

УДК 621.45.02

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ ТУРБИНЫ НА ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

© Кудряшов И.А., Горячкин Е.С., Щербань А.И., Попов Г.М.

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

e-mail: ivan.kudryash1337@gmail.com

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

Целью работы стала 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, доменов рабочих колес (РК) и доменов сопловых аппаратов (СА) (рис. 1).

Суммарное количество элементов в сеточной модели составляет 75,4 млн. Среднее количество элементов для одного домена РК – 2,1 млн, а для одного домена СА – 2,3 млн. Величина минимальной скошенности 20,1 градуса. 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 постоянным значением газовой постоянной R и переменной изобарной теплоемкостью $c_p = f(T)$ для продуктов сгорания [2] и переменной кинематической вязкостью $\nu_t = f(T)$.

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.

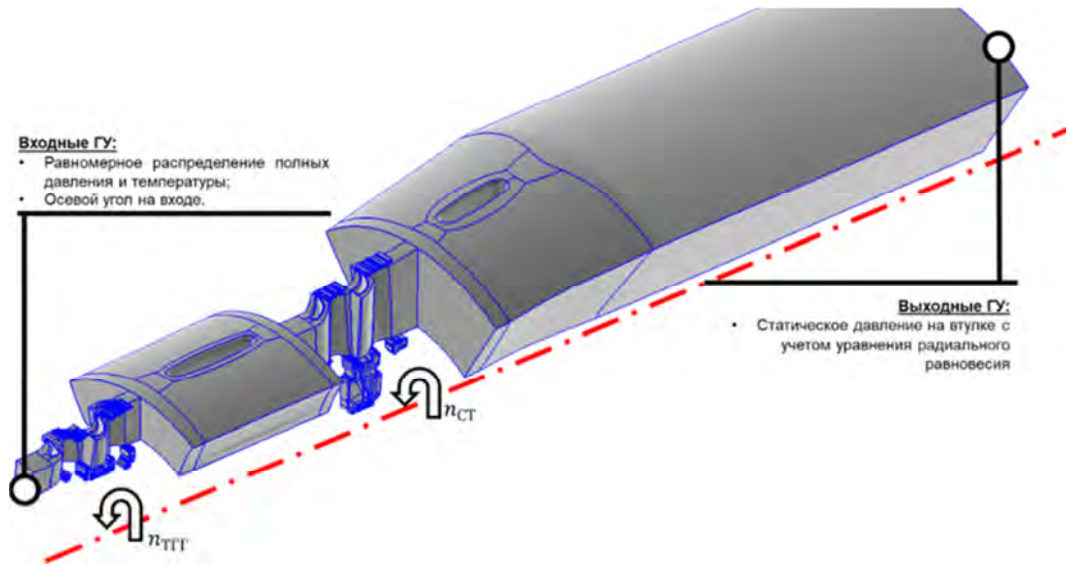


Рисунок 1 – Геометрия расчетной области исследуемого компрессора

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).

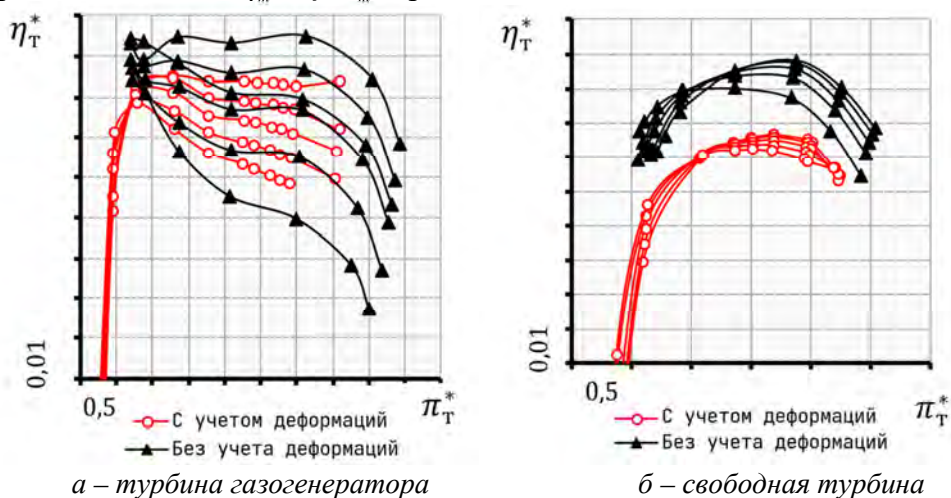


Рисунок 2 – Рассчитанные характеристики

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 (геометрии 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.