

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА КОМПРЕССОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Гатауллина Е.Д., Горячкин Е.С., Нгуен Тхань Бинь  
Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева, г. Самара, gataullina.ed@ssau.ru

*Ключевые слова:* газотурбинный двигатель, компрессор, Numeca, Ansys CFX

Верификация результатов газодинамического расчета (CFD) является необходимым этапом проектирования современных турбомашин. В данной работе объектами исследования выступает осевой многоступенчатый компрессор газотурбинного двигателя. Целью являлось сравнение точности расчета интегральных характеристик (расход, запас газодинамической устойчивости, КПД) с использованием двух широко распространенных программных комплексов – NUMECA Fine/Turbo и ANSYS CFX.

В рамках работы было проведено сравнение двух программных комплексов – Numeca Fine/Turbo и Ansys CFX – при моделировании характеристик компрессора.

Построение сеточной модели для компрессора выполнялось в Numeca AutoGrid5. Итоговая сеточная модель составляла около 13 миллионов элементов. При построении сеточной модели были выдержаны требуемые критерии: ER поддерживался в районе 1.4, а AR – вблизи значения 2000.

Первоначально в Numeca Fine/Turbo была рассчитана ветка характеристики на частоте вращения 100%. Затем эта же сеточная модель была импортирована в Ansys CFX для повторного расчета.

Сравнение результатов выявило систематическое расхождение:

- Расчеты в Ansys CFX демонстрировали более высокие значения КПД (почти на 2%).
- Запасы газодинамической устойчивости оказались занижены по сравнению с расчетами в Numeca.

При анализе структуры потока было установлено, что в компрессоре есть отрывы на последних ступенях, в направляющих и рабочих лопатках. Проведенный постепенный анализ параметров позволил найти признак, позволяющий визуализировать срыв потока на последних ступенях.

Исходя из анализа результатов, было сделано заключение, что Ansys более чувствителен к отрывам потока, что при их возникновении приводит к остановке расчета. В то время как Numeca сохраняет устойчивое решение и сходимость на режимах с развитыми отрывными течениями.

*Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках государственного задания (номер проекта FSSS-2023-0008, «Фундаментальные проблемы динамики и виброакустики в гидравлических и газовых системах машин и энергетических установок»).*

### Список источников

1. А.А. Иноземцев, В.Л. Сандрацкий. Газотурбинные двигатели – П.: Авиадвигатель, 2006. – 1204 с.
2. В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник. 4-е изд., испр. В 2 кн. Кн. 1. Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ. – М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 336 с.

3. Белоусов, А.Н. Теория и расчет авиационных лопаточных машин: Учебник / А.Н. Белоусов, Н.Ф. Мусаткин, В.М. Радько. – Самара: Самарский Дом печати, 2003. – 336 с.

4. Проектирование авиационных газотурбинных двигателей, Данильченко В.П., Ковылов Ю.Л., Постников А.М., Федорченко Д.Г., Цыбизов Ю.И., Лукачев С.В. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008. – 620 с.: ил.