

РАЗВИТИЕ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Боровиков Д.А., Минин А.К.

Московский авиационный институт (национально исследовательский университет),
г. Москва, BorovikovDA@mai.ru, arsick2000@yandex.ru

Ключевые слова: осевой компрессор, программное обеспечение, профилирование лопаток, оптимизация.

Современная авиационная техника не обходится без газотурбинных двигателей, в свою очередь, последний не может существовать без компрессора. Большую распространенность получили осевые компрессоры за счет простоты компоновки корпуса и высокого КПД. Для проектирования компрессора необходимо выполнить расчет геометрических параметров под заданные условия работы двигателя. Выполнить расчет можно с использованием САЕ-системы, как это делается в работах [1,2]. Однако система двигателя очень сложна и такие расчеты требуют большого количества времени и имеют низкую скорость сходимости. Для разрешения этой проблемы можно рассчитывать начальные параметры по одномерным методикам с последующим переходом к двух- и трехмерным. Для ускорения процесса создания нового или усовершенствования старого компрессора был создан комплекс расчета осевого компрессора.

На предыдущем этапе работ была написана программа первого этапа проектирования осевого компрессора [3], основанная на методике [4]. Разработанная программа, благодаря одномерному расчету по среднему диаметру, позволяет получить геометрические параметры в первом приближении. Также программа позволяет выполнить расчет параметров по высоте ступени и получить профиль лопатки.

Продолжением работы является усовершенствование графического интерфейса: оптимизация размещения элементов, улучшение структуры проекта, в котором работает пользователь. Выполнена оптимизация внутренней структуры и логики программы для облегчения дальнейшего развития программы. Добавлено сохранение проекта и экспорт расчетных параметров в сторонние программы, включая Excel и Thermo GTE.

Расчет делился на 4 этапа: предварительный расчет, расчет проточной части компрессора по ступеням, расчет по высоте ступени и профилирование лопаток. Все этапы выстроены в виде дерева и расположены слева. Для удобства пользователя каждый этап расчета можно выполнить отдельно от остальных, то есть все четыре этапа независимы. При выборе параметра из списка выводятся комментарии и рекомендации по выбору его значения. Реализованы функции «undo» и «redo» позволяющие откатить программу на предыдущие или последующие действия пользователя, что позволяет легко изменять параметры расчета.

Основная цель программы – получить геометрию проточной части и лопаток каждой ступени компрессора. Для быстрого выявления неподходящих форм профилей реализован модуль графического отображения геометрии, где визуализируется профиль рабочего колеса и направляющего аппарата для выбранного сечения, а также треугольники скоростей. Данные координат получившегося профиля, можно экспортировать в excel, в *.txt формат, и в формат Siemens NX для построения линий спинки и корытца и последующей подготовки 3D-модели. Таким образом, можно передать полученный профиль в другие программные комплексы, провести параметрическую оптимизацию и получить профиль, оптимизированный с учетом условий его работы методом конечных элементов, как это сделано в работах [5–7].

Следующим этапом развития программы является интеграция готовых решений и разработка собственных, для обеспечения моделирования работы компрессора методом конечных элементов, возможности оптимизации параметров компрессора и получения характеристики компрессора, не включая в расчет сторонние комплексы [8].

Список литературы

1. Боровик И.Н., Строкач Е.А. Численное моделирование процесса распыливания керосина центробежной форсункой // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия машиностроение. №3. М., 2016 г.
2. Алпатов И.В. Численное моделирование и расчет характеристик турбины и реактивного сопла малоразмерного газотурбинного двигателя // «Гагаринские чтения – 2020»: Сборник тезисов докладов. М.: МАИ, 2020. 1731 с.
3. Боровиков Д.А., Минин А.К. Автоматизация проектирования осевого компрессора газотурбинного двигателя // «Гагаринские чтения – 2020»: Сборник тезисов докладов. М.: МАИ, 2020. 1731 с.
4. Выбор параметров и газодинамический расчет осевых компрессоров и турбин авиационных ГТД: учебное пособие / под ред. проф. Ю.А. Ржавина. М.: Издательство МАИ, 2003 г.
5. Блинов В.Л. Разработка принципов параметрического профилирования плоских решеток осевых компрессоров ГТУ на основании результатов многокритериальной оптимизации // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. УрФУ им Первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург, 2015. 168 с.
6. Кривошеев И.А., Рожков К.Е., Симонов Н.Б. Оптимизация геометрии и режимов работы лопаточных венцов при проектировании компрессоров ГТД // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2018. №55.
7. Оптимизация утолщённых лопаток биротативного закапотированного вентилятора на основе решения 3D-обратной задачи для улучшения его газодинамических характеристик / В.И. Милешин [и др.] // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2018. Т. 17. №1.
8. Боровиков Д.А., Ионов А.В., Минин А.К. Интеграция решателя уравнений Навье-Стокса в программное обеспечение расчета осевого компрессора ГТД // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». Москва. Тезисы. М.: Издательство «Перо», 2020. 980 с.

Сведения об авторах

Боровиков Дмитрий Александрович, младший научный сотрудник, аспирант. Область научных интересов: математическое моделирование авиационных и ракетных двигателей и их узлов, разработка методик и систем автоматизированного проектирования узлов авиационных и ракетных двигателей.

Минин Арсений Константинович, студент 5 курса. Область научных интересов: проектирование и создание программного обеспечения автоматизированного расчета авиационных двигателей.

DEVELOPMENT OF THE JET ENGINE AXIAL COMPRESSORS DESIGN SOFTWARE

Borovikov D.A., Minin A.K.

Moscow Aviation Institute (National Research University), BorovikovDA@mai.ru,
arsick2000@yandex.ru

Keywords: axial compressor, software, blade profiling, optimization.

The work is devoted to the development of the axial compressor design software. Various improvements are made, affecting both the graphical interface and the internal logic. User software interaction, and an internal structure of the program are improved. Developed version allows to design an axial compressor and export blade profiles to external softwares.