

УДК 621.45

Особенности проектирования осевых компрессоров современных газотурбинных двигателей

Кондряков Артур Дмитриевичtetra1337@mail.ru
SPIN-код: 8255-9902**Гареев Радик Рафаилович**

radik.gareev@yandex.ru

Кувакин Денис Максимович

kuvakin_dm@okb.umpo.ru

ОКБ им. А. Люльки филиал ПАО «ОДК-УМПО», Москва, Россия

Аннотация. *Описаны этапы проектирования и их содержание при создании новой конструкции компрессора. Описаны актуальные проблемы при оформлении работ и разработке конструкторской документации (КД). Рассмотрен современный подход к проектированию осевых компрессоров авиационных газотурбинных двигателей. Проанализированы преимущества и недостатки современного и традиционного подхода к проектированию компрессора. С учетом специфики задач каждого специалиста, участвующего в разработке конструкции, сделано заключение о возможности совершенствования компетенций конструктора, становление его более универсальным специалистом, способным самостоятельно выполнять расчеты на различных этапах создания конструкций, применяя современные средства автоматического проектирования (CAD) и анализа (CAE).*

Ключевые слова: *современный газотурбинный двигатель, осевой компрессор, проектирование компрессора, конструкторская документация, эскизная компоновка, контрольная структура*

Введение. Улучшение тактико-технических характеристик летательных аппаратов неразрывно связано с совершенствованием их силовых установок. Несмотря на достигнутые показатели параметров авиационных двигателей (АД), таких как удельный вес, удельная тяга, удельный расход топлива на крейсерском режиме, температура газа перед турбиной, степень повышения давления компрессора, коэффициент полезного действия и др., предел их совершенствования не достигнут [1]. Актуальным направлением является проектирование осевых компрессоров новых модификаций с улучшенными параметрами, такими как расход воздуха, степень повышения давления и КПД, что напрямую влияет на параметры и показатели работы двигателя в целом [2].

Методы и материалы; результаты. С развитием технологий систем автоматического проектирования и конечно-элементного анализа конструкций с точки зрения различных областей наук современный подход к проектированию осевых компрессоров претерпел изменения относительно традиционного подхода. Современный подход предусматривает выполнение работ сверху вниз. Первоначально на базе геометрии обводов проточной части разрабатывается эскизная компоновка (как и в традиционном исполнении), которая затем импортируется в трехмерную контрольную структуру (КС) верх-

него уровня. Эскизная компоновка в составе трехмерной КС с моделированием ключевых деталей компрессора позволяет лучше понять конструкторское исполнение и объем необходимых расчетов специалистам, которым не свойственно ввиду специфики их работы развитое пространственное мышление и работа с КД [3].

На этапе эскизной компоновки происходят предварительные расчеты конструкции с корректировкой внешних и внутренних обводов основных деталей. Скорректированные обводы имеют связь с верхним уровнем геометрии эскизной компоновки и обратно непосредственно до уровня деталей. Исключается возможность несоответствия поверхности проточной части, несоответствия прижима фланцев и т. д. При газодинамическом анализе конструкции создаются сквозные модели АД, где выполняется анализ влияния узлов АД на узлы компрессоров (влияние формы камеры сгорания на запасы газодинамической устойчивости, влияние охлаждения турбины, открытие/закрытие сопла и т. д.). [4] На сегодняшний день при выполнении газодинамического анализа ввиду ограниченных вычислительных мощностей расчет компрессоров выполняется автономно по ретроспективным методикам.

В части напряженно-деформированного состояния на этапе эскизной компоновки могут быть выполнены расчеты статической и динамической прочности деталей ротора и статора, по результатам которых может быть выполнена корректировка обводов эскизной компоновки.

Старый подход имел существенные недостатки. Эскизное проектирование велось с выпуском бумажной компоновки. Бумажный документ увеличивал сроки выпуска КД и усложнял согласование конструктивных элементов между отделами и специалистами. Ввиду большой номенклатуры деталей осевых компрессоров поверхности проточной части могли быть не согласованы между собой, поверхности профилей лопаток не согласованы с исходной геометрией, что впоследствии приводило, например, к необеспечению сборки, наличию уступов и реданов в проточной части, несоответствию параметров компрессора при расчете и испытаниях. В частности, кинематическая схема механизма управления поворотными направляющими аппаратами, выполненная в двумерной компоновке, не предусматривает изменение размеров элементов всей системы в результате изменения одного из них.

Новый подход к проектированию ускоряет время на разработку изделий, сокращает затраты ресурсов, уменьшает объем испытаний. В результате этого на раннем этапе удастся обеспечить показатели, превосходящие заложенные в техническом задании (ТЗ). С учетом погрешностей при изготовлении, конструктивных изменениях в других узлах АД, полученные показатели достигают ровно тех значений, которые были заложены в ТЗ.

Заключение. С развитием современных технологий CAD и CAE конструктора компрессоров на сегодняшний день имеют возможность становиться более универсальными специалистами, которые могут выполнять предварительные расчеты в различных областях с последующей корректи-

ровкой конструкции, что, в свою очередь, увеличивает экономический эффект для предприятия и сокращает время разработки новых изделий.

Список источников

- [1] Старцев Н.И. *Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей и приводов энергетических установок. Кн. 1. Основы проектирования ГТД. Конструктивные схемы. Компрессоры. Турбины.* Москва, Машиностроение, 2016, с. 9–19.
- [2] Старцев А.Н., Стешаков Е.Г., Якушев Д.А. Многодисциплинарное проектирование осецентробежного компрессора. *Авиационные двигатели*, 2018, № 1, с. 14–25. https://doi.org/10.54349/26586061_2018_1_13
- [3] Зуев А.В., Кожухов Ю.В., Титенский В.И. *Проектирование и расчет элементов проточной части стационарных осевых компрессоров.* Санкт-Петербург, Изд-во Политехн. ун-та, 2014, 55 с.
- [4] Маренина Л.Н., Соловьева О.А., Галеркин Ю.Б., Попова Е.Ю., Каминский В.Н. Разработка параметризованной модели и расчет осевого компрессора энергетической установки. *Материаловедение. Энергетика*, 2020, т. 26, № 4, с. 100–111.