, получается в результате проектных 1 и 2D расчётов. Поэтому задача развития методов проектирования осевых турбин с помощью моделей низкого уровня не теряет свою актуальность.

Ключевым вопросом повышения качества проектирования турбин является достоверное предсказание потерь энергии. Были рассмотрены пять наиболее известных моделей профильных потерь: Саделберга (Soderberg), Анлея и Метисона (Ainley&Mathieson), Данхема и Кейма (Dunhem&Came), Какера и Окапу (Kaker&Ocapu) и ЦИАМ [1].

С их помощью были рассчитаны значения профильных потерь в более чем 170 решётках осевых турбин, параметры которых были взяты из [2]. Рассматриваемый массив решёток отражает всё многообразие профилей лопаток осевых турбин, используемых в авиационных газотурбинных двигателях (ГТД).

Прямое сопоставление результатов расчёта и эксперимента не позволило одно-

значно назвать наилучшую модель для оценки потерь. Любая из использованных моделей для одной решётки может показывать практически полное совпадение, а для другой различия более чем в два раза.

Для решения данной проблемы был предложен способ оценки достоверности моделей для оценки потерь энергии в лопаточных венцах осевых турбин, основанный на статистическом анализе отклонения экспериментальных данных от расчётных. Показано, что указанные отклонения подчиняются закону нормального распределения и могут быть описаны величинами математического ожидания $\mu_{\Delta\xi}$ и среднеквадратического отклонения $\sigma_{\Delta\xi}$.

Установлено, что наилучшей из рассмотренных моделью для описания профильных потерь в осевых турбинах является модель, разработанная в Центральном институте авиационного моторостроения (Россия). Она, с вероятностью 95%, занижает значение потерь в среднем на 8% при среднеквадратическом отклонении 42%.

Опираясь на указанные статистические критерии, на основании анализа природы профильных потерь и с применением методов математической оптимизации, было предложено новое уравнение, которое позволяет определить профильные потери в осевой турбине точнее, чем рассмотренные существующие модели. С вероятностью 95% оно занижает значение потерь в среднем на

10% при среднеквадратическом отклонении 31%. Предложенное новое уравнение позволяет учесть большее число геометрических и режимных факторов, влияющих на величину потерь.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания.

Библиографический список

1. Абианц В.Х. Теория газовых турбин реактивных двигателей. – М.: Машиностроение, 1979. 246 с.
2. Венедиктов В.Д. Атлас экспериментальных характеристик плоских решёток охлаждаемых газовых турбин. – М.: ЦИАМ, 1990. 393 с.

УДК 621.452.33-226.001.63«313»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В ДИСКАХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 А.В. Сальников, Б.Е. Васильев

Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», г. Москва

THE APPLICATION OF MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION METHODS FOR THE EVALUATION OF DIFFERENT GTE DISK DESIGN SOLUTIONS EFFECTIVENESS

Salnikov A.V., Vasilyev B.E. (Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov,
Moscow, Russian Federation)

The report is about the effectiveness evaluation of some design solutions for GTE locks and disks. Effectiveness evaluation is realized using the multi-criteria optimization methods and automated parameterized finite element models. The work is represented results of the some design solutions using evaluation for disc lock and hub.

Улучшать прочностные и весовые характеристики дисков можно либо за счёт оптимизации их размеров, либо за счёт использования новых конструктивных решений. В последнем случае необходимо решить две проблемы: оценку эффективности новых конструктивных решений и их реализацию с точки зрения технологических аспектов.

Оценку эффективности новых конструктивных предложений для дисков газотурбинных двигателей удобно делать при помощи различных методов многокритериальной оптимизации.

Для этого необходимо разработать схему параметризации предлагаемого конструктивного решения, создать параметризованную модель нового конструктивного решения требуемого уровня сложности, решить задачу оптимизации с учётом этого предложения и сравнить полученные результаты с результатами оптимизации улучшае-

мого элемента диска, но стандартной конструкции.

Уровень сложности используемых моделей зависит от того, для какого элемента диска предлагается новое конструктивное решение. Если оно касается полотна и ступицы диска, то рекомендуется использовать 2D модели. Если предлагаются новые конструктивные решения для замкового соединения, то рекомендуется использовать 3D модели.

В докладе показана оценка эффективности нескольких конструктивных решений для замкового соединения типа «ёлочка» (схемы параметризации приведены на рис. 1) с точки зрения улучшения массовых и прочностных характеристик диска:

- использование для разных зубьев разного шага замка и радиуса сопряжения;
- использование ассиметричной конструкции хвостовика (сдвиг половины хвостовика вниз).