

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОСЕВЫХ ТУРБИН В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ NUMECA И ANSYS CFX

Калинина К., Якимов А.Е., Родимов Д.А.

Самарский университет, г. Самара, kalininaksenia713149675@gmail.com

Ключевые слова: осевая турбина, CFD-моделирование, NUMECA, Ansys.

Сегодня численное моделирование рабочего процесса в турбине является неотъемлемой составляющей процесса её проектирования и доводки. Это связано с тем, что прогресс численных методов газовой динамики и возможностей вычислительной техники позволили проводить поверочные расчёты турбин с минимальными допущениями, чем повысили их достоверность. Результаты, полученные таким образом, мало отличаются от получаемых в эксперименте количественно, а вычисленные тенденции изменения параметров, характеризующих работу турбин, в зависимости от режимных и геометрических параметров отличаются от реальных с точностью до погрешности эксперимента. Тем не менее, на сегодняшний день отсутствуют полноценные методики, которые охватывали бы все этапы расчёта характеристик – от построения верифицированной сеточной модели и настройки серии вычислительных экспериментов до грамотной постобработки результатов. Такие руководства крайне востребованы для подготовки студентов, осваивающих современные подходы к проектированию турбин. В рамках данной работы предлагается методика CFD-моделирования (Computational Fluid Dynamics) осевой турбины, реализованная на базе программных комплексов NUMECA и Ansys.

Любой проект CFD-моделирования осевой турбины включает в себя несколько этапов: создание геометрии, построение сеточной модели, определение параметров рабочего тела и граничных условий, а затем анализ результатов. Создание геометрии выполняется в два этапа. Сначала в CAD-системе создаются линии, описывающие меридиональные обводы проточной части – втулочный и периферийный контуры. Одновременно с этим на основе чертежей лопаток, содержащих таблицы координат профилей в нескольких контрольных сечениях, формируется трёхмерная геометрия каждого лопаточного венца. В итоге подготовленный набор файлов для меридиональных обводов и файлов для каждого венца импортируются в модуль NUMECA AutoGrid для дальнейшего построения расчётной сетки.

В работе представлена методика построения B2B-сетки в программном комплексе NUMECA AutoGrid. Даны рекомендации по выбору типа сеточной модели в зависимости от количества элементов и типа задачи, а также подробно описан процесс задания основных параметров: типа турбины, числа элементов по высоте лопатки и размера пристеночной ячейки, обеспечивающего значение $Y^+ = 1$. После настройки всех лопаточных венцов генерируется трёхмерная сетка. Были даны рекомендации по оценке качества сетки по таким параметрам, как скошенность ячеек и коэффициент расширения (ER) и т.д. [1].

В методике рассмотрен способ назначения свойств рабочего тела с использованием зависимостей от температуры рабочего тела. Это сделано по той причине, что температура рабочего тела в турбине изменяется в значительной степени, и задавать постоянные свойства газа в данном случае было бы некорректно.

Затем, на этапе моделирования течения рабочего тела, определяются граничные условия на поверхностях, ограничивающих расчётную область. В методике рассмотрены подходы как с учётом радиальной неравномерности параметров потока, так и без. Также описана логика задания вращающихся и стационарных поверхностей для двух типов постановок: с учётом радиального зазора и с учётом бандажной полости.

Были даны рекомендации по настройке решателя и созданию серии расчетов при различных значениях статического давления на выходной границе. Это необходимо для того, чтобы корректно настроить вычислительный процесс и проанализировать поведение турбины при различных перепадах давления, что позволяет оценить её характеристики в рабочем диапазоне работы.

Последним этапом решения газодинамических задач с помощью CFD программ является обработка результатов расчета. В разработанной методике представлено, как с помощью постпроцессора можно оценить адекватность сделанных расчетов, визуализировать структуру потока и собрать исчерпывающие сведения о нем, а также описано, как правильно и полно представить полученные результаты для анализа картины течения и поиска путей её улучшения [2].

Для сопоставления результатов расчета в различных CFD пакетах также представлена методика расчета в программном комплексе Ansys. Для обеспечения корректности сопоставления результатов численного моделирования в различных программных комплексах, использовалась единая сеточная модель, поэтому построенная сеточная модель в NUMECA, была экспортирована в Ansys CFX. На следующем этапе выполнялась настройка CFD-расчёта в ANSYS CFX. Общая логика подготовки расчётной модели соответствовала подходу, использованному в NUMECA, однако при описании методики основное внимание уделялось особенностям реализации свойств рабочего тела, граничных условий, интерфейсов, физических моделей и параметров решателя в ANSYS CFX. Сравнение результатов, полученных в NUMECA и Ansys, дало возможность оценить воспроизводимость решений на разных программных платформах и подтвердить достоверность предложенной методики CFD-моделирования осевой турбины [3].

В рамках данной работы была разработана методика CFD-моделирования осевой турбины, реализованная на базе программных комплексов NUMECA и Ansys. Эти методики позволяют получать характеристики турбины, выполнять анализ влияния режимных параметров на эффективность работы турбины, а также проводить сравнение результатов, полученных в различных программных комплексах.

Список литературы

1. Попов, Г.М. Методы формирования численных моделей рабочего процесса осевых неохлаждаемых авиационных турбин [Электронный ресурс]: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.05 / Попов Григорий Михайлович; М-во образования и науки Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т). – Самара, 2017. – on-line
2. Попов, Г.М. Эффективное использование ресурсов суперкомпьютера «Сергей Королев» при решении задач турбомашиностроения с применением программного комплекса NUMECA: электрон. учеб. пособие / Г.М. Попов, Е.С. Горячкин, А.В. Кривцов.
3. Исследование рабочего процесса в ступени осевой турбины с помощью универсального программного комплекса Ansys CFX: метод. указания / сост. О.В. Батурин, Д.А. Колмакова, В.Н. Матвеев, Г.М. Попов, Л.С. Шаблий – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 100 с.: ил.

Сведения об авторах

Калинина Ксения – студент. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин, рабочие процессы ракетных двигателей.

Якимов Алексей Евгеньевич – аспирант каф. ТДЛА им. В.П. Лукачёва. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Родимов Дмитрий Александрович – студент. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин, рабочие процессы ракетных двигателей.

**DEVELOPMENT OF METHODS FOR NUMERICAL SIMULATION
OF AXIAL TURBINE CHARACTERISTICS IN NUMECA
AND ANSYS CFX SOFTWARE PACKAGES**

Kalinina X., Yakimov A.E., Rodimov D.A.

Samara University, Samara, kalininaksenia713149675@gmail.com

Keywords: axial turbine, CFD modeling, NUMECA, Ansys.

This paper describes CFD-modeling techniques for axial turbines used on the basis of NUMECA and Ansys software packages. These methods provide turbine characteristics, efficiency analysis, and software comparison.