

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СОПЛОВОГО АППАРАТА МАЛОРАЗМЕРНОЙ ТУРБИНЫ

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

Ключевые слова: сопловой аппарат, численное моделирование.

Широкое применение в турбомашиностроении находят малоразмерные турбины, характеризующиеся малыми объемными расходами рабочего тела в сочетании с высокими перепадами энтальпий. Для доводки и оптимизации таких турбин необходимы конкретные методики и рекомендации по созданию их численных моделей, которые в данный момент не представлены в открытых источниках. Поэтому цель данной работы: численное моделирование рабочего процесса соплового аппарата осевой малоразмерной турбины с последующей выработкой рекомендаций.

Объектом исследования является рабочий процесс в лопатках соплового аппарата (СА) осевой малоразмерной турбины (ОМТ), для которой были получены экспериментальные данные на кафедре теории двигателей летательных аппаратов имени В.П. Лукачева Самарского университета [1].

Геометрия проточной части, представленная на рис. 1, была построена в программном комплексе Siemens NX 8,5 на основе исследуемых профилей СА и рабочих чертежей установки, используемой в эксперименте. Геометрическая модель включала в себя СА, колесо-ловушку, перетечки над колесом-ловушкой, а также учитывала наличие перекрыш на периферии и втулке, осевого и радиального зазора, значения которых брались из экспериментальных данных. Структурированная гексагональная сетка была построена в программном комплексе Numeca AutoGrid5 [2, 3], сеточная модель содержала 6,5 млн. узлов, значение параметра u^+ расчетной сетки составляет 1. Так же сеточная модель была построена с помощью программного комплекса Ansys [4] с сохранением настроек двумерной сетки и количества элементов по высоте лопаток. Сетка для программного комплекса Ansys составила 8,1 млн. узлов.

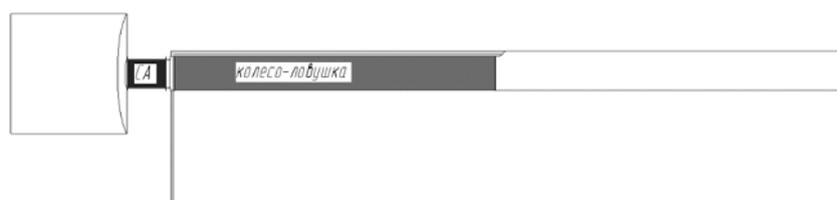


Рис. 1. Геометрия проточной части СА ОМТ

Численный расчёт характеристик СА ОМТ был выполнен с использованием CFD программного комплекса NUMECA FINE/Turbo и Ansys CFX. Расчет проводился с помощью модели турбулентности Spalart-Allmaras в случае моделирования рабочего процесса в Numeca и модели турбулентности $k-\omega$ SST в случае моделирования рабочего процесса в Ansys CFX. В качестве рабочего тела в соответствии с экспериментом был задан воздух (реальный газ). Для граничных условий на входе задавались полное давление и температура, на выходе – статическое давление $p=101325$ Па. В ходе расчетов изменялось значение полного давления на входе в СА ОМТ для обеспечения требуемого режима работы СА.

Расчет выполнялся в двух разных программных комплексах с целью обеспечения достоверности результатов и выявления неточности и ошибок на ранней стадии моделирования.

Обработка полученных в результате моделирования данных выполнялась по методике обработки результатов эксперимента. По результатам обработки в сечении на выходе из СА

выполнялось построение зависимости коэффициента скорости СА от изоэнтропического числа Маха в сечении на выходе из СА. Распределение рассчитанных характеристик представлено на рис. 2.

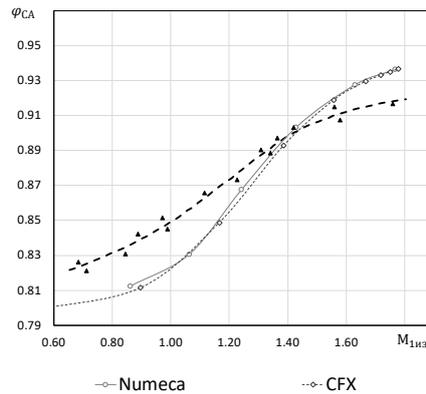


Рис. 2. Результаты моделирования рабочего процесса СА в программных комплексах Numeca и Ansys CFX

Сравнение полученных в результате численного моделирования характеристик с экспериментальными данными показало, что зависимость коэффициента скорости СА от изоэнтропического числа Маха, полученная в результате численного моделирования, качественно совпала с экспериментальной зависимостью. Максимальное расхождение с экспериментом для обоих вариантов моделирования не превысило 2%.

Для дальнейших исследований будет рассмотрено влияние параметров численной модели СА ОМТ на точность и скорость моделирования: анализ влияния настроек двумерных сеток межлопаточного канала и моделей турбулентности.

Работа выполнена в рамках реализации Программы развития Самарского университета на 2021- 2030 годы в рамках программы "Приоритет-2030" при поддержке Правительства Самарской области.

Список литературы

1. Мусаткин, Н.Ф. Экспериментальный выбор оптимального профиля соплового аппарата и рабочего колеса воздушной осевой микротурбины [Текст] /Н.Ф. Мусаткин, Н.Т.Тихонов // Реф.ж. Репорт.- ВИМИ.- М. 1976.-№24.- 16 с.

Сведения об авторах

Зубанов Василий Михайлович, с.н.с., к.т.н, Область научных интересов: проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Харитоновна Анна Алексеевна, лаборант. Область научных интересов: проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Щербань Анастасия Ивановна, м.н.с. Область научных интересов: проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Попов Григорий Михайлович, с.н.с, к.т.н, доцент. Область научных интересов: проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

NUMERICAL SIMULATION OF THE WORKING PROCESS OF THE NOZZLE APPARATUS OF A SMALL-SIZED TURBINE

Zubанov V.M., Kharitonova A.A., Shcherban A.I., Popov G.M.
Samara National Research University, Samara, Russia, korneeva.ai@ssau.ru

Keywords: nozzle apparatus, numerical simulation.

The paper describes the results of numerical simulation of the nozzle apparatus of an axial small-sized turbine.