

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РОТОРОВ БАРАБАННО-ДИСКОВЫХ КОМПРЕССОРОВ ГТД

Якушев Д. А., Факеев А. И., Алхимов Д. А., Пестов А. В.
ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова», г. Москва, Россия
ОАО «Авиадвигатель», г. Пермь, Пермский край, Россия

Проектирование основных деталей ротора компрессора, как правило, осуществляется специалистами в разных подразделениях – конструкция разрабатывается в одном, а расчёты газовых нагрузок, теплового состояния и прочности производятся в других. Такое разделение функций приводит к постоянному обмену информацией между подразделениями и большому количеству итераций для получения оптимальной конструкции, что может занимать значительное время.

В связи с этим практическое значение приобретает разработка программного модуля для оптимизации ротора КВД, позволяющего проводить оптимизацию массы при заданных ограничениях на НДС, как отдельных дисков в составе ротора, так и всего ротора, при помощи программного комплекса ANSYS в среде NX, применяемой конструкторами ОАО «Авиадвигатель».

Для постановки задачи оптимизации ротора КВД создан универсальный шаблон диска, подходящий для широкого класса задач. В этот шаблон введена параметризация осесимметричной формы диска, включающая 21 параметр, среди которых 6 параметров, определяющих толщину полотна и размеры ступицы диска, изменяются в процессе оптимизации, а оставшиеся 15 параметров предназначены для определения размеров ободной части в диалоговом режиме. Такая упрощенная схема параметризации формы дисков позволяет быстро получить удовлетворительный вариант конструкции.

Оптимизация формы дисков проведена с учётом критерия минимальной массы при обеспечении необходимых запасов прочности. Рассмотрены критерии запаса по разрушающим оборотам и критерии запасов по эквивалентному напряжению, осредненному по толщине диска, и по циклической долговечности.

Разработан программный модуль OCDS (Optimal Compressor Design System) для проектирования оптимальных роторов компрессоров при различных режимах работы двигателя. Программный модуль, разработанный с использованием средств языка C#, представляет собой управляющую программу, обеспечивающую взаимодействие среды проектирования NX7.5 и расчетного комплекса ANSYS. Программный комплекс NX7.5 использован в качестве среды для ввода/вывода информации о КВД. Пользовательский интерфейс интегрирован в систему NX в главном меню в виде дополнительного выпадающего списка, каждая ветвь которого отвечает за поэтапное проектирование и позволяет задавать в диалоговом режиме, режимы, материалы, геометрические параметры КВД, изменение которых сразу отображаются на конструкции в среде NX. Вся исходная информация преобразуется в расчетную схему для программного комплекса ANSYS. Расчёт напряжений в деталях ротора и их оптимизацию выполняют решатель и модуль оптимизации ANSYS в автоматическом режиме. После проведения оптимизации управляющая программа генерирует текстовый отчёт, включающий в себя данные о тепловом состоянии ротора, НДС и коэффициентах запаса, и перестраивает оптимизированный ротор в NX для последующей обработки.

Проведена апробация разработанного модуля на примере ротора КВД двигателя ПД-14. Оптимизация ротора осуществлялась по наиболее нагруженному режиму

полётного цикла – на этапе взлёта. Сравнение параметризованных с использованием программного модуля дисков 2-6 ступеней ротора с существующей конструкцией, изготовленной в ОАО «УМПО» и прошедшей испытания в составе газогенератора в ОАО «Авиадвигателе», показало, что параметризованная геометрия дисков 2-6 ступеней ротора незначительно отличается от конфигурации изготовленных дисков. Это показывает гибкость используемой параметризации. На следующем шаге проведена оптимизация дисков 2-6 ступеней в составе ротора.

Разработанный программный модуль повышает эффективность проектирования ротора КВД, существенно сокращая время получения оптимальной конструкции, и позволяет на ранних стадиях проектирования оценивать конструкцию ротора с точки зрения соответствия параметрам ТЗ.