

**Применение одномерных, квазитрехмерных программ и программ
вычислительной газовой динамики для оптимального газодинамического
проектирования центробежных компрессорных ступеней**

Дроздов Александр Александрович

Аспирант

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург,
Россия

E-mail: A_drozdi@mail.ru

Газодинамическое проектирование центробежной компрессорной ступени является сложным процессом, предполагающим рассмотрение большого количества разных вариантов. Для решения данной задачи применяются различные методики. Традиционно для этих целей применяются программы расчета одномерного потока, однако последнее время наметилась тенденция применения CFD программ.

Анализ сопоставления экспериментальных данных с CFD расчетами показывает, что точность совпадения не всегда удовлетворяет требуемой для инженерного применения. Они так же не позволяют быстро произвести оптимизацию формы проточной части путем быстрого перебора сотен различных вариантов. Данного недостатка лишены одномерные инженерные программы, позволяющие быстро сопоставить большое количество вариантов и произвести оптимизацию размеров и формы проточной части.

Процесс газодинамического проектирования, применяемый в СПбПУ, предполагает последовательное применение трех различных программ: одномерной инженерной программы для определения основных размеров проточной части, программы квазитрехмерного расчета для проектирования лопаточных решеток и CFD программ для тонкой корректировки размеров и формы проточной части.

В качестве примера была спроектирована ступень на расчетный коэффициент расхода 0,105 и расчетный коэффициент напора 0,56. Основные размеры проточной части были оптимизированы в одномерной инженерной программе Метода универсального моделирования, созданной в СПбПУ. Далее производится проектирование лопаточной решетки ОРК при помощи программы квазитрехмерного расчета (рис. 1).

Принципы профилирования лопаточной решетки описаны в [1], в качестве основных пунктов можно выделить применение газодинамического способа профилирования с учетом анализ средней нагрузки на лопатку, применение переменного выходного угла лопатки по её высоте, небольшого отрицательного угла навала лопатки на выходе для увеличения площади горла межлопаточного канала. Анализ различных способов профилирования лопаточной решетки путем сравнения результатов численного эксперимента подтвердил указанные выше рекомендации.

Одномерные инженерные программы не в состоянии полностью учесть все нюансы сложной формы проточной части центробежной компрессорной ступени. Поэтому применяются CFD программы для анализа течения в элементах проточной части ступени и внесения корректировок в её форму и размеры. Анализ течения показал, что неоптимальная форма поворотного колена приводит к возникновению локальной зоны отрыва на периферийной стенке, для её устранения форма поворотного колена была изменена с однодуговой на двухдуговую.

На входе в безлопаточный диффузор возникает отрыв потока, не смотря на приемлемую величину входного угла потока. Путем сопоставления различных вариантов ширины безлопаточного диффузора и разной формы его заужения, проведенного в программе

NUMECA Fine/Turbo был выбран оптимальный вариант, исключающий отрыв потока.

Корректировка проточной части по результатам вязких расчетов позволила повысить КПД ступени на 0,4% по сравнению с исходным вариантом. При этом потребовалось минимально необходимое число расчетов для достижения данного результата, так как исходная проточная часть была эффективно спрофилирована.

Таким образом, рассмотренный подход к оптимальному газодинамическому проектированию центробежных компрессорных ступеней можно считать успешным.

Источники и литература

- 1) Галеркин, Ю.Б. Турбокомпрессоры. [текст] / Ю.Б. Галеркин // Изд-во КХТ. – СПб. – 2010. – С.650.

Слова благодарности

Хочу выразить свою благодарность научному руководителю: доктору технических наук, Юрию Борисовичу Галеркину.

Иллюстрации

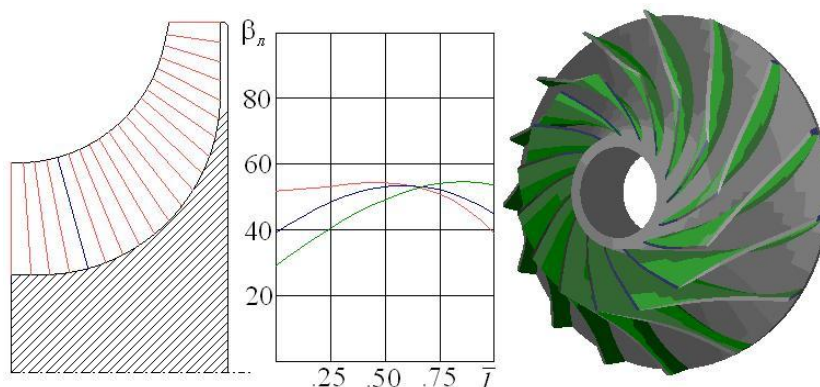


Рис. 1. Профилирование лопаточной решетки РК при помощи программы квазитрехмерного расчета