

УДК 629.7.036.3

СОЗДАНИЕ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА КОМПРЕССОРА МАЛОРАЗМЕРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

© Мельников С.А., Демахин Р.А., Зубанов В.М.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: waskes91@gmail.com

Все более популярным инженерным инструментом становится вычислительная гидрогазодинамика (Computational Fluid Dynamics – CFD). С помощью компьютерных технологий возможно проводить верификацию и анализ рабочих процессов уже созданных МГТД и их элементов. В данной работе приведены результаты моделирования рабочего процесса центробежного компрессора существующего МГТД P220-RXi фирмы JetCat [2] с использованием программного обеспечения NUMECA FineTurbo [3].

С помощью координатно-измерительной машины ZEISS MMZ G 20/30/20 [4] были образмерены детали компрессора МГТД JetCat P220-RXi, образующие проточную часть, лопатки и корпус. На основе измеренных данных в программе NX 8.5 были созданы геометрические модели лопатки и корпуса. На основе полученной таким образом геометрии компрессора была создана сеточная модель в программе AutoGrid 5.1. Сеточная модель состояла из 4,5 млн элементов. С целью получения стабильности решения в программе NUMECA FineTurbo геометрия лопаток диффузора и меридиональных сечений была незначительно упрощена: убраны галтели, увеличен радиус скругления входной кромки диффузора, изменена геометрия лопаток рабочего колеса с целью увеличения зазор между рабочим колесом и диффузором [1]. Расчет проводился с использованием рабочего тела воздух – Air (Real gas) из стандартной библиотеки Numeca FineTurbo. Расчеты выполнены с использованием математической модели Turbulent Navier-Stokes и модели турбулентности SpalartAllmaras (SA).

Моделирование рабочего процесса центробежного компрессора МГТД P220-RXi проведено в стационарной постановке при использовании следующих граничных условий:

- частота вращения ротора 117000 об/мин [2];
- на входе в компрессор полное давление в 101325 Па и полная температура 293 К;
- для расчета характеристики на выходе компрессора задавалось статическое давление в диапазоне 170 – 270 кПа.

В ходе решения с использованием созданной расчетной модели компрессора получены данные о параметрах работы компрессора в зависимости от изменения степени повышения давления π_k . На рис. 1 показана зависимость расхода через компрессор от степени повышения давления. На основе полученных характеристик сделаны выводы о правильности решения. Поведение характеристики соответствует теории лопаточных машин.

По результатам расчета определен массовый расход, равный $G_k = 0,435$ кг/с. Массовый расход, по справочным данным [2], составляет $G_k = 0,45$ кг/с. Погрешность определения расхода компрессора 3 %. Имеющаяся погрешность в определении параметров компрессора связана с допущениями, принятыми в начале работы: отсутствие галтелей, изменение геометрии лопаток рабочего колеса и диффузора.

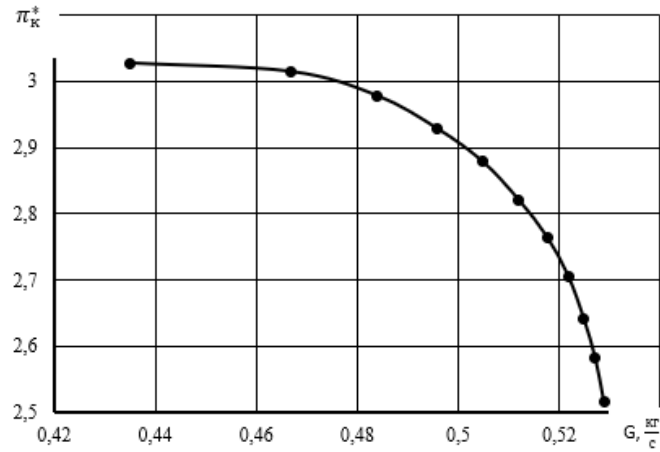


Рис. 1. Характеристика компрессора

На рис. 2 и 3 показано распределение вдоль проточной части компрессора параметров абсолютной скорости и полного давления соответственно.

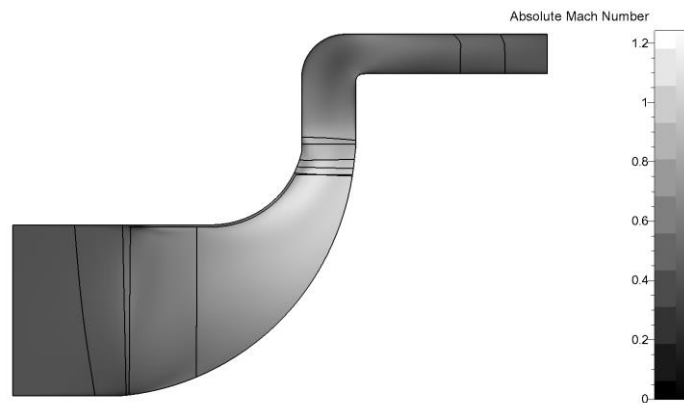


Рис. 2. Распределение параметра абсолютного числа Маха

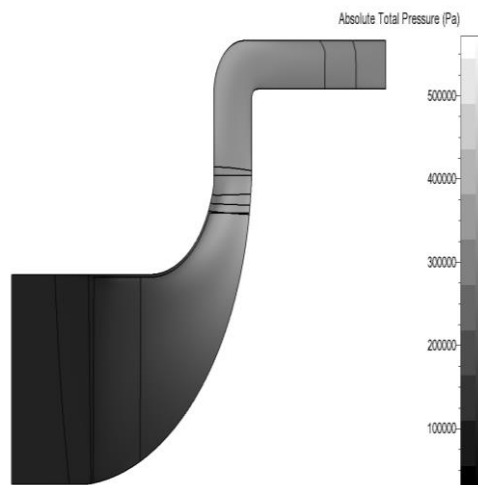


Рис. 3. Распределение параметра полного давления

Полученные результаты соответствуют физическим представлениям о рабочем процессе в центробежных компрессорах. Полное давление и абсолютное число Маха возрастают в рабочем колесе компрессора и уменьшаются, проходя через диффузор. Оба параметра на выходе из ступени имеют большие значения, чем на входе в компрессор.

В результате работы была получена характеристика ступени компрессора. В дальнейшей работе планируется предпринять меры по приближению всех параметров созданной модели компрессора к параметрам компрессора реального двигателя. Это необходимо для валидации характеристики компрессора с экспериментальными данными и последующего исследования изменения параметров численной модели на результаты расчета.

Библиографический список

1. NUMECA Theoretical manual FINETM/Turbo v9.0. Brussels: NUMECA International, 2013. 151 p.
2. Параметры двигателя P220-RXi. / JetCat URL: <https://www.jetcat.de/en/productdetails/produkte/jetcat/produkte/hobby/Engines/p220-rxi> (дата обращения: 9.12.2021).
3. NUMECA FINETURBO. NumecaRussia: <http://numeca.ru/fine-turbo/> (дата обращения: 9.12.2021).
4. Ruzanov N.V., Bolotov M.A., Pechenin V.A. Development of compensation procedure for systematic errors of coordinate measuring machines with standard tooling / Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9. № 12. P. 1082–1086.