

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ЛОПАТОК ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА С ПОДДЕРЖКОЙ МНОГОВАРИАНТНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ОПТИМИЗАЦИИ

Волков А.А., Соколова А.С., Новикова Ю.Д.
ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, a44rey@yandex.ru

Ключевые слова: лопатка компрессора, параметрическое моделирование, оптимизация, меридиональный контур, визуализация, Python.

Разработан программный комплекс «Профилировщик лопаток осевого компрессора», реализующий сквозную технологию параметрического моделирования, визуализации и оптимизации лопаток осевого компрессора. Ключевыми особенностями являются поддержка четырёх систем координат (плоская, цилиндрическая, коническая, по линиям тока), возможность построения меридионального контура проточной части, а также встроенный модуль многопараметрической оптимизации геометрии к целевой геометрии, заданной в виде набора точек. Комплекс обеспечивает наглядное 3D-представление, анализ распределения параметров, экспорт геометрии и работу в пакетном режиме, что позволяет использовать его как в исследовательских, так и в производственных задачах.

Проектирование лопаток осевого компрессора требует совместного учёта газодинамических, прочностных и технологических ограничений. Параметрическое моделирование даёт возможность гибко описывать геометрию и автоматизировать поиск рациональных решений. Существующие коммерческие пакеты удовлетворяют требованиям полностью или частично, но требуют лицензионного обеспечения и являются зарубежными решениями проблемы проектирования лопаток. В отечественной практике решение проблемы выполнялось созданием алгоритмов и программ, позволяющих решать проблему, но требующих высокой квалификации специалиста и знания особенностей работы той или иной версии программы. Кроме того, функционал таких программ, как правило, ограничивался вопросами профилирования, и не включал вопрос оптимизации параметров модели под существующую лопатку. Также следует отметить, что при разработке данной программы функционал в коммерческих пакетах был учтен и расширен подходом задания функции распределения параметров по высоте и возможностью оптимизировать перо лопатки под желаемое количество сечений, в желаемой системе координат без необходимости выполнения специальных преобразований целевой геометрии.

Встроенный модуль оптимизации позволяет минимизировать отклонение параметрической модели от целевой геометрии, загруженной из файла формата геомтурбо. Реализована первичная подгонка с автоматической оценкой геометрических параметров и последующая многопараметрическая оптимизация градиентным методом. Поддерживается группировка переменных (основные, дополнительные, локальные и глобальные смещения), а также задание последовательности оптимизации.

Целевая функция для параметров профиля вычисляется на основе среднеквадратичного отклонения координат спинки и корытца после линейной интерполяции и центрирования. Результаты оптимизации визуализируются в табличном виде с детализацией по сечениям.

Полученный набор параметров лопатки может быть экспортирован и импортирован пользователем, либо в автоматическом режиме в рамках решения задачи оптимизации газодинамики. Внешний вид профиля и распределения параметра по высоте лопатки представлен на рис. 1.

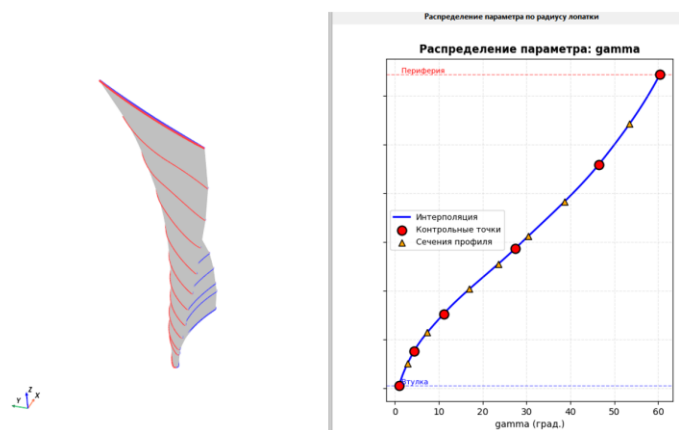


Рис. 1 – Внешний вид профиля и распределения угла установки профиля по высоте лопатки

Разработанный программный комплекс «Профилировщик лопаток осевого компрессора» предоставляет исследователям и конструкторам эффективный инструмент для параметрического проектирования, анализа и оптимизации лопаток осевого компрессора. Гибкая система координат, визуализация и встроенные алгоритмы оптимизации позволяют существенно сократить время доводки геометрии и повысить качество проектных решений. В дальнейшем планируется расширение функциональности модулем 1D аэродинамического и прочностного расчёта и интеграцией с CAD/CAE системами.

Работа выполнена при финансовой поддержке министерства науки и высшего образования Самарской области.

Список литературы

1. Кистойчев А.В. Проектирование лопаточного аппарата осевых компрессоров ГТУ: учебное пособие / А.В. Кистойчев. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2014. – 120 с.

Сведения об авторах

Волков А.А. – область научных интересов: исследование рабочих процессов в лопаточных машинах.

Соколова А.С. – область научных интересов: исследование рабочих процессов в лопаточных машинах.

Новикова Ю.Д. – область научных интересов: исследование рабочих процессов в лопаточных машинах.

SOFTWARE PACKAGE FOR PARAMETRIC PROFILING OF AXIAL COMPRESSOR BLADES WITH SUPPORT FOR MULTI-VARIANT GEOMETRY AND OPTIMIZATION

Volkov A.A., Sokolova A.S., Novikova Ju.D.,
JSC Kuznetsov, Samara, Russia,
a44rey@yandex.ru

Keywords: compressor blade, parametric modeling, optimization, meridional contour, visualization, Python

A software package for parametric modeling, visualization, and optimization of axial compressor blades has been developed. The package supports four coordinate systems (planar, cylindrical, conical, and streamline-based), enables meridional flowpath contour construction, and includes a built-in multiparameter optimization module for fitting the parametric model to a target geometry defined as a point cloud. It provides 3D visualization, parameter distribution analysis, geometry export, and batch processing capabilities for both research and industrial applications.