

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УЧЕТА ДЕФОРМАЦИЙ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ ОСЕВОЙ ТУРБИНЫ НА ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Попов Г.М., Кудряшов И.А., Горячкин Е.С., Щербань А.И.
Самарский университет, г. Самара, ivan.kudryash1337@gmail.com

Ключевые слова: осевой компрессор, характеристики, радиальный зазор, деформации.

Газотурбинный двигатель (ГТД) является многорежимной машиной и в процессе работы узлы двигателя деформируются из-за тепловых и центробежных нагрузок. Это приводит к изменению их геометрии и параметров работы, что, в свою очередь приводит к изменению параметров всего двигателя. Для корректной оценки параметров работы двигателя на различных режимах необходимо учитывать изменение геометрии.

Одним из основных узлов ГТД является турбина, эффективность которой, как и компрессора, в значительной степени определяет эффективность всего двигателя [1]. Турбина испытывает повышенные температурные и центробежные нагрузки в процессе эксплуатации, и как следствие этого, изменяются геометрические параметры турбины – диаметральные размеры, изменение радиальных зазоров, которые оказывают существенное влияние на эффективность турбины и всего двигателя в целом.

Объектом исследования работы является многоступенчатая осевая турбина наземного промышленного ГТД, которая состоит из двух двухступенчатых турбин – турбины газогенератора (ТГГ) и свободной турбины (СТ).

Целью работы является оценка влияния деформаций элементов проточной части турбины, вычисленных по результатам термомеханического расчета, на характеристики и основные параметры турбины.

Создание численной модели выполнено в программном комплексе Numeca FineTurbo с использованием встроенного сеткопостроителя Numeca AutoGrid.

Геометрия исходной расчетной области построена на основе конструкторской документации, а геометрия «горячей» (деформированной) проточной части получена по результатам термомеханического расчета всего двигателя. Расчетная область состоит из следующих доменов: доменов стоек опоры, а, доменов рабочих колес (РК) и доменов сопловых аппаратов (СА) (рис. 1).

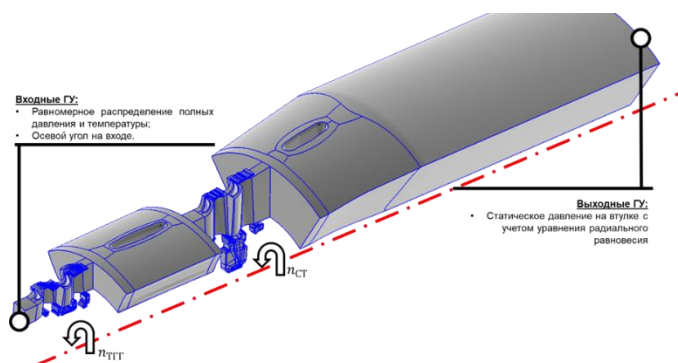


Рисунок 1 – Геометрия расчетной области исследуемой турбины

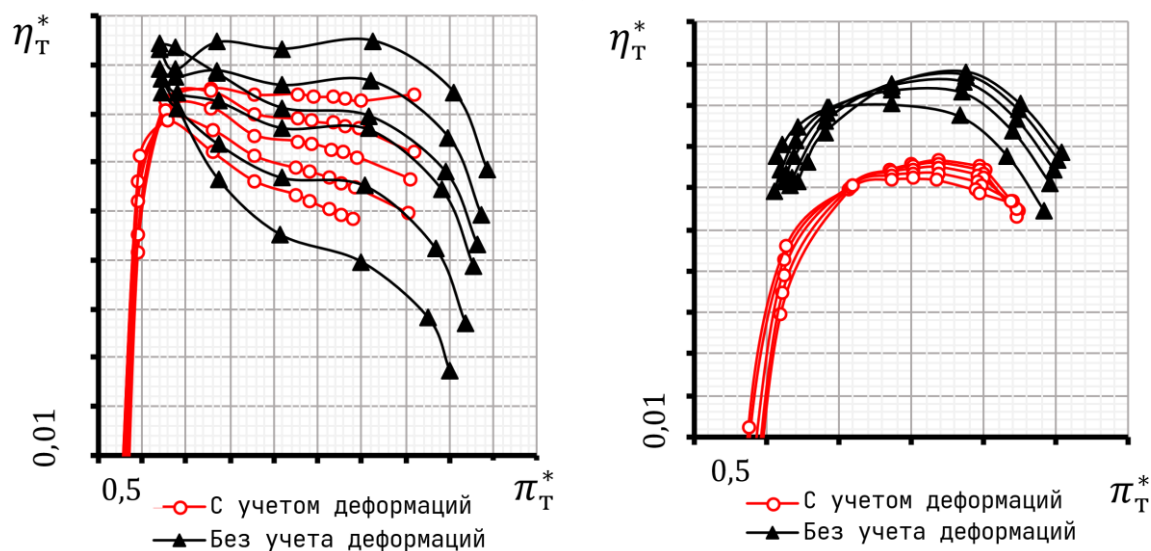
Суммарное количество элементов в сеточной модели составляет 75,4 млн. Среднее количество элементов для одного домена РК составляет 2,1 млн., а для одного домена СА – 2,3 млн. Величина минимальной скошенности 20,1 градус. Среднее значение коэффициента удлинения элемента (Aspect Ratio (AR)) составляет 1500.

При настройках расчетной модели в программном комплексе Numeca FineTurbo в качестве рабочего тела используется модель реального газа с постоянными значениями газовой постоянной R и переменной изобарной теплоемкостью $c_p = f(T)$ для продуктов сгорания [2] и переменной кинематической вязкостью $\nu_i = f(T)$.

При расчетах использовалась модель турбулентности Spallart-Allmaras.

В качестве граничных условий: на входе в численную модель задается равномерное радиальное распределение полного давления, полной температуры, и осевое направление потока; на выходе из численной модели задается значение статического давления на втулочном сечении с учетом радиальной неравномерности потока.

В результате выполнен расчет характеристик компрессора без учета и с учетом деформаций двигателя в зависимости от режима. Результаты приведены в виде характеристик ТГГ и СТ $\eta_m^* = f(\pi_m^*)$ (рис. 2).



а) турбина газогенератора б) свободная турбина
Рисунок 2 – Рассчитанные характеристики

Из полученных результатов следует, что КПД ТГГ снизился на 0,7%, а КПД СТ снизился на 1,1%.

В результате выполненного исследования получено, что при расчете характеристик турбины необходимо учитывать изменения геометрии проточной части от температурных деформаций (геометрия трактов, значений радиальных зазоров).

Список литературы

1. Кулагин В.В. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. для вузов М.: Машиностроение, 2003. 616 с.
2. Дорофеев В.М., Термогазодинамический расчет газотурбинных силовых установок: М.: Машиностроение, 1973. 144 с.

Сведения об авторах

Кудряшов И.А., аспирант каф. ТДЛА им. В.П. Лукачёва. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Горячкин Е.С., доцент каф. ТДЛА им. В.П. Лукачёва. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Попов Г.М., доцент каф. ТДЛА им. В.П. Лукачёва. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Щербань А.И., аспирант каф. ТДЛА им. В.П. Лукачёва. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

**ANALYSIS OF INFLUENCE OF FLOW PATH DEFORMATION
ON CHARACTERISTICS OF A MULTISTAGE AXIAL COMPRESSOR**

Popov G.M., Kudryashov I.A., Goryachkin E.S., Sherban A.I.
Samara University, Samara, Russia, ivan.kudryash1337@gmail.com

Keywords: axial compressor, characteristics, radial gap, deformations.

The paper describe research about influence of thermomechanic deformation on characteristics of a multistage axial turbine.