

УДК 621.45.02

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО КОМПРЕССОРА НА ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

© Кудряшов И.А., Батурич О.В., Горячкин Е.С.

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

e-mail: ivan.kudryash1337@gmail.com

Газотурбинный двигатель (ГТД) – многорежимная машина. 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 служит многоступенчатый осевой компрессор наземного промышленного ГТД. Компрессоры подобного типа характеризуются сложной пространственной картиной течения потока, наличием отрывов и вихрей.

Целью работы стала 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).

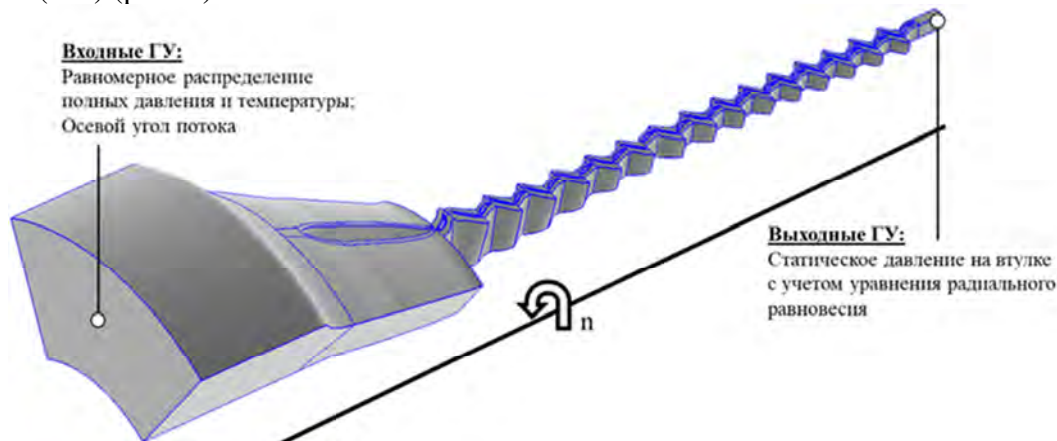


Рисунок 1 – Геометрия расчетной области исследуемого компрессора

Суммарное количество элементов в сеточной модели составляет 36,8 млн. Среднее количество элементов для одного домена РК – 1,2 млн, а для одного домена НА – 0,9 млн. Величина минимальной скошенности 22,9 градуса. 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 постоянным значением газовой постоянной R и переменной изобарной теплоемкостью $c_p = f(T)$ для сухого воздуха [2] и переменной кинематической вязкостью $\nu_i = f(T)$.

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 $p_{ex}^* = 101325 \text{ Па}$ и полной температуры $T_{ex}^* = 288,15 \text{ К}$ 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 $\eta_k^* = f(G_{ex,пр,ex})$ и $\pi_k^* = f(G_{ex,пр,ex})$ (рис. 2).

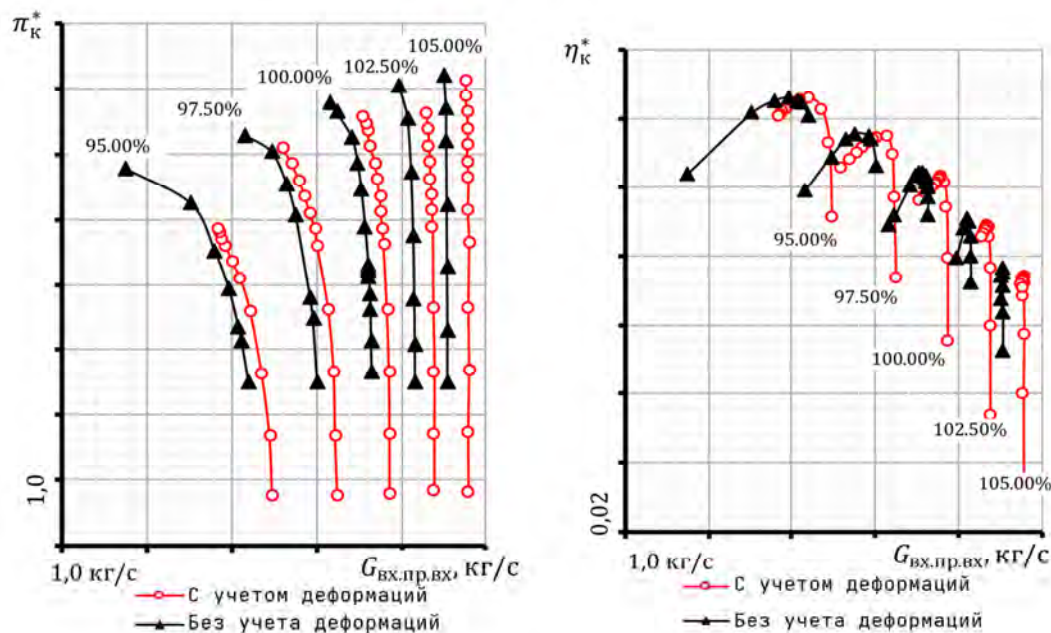


Рисунок 2 – Рассчитанные характеристики

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).

Библиографический список

1. Кулагин В.В. Теория, расчет 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.