

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УЧЕТА ДЕФОРМАЦИЙ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА НА ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Кудряшов И.А., Горячкин Е.С., Батулин О.В.  
Самарский университет, г. Самара, ivan.kudryash1337@gmail.com

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

Газотурбинный двигатель (ГТД) является многорежимной машиной. В процессе работы узлы двигателя деформируются из-за различных факторов: тепловых, центробежных нагрузок и др. Это приводит к изменению их геометрии и параметров работы, что, в свою очередь, приводит к изменению параметров всего двигателя. Поэтому для корректной оценки параметров работы двигателя на различных режимах, должно учитываться изменение геометрии его узлов.

Одним из основных узлов ГТД является компрессор, эффективность которого в значительной степени определяет эффективность всего двигателя [1]. Запасы газодинамической устойчивости (ГДУ) компрессора ГТД определяют диапазон возможной работы всего двигателя, вследствие этого при расчете его характеристик необходимо учитывать деформации проточной части, которые возникают в процесс работы.

Объектом исследования является многоступенчатый осевой компрессор наземного промышленного ГТД. Компрессоры подобного типа характеризуются сложной пространственной картиной течения потока, наличием отрывов и вихрей.

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

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 выполнения термомеханического расчета всего двигателя. Расчетная область состоит из следующих доменов: домен стойки опоры, домен входного направляющего аппарата, доменов рабочих колес (РК) и доменов направляющих аппаратов (НА) (рис. 1).

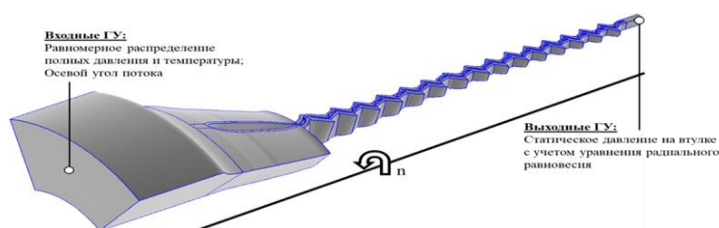


Рисунок 1 – Геометрия расчетной области исследуемого компрессора

Суммарное количество элементов в сеточной модели составляет 36,8 млн. Среднее количество элементов для одного домена РК составляет 1,2 млн., а для одного домена НА – 0,9 млн. Величина минимальной скошенности 22,9 градусов. Среднее значение коэффициента удлинения элемента (Aspect Ratio (AR)) составляет 1000.

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 сухого воздуха [2] и переменной кинематической вязкостью  $\nu_t = f(T)$ .

При расчетах использовалась модель турбулентности k-epsilon (Extended Wall Function).

В качестве граничных условий: на входе в численную модель задается равномерное радиальное распределение полного давления  $p_{вх}^* = 101325 \text{ Па}$  и полной температуры  $T_{вх}^* = 288,15 \text{ К}$  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  $\eta_k^* = f(G_{вх.пр.вх.})$  и  $\pi_k^* = f(G_{вх.пр.вх.})$  (рис. 2).

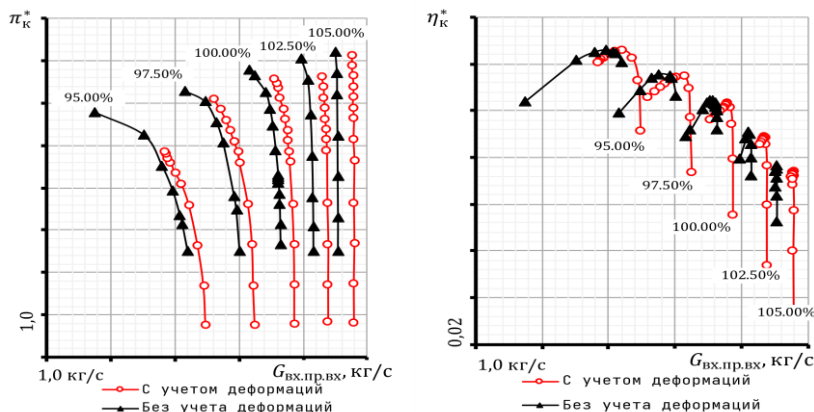


Рисунок 2 – Рассчитанные характеристики

Из полученных результатов следует, что КПД компрессора снизился на 0,1%, увеличены запасы ГДУ на 1,0% и увеличен расход через компрессор на 0,6%.

В результате выполненного исследования получено, что при расчете характеристик компрессора 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.

Батурин О.В., доцент 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

Kudryashov I. A., Goryachkin E. S., Baturin O.V.

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 compressor.