

В диссертационный совет Д 999.055.04
ФГБОУ ВО «Комсомольский - на Амуре
государственный технический университет»
681013, г. Комсомольск - на - Амуре,
пр. Ленина, 27

ОТЗЫВ

официального оппонента Минаева Сергея Сергеевича на диссертационную работу Андрианова Ивана Константиновича «Численное моделирование процессов теплоотвода в оболочковых элементах турбомашин на основании условия длительной прочности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

1. Актуальность темы исследования

Всестороннее изучение теплофизических процессов, связанных с процессами теплоотвода в турбомашинах, оценками прочностного ресурса элементов турбомашин является актуальной проблемой. Поскольку практические испытания и тестирование турбомашин весьма трудоемкие и затратные процессы, появляется необходимость в разработке методов математического моделирования процессов теплопереноса в элементах турбомашин. Важной задачей является моделирование процессов охлаждения оболочковых элементов потоком газа, протекающим по каналам элемента с тем, чтобы температура элементов не превышала предельно допустимые значения. В диссертации рассматриваются задачи математического моделирования охлаждения оболочковых элементов турбин, направленные на оптимизацию расхода охлаждающего газового агента при заданных условиях теплообмена, теплофизических свойств материалов элементов турбин,

геометрии канала и других параметрах. Современные тенденции в проектировании газовых турбин, направленные на повышение рабочих температур газовых сред, позволяющих повысить КПД двигателя, делают задачи моделирования охлаждения рабочих элементов турбин важным и актуальным направлением исследований.

2. Оценка структуры и содержания диссертации

Объем диссертационной работы составляет 154 страницы, включающей в себя введение, построение математической модели оптимального теплоотвода, численное решение и разработку комплекса программ, изложенного в пяти главах, заключение, список литературы из 138 наименований и приложения.

Во введении автором определена степень разработанности темы исследования, представлены доводы, отражающие актуальность темы исследования, определены цели и задачи научной работы.

В первой главе представлен обзор научных исследований посвященных вопросам применения численных методов при решении нелинейных задач теплопереноса, подходов к математическому моделированию теплообменных процессов, сопряженных с оценкой газодинамики течения, методов оптимизации конструкций оболочковых элементов турбомашин, испытывающих высокотемпературное воздействие и силовое нагружение.

Во второй главе представлены физическая и математическая постановка задачи оптимального теплоотвода, определены условия минимизации массового расхода охладителя на основании критерия длительной прочности. Проведено математическое моделирование процессов отвода тепла в однослойных и двухслойных оболочковых элементах, имеющих внутреннюю систему охлаждения и находящихся в условиях внешнего подвода теплоты и неравномерного напряженного состояния.

В третьей главе автором проведено численное моделирование процессов оптимального теплоотвода на основании построенных дискретных моделей,

описывающих теплоперенос в стенках оболочковых элементов; определение требуемого распределения коэффициентов теплоотдачи и требуемого изменения характеристик течения. Получены численные закономерности, связывающие минимальный массовый расход охладителя, изменение ширины поперечного сечения каналов теплоотвода и условия равнопрочности, накладываемые на оболочковый элемент.

В четвертой главе описаны пошаговые алгоритмы для численного расчета параметров процесса теплоотвода, удовлетворяющих критерию длительной прочности, и определения минимального массового расхода охладителя, с учетом переменной ширины каналов теплоотвода внутренних систем охлаждения оболочек.

В пятой главе представлены результаты расчета процессов теплоотвода в оболочковых элементах при наличии и отсутствии тепловой защиты, находящихся в условиях неравномерного напряженного состояния и неравномерного подвода тепловой энергии, а также при различной продолжительности нагружения.

В заключении отражены основные результаты диссертационной работы.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений, сформулированных в диссертации

В диссертации проведен анализ основных подходов к математическому моделированию процессов теплопереноса на основании научных достижений отечественных и зарубежных ученых и научных школ.

Достоверность и обоснованность научных положений обусловлена применением математических закономерностей, отражающих фундаментальные физические законы. Автором использованы апробированные методы численного анализа на основании теории математического моделирования и численных методов, проведено сопоставление результатов расчета соискателя с результатами других исследователей.

Диссертантом проведена апробация результатов исследования на региональных и всероссийских конференциях. По диссертации автором опубликовано 17 научных работ, из которых 4 статьи представляют собой публикации в журналах из перечня ВАК РФ, получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, 10 научных работ опубликованы в остальных журналах и сборниках конференций.

4. Научная новизна полученных результатов

Научная новизна диссертационного исследования обусловлена следующими положениями:

1. Разработан новый подход к математическому моделированию оптимальных процессов охлаждения оболочковых элементов турбомашин на основании реализации равнопрочного состояния элементов.
2. Получены новые численные закономерности, позволяющие варьировать геометрические характеристики каналов охлаждения, и обеспечивающие минимальный массовый расход охладителя при заданном напряженном и тепловом состоянии, удовлетворяющим условию длительной прочности с одинаковым коэффициентом запаса на участках элементов турбины, испытывающих неравномерное тепловое и силовое нагружение.
3. Построены новые алгоритмы и разработан новый комплекс программ для проведения вычислительных экспериментов, связанных с получением численной оценки оптимального расхода хладагента, изменения ширины сечения каналов охлаждения вдоль траектории течения охладителя, а также оценки определяющих параметров процесса оптимального теплоотвода для заданных схем нагружения.

5. Ценность для науки и практики

В работе предложено новое решение задачи оптимального отвода тепла для элементов турбин. Результаты диссертационного исследования обладают практической значимостью. Комплекс программ может быть использован на стадии проектирования оболочковых турбинных лопаток за счет выбора оптимальной формы дефлекторных вставок, что может существенно снизить затраты на нецелесообразное охлаждение, а также повысить рабочие температуры нагревающих газовых сред.

Научные результаты диссертационного исследования были внедрены в учебный процесс кафедры «Механика и анализ конструкций и процессов» ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», что подтверждается актом внедрения.

6. Замечания по диссертации

1. Несмотря на достаточно полное цитирование литературы по тематике исследования, в обзоре отсутствует общая математическая формулировка постановки задачи и описание редуцированных моделей, которые используются различными авторами. Это несколько затрудняет понимание роли и места исследований автора диссертации в данной области.

2. Выражения для потоков тепла (2.4)-(2.6) приведены для частного случая цилиндрической геометрии. В общем случае несимметричной формы оболочки уравнения для потоков должны записываться через производную по нормали к поверхности.

3. Опечатка в написании базовых уравнений (2.13) и (2.15) в которых отсутствует знак равенства.

4. В исследовании используется зависимость числа Нусельта от температуры в рамках модели Сукомела (2.26). Неясно в каком диапазоне

параметров (скорость потока, температур, диаметров канала) справедливо эта аппроксимация.

5. Тоже замечание относится к выражению для сил трения. Квадратичная зависимость от скорости потока Вейсбаха-Дарсив (2.36) используется при достаточно больших значениях числа Рейнольдса, а при малых скоростях справедлива линейная аппроксимация. Необходимо указать диапазон применимости используемой зависимости.

6. Общим недостатком является отсутствие списка используемых обозначений.

7. Расчет показывает нелинейную зависимость коэффициентов теплоотдачи или скорости от координаты (см., например Рис. 5.9, 5.11, 5.13). В частности имеется локальный максимум в этих зависимостях. В работе отсутствует обсуждение физических причин возникновения этой нелинейной зависимости. Подтверждаются ли эти расчеты экспериментами или расчетами других авторов?

8. В численном моделировании не приведены данные об изменении узлов расчетной сетки для проверки корректности алгоритмов расчета.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности выполненной автором работы.

Заключение

Диссертация Андрианова Ивана Константиновича «Численное моделирование процессов теплоотвода в оболочковых элементах турбомашин на основании условия длительной прочности» соответствует специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по следующим пунктам паспорта специальности: 1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений; 2. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения

вычислительного эксперимента; 3. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.

Диссертационная работа соответствует всем требованиям ВАК «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Андрианов Иван Константинович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Минаев Сергей Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, Заведующий лабораторией перспективных технологий горения Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток

_____ \ Минаев Сергей Сергеевич \

Дата 26.04.2017



Подпись С.С. Минаева подтверждаю _____

690091, Россия, Приморский край, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.

Телефон: (423) 265-24-29,

E-mail: rectorat@dvfu.ru