

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В СОПЛОВом АППАРАТЕ ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНОЙ МИКРОТУРБИНЫ

Щербань А.И., Зубанов В.М., Ильин И.М.
Самарский университет, г. Самара, korneeva.ai@ssau.ru

Ключевые слова: микротурбина, параметры сетки, CFD-моделирование, рабочий процесс.

На борту авиационных и космических летательных аппаратов широко применяются малогабаритные турбины, в том числе центроостремительные микротурбины, используемые в турбогенераторах, агрегатах систем ориентации и стабилизации космических аппаратов, турбонасосах, турбодетандерах и т.д. Их отличает малый диаметр рабочего колеса (20...100 мм) и малая мощность (0,01...10 кВт) [1].

Традиционным подходом к определению характеристик микротурбин являются экспериментальные исследования. Однако постановка натурного эксперимента является технически сложным и дорогим подходом, что делает численное моделирование основным инструментом исследования, но при этом требует обязательной верификации расчетной модели.

Цель настоящего исследования – разработка верифицированной математической модели рабочего процесса соплового аппарата центроостремительной микротурбины (СА ЦСМТ). В качестве предмета исследования выбран сопловой аппарат центроостремительной микротурбины с экспериментально полученными зависимостями коэффициента скорости СА $\varphi_{СА}$ и угла потока α_1 от изоэнтропического числа Маха в сечении на выходе из СА $M_{из}$. [2].

Геометрическая модель СА соответствовала эксперименту и состояла из входной области, лопаточного венца, выходной области и учитывала наличие перекрыш.

Расчет проводился в программном комплексе NUMECA Fine/Turbo. Создание сетки СА для численной модели выполнялось в программном комплексе Numeca AutoGrid5 с использованием рекомендаций по настройке параметров численных моделей рабочего процесса микротурбин [3]. Использовалась модель турбулентности *Spalart-Allmaras*.

Обработка результатов расчета проводилась двумя способами. Первый способ соответствовал методике обработки результатов эксперимента, при котором коэффициент скорости $\varphi_{СА}$ рассчитывался с помощью опрокидывающего момента $M_{оп}$. Во втором же случае угол потока α_1 и действительной скорости c_1 на выходе из СА определялись непосредственно в программном комплексе NUMECA Fine/Turbo.

Результаты расчета – зависимости коэффициента скорости СА $\varphi_{СА}$ от изоэнтропического числа Маха на выходе из СА $M_{из}$, представлены на рис. 1.

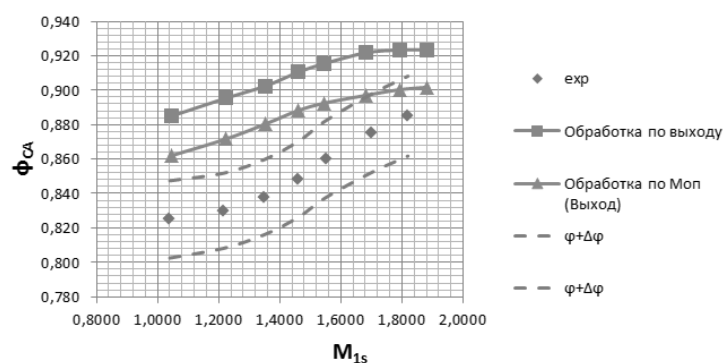


Рис. 1 – Результаты моделирования рабочего процесса СА ЦСМТ

На рис. 1 видно, что результаты моделирования находятся выше экспериментальных значений и не входят в предельные допустимые погрешности эксперимента. При этом расчет коэффициента скорости СА по опрокидывающему моменту $M_{оп}$ имеет меньшую погрешность по сравнению с расчетом параметров, определяемых непосредственно в программном комплексе NUMECA Fine/Turbo.

Расчетные исследования с использованием других СА также показали существенное расхождение с результатами эксперимента, что может быть вызвано сложной структурой потока (смешением вторичных течений) и малыми относительными высотами лопаток.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках государственного задания (номер проекта FSSS-2024-0015, «Изучение закономерностей рабочих процессов нагнетательных машин на базе сопряженных математических моделей»).

Список литературы

1. Наталевич А.С. Воздушные микротурбины. – Москва: Издательство «Машиностроение», 1970. – 208 с.
2. Матвеев, В.Н. Методы повышения энергетической эффективности многорежимных центробежных микротурбинных приводов: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / В.Н. Матвеев. – Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 1999.
3. Щербань А.И., Матвеев В.Н., Зубанов В.М. и др. Рекомендации по формированию численных моделей рабочего процесса микротурбин // Международная научно-техническая конференция имени Н. Д. Кузнецова «Перспективы развития двигателестроения». – 2025. – С. 903-904.

Сведения об авторах

Щербань Анастасия Ивановна – старший преподаватель кафедры ТДЛА им. В.П. Лукачёва. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Зубанов Василий Михайлович – к.т.н., доцент кафедры ТДЛА им. В.П. Лукачёва. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Ильин Илья Михайлович – студент. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

NUMERICAL SIMULATION OF THE WORKING PROCESS IN THE NOZZLE APPARATUS OF A CENTRIPETAL MICROTURBINE

Shcherban A.I., Zubanov.V.M., Ilin I.M.
Samara University, Samara, Russia, korneeva.ai@ssau.ru

Keywords: microturbine, grid parameters, CFD modeling, workflow

The article presents the results of a numerical study of the working process of a centripetal microturbine nozzle using two processing techniques. Comparison with experimental characteristics has shown that the obtained model is not adequate and requires refinement.