

# ПОВЫШЕНИЕ КПД ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА МЕТОДОМ ОПТИМИЗАЦИИ УГЛОВ УСТАНОВКИ ЛОПАТОЧНЫХ ВЕНЦОВ

Попов Г. М.

Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет),  
г. Самара, Самарская обл., Россия

При создании и модернизации газотурбинных двигателей (ГТД) остро встаёт вопрос повышения их энергетической эффективности. Как правило, современные ГТД являются многорежимными. По этой причине необходимо добиваться улучшения их эффективности не на одном фиксированном режиме, а на нескольких, например, взлётном и крейсерском. Поскольку эффективность ГТД существенно зависит от эффективности компрессора высокого давления (КВД) [1], доводку и отладку многоступенчатых КВД необходимо проводить также на нескольких режимах работы ГТД. Задача повышения КПД КВД на нескольких режимах работы может быть решена за счёт применения методов многокритериальной оптимизации, реализованных, к примеру, в программном комплексе *IOSO* [2].

В представленной работе было выполнено решение задачи многокритериальной оптимизации многоступенчатого КВД ГТД в программном комплексе *IOSO*. При решении задачи оптимизации критериями являлись КПД КВД на взлётном  $n_{np\ отн}=100\%$  и крейсерском  $n_{кр\ отн}=80\%$  режимах работы двигателя. Для того чтобы предотвратить смещение рабочих точек на характеристике КВД в ходе оптимизации были наложены ограничения на расход рабочего тела и степень сжатия.

В качестве варьируемых параметров оптимизации были использованы углы установки всех лопаточных венцов КВД. Общее количество варьируемых параметров при решении задачи оптимизации составило 15.

Расчётная модель КВД ГТД, используемая при оптимизации, была создана и верифицирована в программном комплексе NUMECA FineTurbo [3]. Расчётная модель представляла собой область течения вокруг лопаток КВД с наложенной сеткой. Размер сетки расчётной модели составил 5 млн. элементов. На боковые поверхности доменов лопаточных венцов было наложено условие периодичности. В расчётах учитывалось вращение рабочих лопаточных венцов и наличие радиальных зазоров. В качестве модели турбулентности была использована модель *k-epsilon (LowReYang-Shih)*.

Результатом решения двухкритериальной задачи оптимизации стало множество неулучшаемых решений, так называемое множество Парето. Данное множество представляет собой компромисс между повышением КПД КВД на крейсерском и взлётном режимах работы ГТД. КПД КВД на крейсерском режиме может быть поднято до 1,8%, а на взлётном режиме – до 0,8%.

Для анализа результатов оптимизации была выбрана точка на множестве Парето, которая позволяет получить как высокий выигрыш в КПД на крейсерском, так и на взлётном режиме работы КВД. Анализ полей распределения числа Маха показал, что за счёт оптимизации удалось ликвидировать отрыв в рабочих лопатках 4 и 5 ступени КВД, а также более оптимально согласовать их работу. Именно этим объясняется повышение КПД КВД.

Таким образом, в результате выполненной работы достигнуто увеличение КПД КВД ГТД на основных режимах его работы методами многокритериальной оптимизации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской

Федерации (Минобрнауки) на основании Постановления Правительства РФ № 218.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кулагин В. В. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. – М.: Машиностроение, 2002.
- [2] Egorov I. N. Optimization of the gas turbine engine parts using methods of numerical simulation [Текст] / I. N. Egorov, M. L. Kuzmenko, Yu. N. Shmotin, K. S. Fedechkin // ASME paper GT2007-28205.
- [3] Кривцов А. В. Разработка компьютерной модели многоступенчатого осевого компрессора и исследование влияния основных геометрических параметров на его энергетическую эффективность // Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьева. – № 2 (23). – 2012. – с. 16-19.