

ЦИФРОВОЙ АНАЛОГ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА ГТД

Попов Г.М., Батурин О.В., Горячкин Е.С., Зубанов В.М.
Самарский университет, г. Самара, oleg.v.baturin@gmail.com

Ключевые слова: цифровой аналог, многоуровневая модель, центробежный компрессор, идентификация.

Компрессор является важной частью газотурбинного двигателя, во многом определяющем его эффективность, надежность и устойчивость работы. Поиск рациональной формы лопаток изолированного компрессора иногда приводит к неожиданным результатам. Модернизированный компрессор с выдающимися параметрами, установленный в ГТД, не показывает заложенного в нем потенциала из-за неудачного согласования совместной работы узлов.

Оптимизация компрессора должна проводиться по критериям двигателя, а его расчетная модель должна быть интегрирована в модель двигателя (например, простую термодинамическую модель). Последнее обстоятельство вынуждает при оптимизации для каждого варианта компрессора определять характеристики в широком диапазоне. Это существенно увеличивает время получения результата. Если компрессор содержит несколько ступеней, или совместно с ним изменяются и другие элементы, то задача становится непосильной.

По мнению авторов, ключевой технологией, которая позволит быстро и точно получить требуемый вариант компрессора, является связанная комбинация простейших «быстрых и дешевых» и сложных «медленных и дорогих» моделей.

Авторы создали пилотный вариант цифрового аналога центробежного компрессора. Его главная особенность состоит в том, что он строится на базе многоуровневой математической модели с двухступенчатой идентификацией по данным, полученным по математическим моделям с высоким порядком точности (рис. 1).

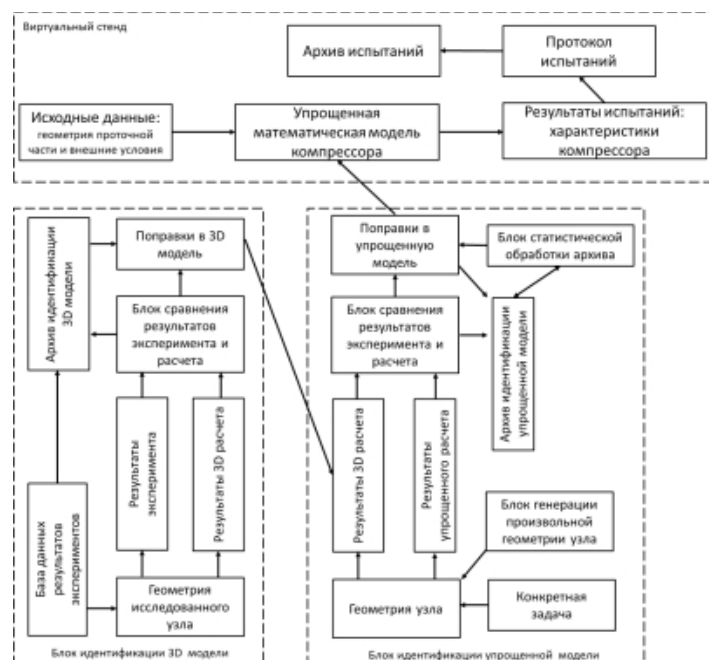
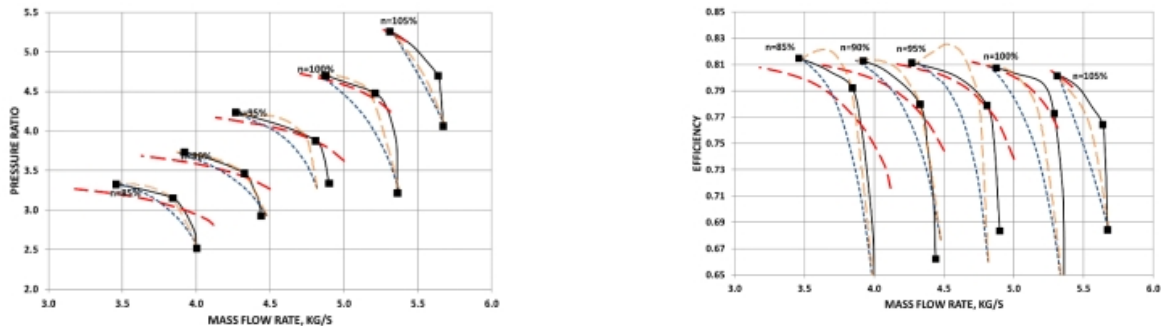


Рис. 1. Принципиальная блок-схема предлагаемого авторами цифрового аналога для исследования рабочего процесса компрессоров

Для ускоренного получения результата используются характеристики, полученные с помощью 1/2D математических моделей узлов. Они базируются на относительно простых корреляциях и требуют малое время расчета, но обладают существенной погрешностью.

Для устранения указанного недостатка производится идентификация 1/2D расчетных моделей по результатам 3D расчетов. Последние имеют минимальные допущения и показывают наилучшую достоверность среди известных сегодня расчетных методов. На основании сравнения находятся корректирующие поправки для 1/2D модели. 3D модели в свою очередь идентифицируются по результатам испытаний. При создании блоков идентификации были предложены алгоритмы «обучения» 1/2 и 3D моделей.

Расчеты, проведенные с помощью созданного цифрового аналога компрессора, позволили получить характеристики двигателя близкие к данным прямого численного моделирования проточной части двигателя, обладающие большей достоверностью чем при 1/2D расчетах, но за время существенно меньшее чем, прямое численное моделирование (рис. 2).



Напорная характеристика
 КПД характеристика
 ——— - результаты 3D модели; - - - результаты 2D модели - · - · - скорректированная 2D модель после 1го этапа трансформации; - - - 2D модель после 2 этапа трансформации

Рис. 2. Результат двухступенчатой трансформации 2D характеристик при идентификации

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

Сведения об авторах

Попов Григорий Михайлович – к.т.н., доцент, старший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы ГТД, турбомашин, CFD моделирование.

Батурин Олег Витальевич – к.т.н., доцент, старший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы ГТД, турбомашин, CFD моделирование.

Горячкин Евгений Сергеевич – к.т.н., старший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы ГТД, турбомашин, CFD моделирование.

Зубанов Василий Михайлович – к.т.н., младший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы ГТД, турбомашин, CFD моделирование.

GTE CENTRIFUGAL COMPRESSOR DIGITAL TWEEN

Popov G.M., Baturin O.V., Goriachkin E. S., Zubanov V.M.
 Samara National Research University, Russia, oleg.v.baturin@gmail.com

Keywords: digital tween, multilevel model, centrifugal compressor, identification.

The paper presents the main ideas of the virtual test bench concept for rapid obtaining of the reliable characteristics of compressors based on a multi-level mathematical model with a two-step identification using data obtained from mathematical models with a high order of accuracy. One of the possible identification algorithms and the results of its successful testing are given on the example of a centrifugal compressor stage developed and tested at NASA.