

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Блинова Виталия Леонидовича

«Разработка принципов параметрического профилирования плоских решеток осевых компрессоров ГТУ на основании результатов многокритериальной оптимизации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашин и комбинированные турбоустановки

На рецензию представлена диссертационная работа общим объемом 167 страниц, иллюстрированная 60 рисунками и 11 таблицами, состоящая из введения, пяти глав, заключения, списка литературных источников из 117 наименований.

Работа посвящена разработке принципов параметрического профилирования плоских решеток осевых компрессоров ГТУ при дозвуковом течении газа на основании результатов многокритериальной оптимизации.

Научное направление всех основных разработок и исследований, представленных в диссертационной работе, соответствует паспорту научной специальности 05.04.12 – Турбомашин и комбинированные турбоустановки.

Актуальность темы

Эффективность и надежность работы газотурбинной установки независимо от назначения во многом определяется качеством проектирования проточной части осевого компрессора (ОК).

Задача проектирования проточной части ОК, как и большинства турбомашин, в общем случае трехмерная. В классических подходах, как правило, реализуется замена одной трехмерной задачи двумя двумерными: профилированием меридионального обвода проточной части и профилированием круговой лопаточной решетки (решеток). Диссертационная работа Блинова В. Л. посвящена оригинальному подходу к

совершенствованию процесса проектирования проточной части осевого компрессора, заключающегося в использовании результатов многокритериальной оптимизации плоских решеток ОК для разработки принципов параметрического профилирования ступеней компрессора.

Таким образом, актуальность темы заключается в повышении эффективности работы ступеней ОК, улучшении характеристик осевого компрессора ГТУ в целом, сокращении сроков проектирования, доводки и модернизации проточной части ОК.

Содержание диссертации

Структура диссертационной работы включает в себя введение, пять глав, заключение и список литературных источников из 117 наименований.

Во введении показана актуальность работы, ее научная новизна и практическая значимость, кратко сформулированы цель и задачи исследования, представлены положения, выносимые на защиту. В первой главе проведен анализ научно-технической информации, доступной в открытой литературе, по исследуемой теме и поставлены задачи исследования. Вторая глава посвящена постановке и решению задач численного моделирования течения в плоских решетках профилей, ступени и в ОК в целом, проводится сравнение результатов экспериментов и моделирования, на основании которых проведена верификация разработанных численных моделей. Установлен диапазон углов атаки, в котором численные модели показывают приемлемые результаты. Выданы рекомендации по постановке численного исследования течения в плоских решетках компрессорных профилей при решении задачи их аэродинамической оптимизации. В третьей главе предложен вариант параметризации профиля лопатки с использованием кривых Безье и описаны разработанные автором автоматизированные алгоритмы построения лопатки на его основе. Приведен пример описания широкоизвестных профилей серии NASA-65 с помощью разработанной топологии. Четвертая глава посвящена разработке схемы оптимизации формы лопаточного профиля, путем интеграции между собой

программных комплексов по численному моделированию Ansys CFX, оптимизации IOSO и автоматизированного алгоритма профилирования, предложенного автором. Разработаны рекомендации по постановке задачи многокритериальной оптимизации решетки профилей ОК. В пятой главе представлены результаты оптимизации профиля лопатки осевого компрессора и полученные варианты оптимальных профилей с описанием их формы и характерного для них распределения параметров потока вдоль хорды. На основании полученных данных выведены зависимости различных геометрических параметров профиля от параметров потока и предложены принципы параметрического профилирования высоконапорных ступеней осевых компрессоров ГТУ. Полученные результаты исследования использовались при совершенствовании компрессора ГТУ ГТК-10-4. Представлены результаты натурных испытаний ГТУ, подтверждающие эффективность разработанных мероприятий.

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в следующем:

- предложен новый подход к параметрическому проектированию (новая топология) плоского профиля пера лопатки осевого компрессора, адаптированный для решения задач оптимизации;
- разработана и обоснована схема автоматической оптимизации; определены необходимые и достаточные критерии, ограничения и переменные при решении задач многокритериальной оптимизации плоского профиля лопатки осевого компрессора;
- предложено семейство оптимальных профилей для различных параметров потока. Описан алгоритм выбора параметров искомого профиля на основании полученного семейства;
- получены аналитические зависимости определяющих параметров профиля в соответствии с предложенной топологией от требуемого угла

поворота дозвукового потока в широком диапазоне значений числа Маха, густоты решетки и максимальной толщины профиля.

Достоверность и обоснованность результатов

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается использованием широко известного программного комплекса численного моделирования течения Ansys CFX, его верификацией, путем сравнения полученных данных с результатами натурных экспериментов и теоретическими представлениями других авторов по теме исследования, промышленной апробацией разработанных принципов при проектировании направляющего аппарата ОК натурной ГТУ.

Практическая значимость

Практическая значимость диссертационной работы заключается в представлении рекомендаций для инженерной практики по многокритериальной оптимизации проточной части осевых компрессоров путем численного моделирования течения в лопаточных венцах. Разработаны автоматизированные алгоритмы построения лопатки на основании предложенной автором топологии профиля. Полученные в диссертации результаты могут использоваться при проектировании и модернизации осевых компрессоров ГТУ.

Отдельные полученные результаты использованы ООО «Газпром трансгаз Югорск» в работах по повышению газодинамической устойчивости осевого компрессора ГТУ типа ГТК-10-4.

Основные положения диссертации достаточно полно изложены в 12 печатных работах, в том числе в четырех публикациях в научных журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, определенный ВАК, и в одной публикации в научном сборнике, входящем в международную базу цитирования Scopus. Материалы работы докладывались на 8 Международных и Всероссийских конференциях.

Вопросы и замечания:

1. В первой главе не упомянуты s-образные профили и их области применения, хотя затем в исследовании они используются.

2. Во второй главе показано, что использование для замыкания системы уравнений турбулентного движения K-ε модели совпадает с экспериментом в крайне узком диапазоне коэффициента расхода $\varphi=0.5-0.53$, что резко ограничивает область оптимизации и тем не менее она рекомендована к применению и использована в дальнейшем исследовании.

3. В сопоставлении экспериментальных и расчетных параметров в ОК ГТК10-4 отсутствует систематизация данных по режимным параметрам, что затрудняет восприятие материала, представленного на рис.2.16 – 2.19.

4. В третьей главе представлена оптимизация профиля, позволившая увеличить угол поворота потока на 30 градусов, однако не показано, чтобы дало увеличение кривизны средней исходного профиля.

5. В пятой главе при оптимизации направляющего аппарата четвертой ступени ГТК10-4 на рис. 5.10 представлено сравнение исходного профиля и оптимизированного, однако не указано, что будет с течением в межлопаточных каналах при увеличении угла установки исходного профиля на 1 – 3 градуса, приводящее к уменьшению избыточного отрицательного угла атаки.

Кроме того необходимо отметить некоторую путаницу в терминах (степень сжатия, длина лопатки, метод конечных объемов...) и обозначениях (ξ и ζ), а также мелкий масштаб рисунков 4.4 и 5.11, иллюстрирующих распределения скоростей.

Заключение по диссертационной работе

Представленные в отзыве замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы.

Полученные в работе результаты и выводы следует считать верными.

Работа написана хорошим техническим языком, хотя по тексту встречаются опечатки.

Полученные в работе результаты и выводы следует считать верными.

Работа написана хорошим техническим языком, хотя по тексту встречаются опечатки.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа является законченным научным исследованием и удовлетворяет всем квалификационным требованиям ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Блинов Виталий Леонидович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Официальный оппонент,
доцент кафедры «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки»
ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»,
доцент, кандидат технических наук
(05.14.05 – Теоретические основы теплотехники),
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1
e-mail: bauman@bmstu.ru
тел.: (499) 263 63 91

Арбеков
Александр Николаевич

Подпись, дата

Подпись за
Гербова Д



8.06.15

А. Г. МАТВЕЕВ

НАЧ. УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ

ТЕЛ 8499-263-67-69