**Семакина Елена Юрьевна Разработка научно-технических методов для создания высокоэффективных проточных частей тепловых турбин на основе экспериментальных и численных исследований аэродинамики трехмерного нестационарного потока**

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

доктор наук Семакина Елена Юрьевна

Введение

Глава 1. Современные методы и средства моделирования течения рабочей

среды в проточных частях турбин

1.1. Физический эксперимент в области аэродинамики турбомашин

1.2. Численное моделирование трехмерного течения в турбомашинах

1.3. Методы валидации CFD моделей течения в элементах проточных

частей турбомашин

1.4. Проблемы сближения и сочетания физического и численного эксперимента в исследованиях аэродинамики турбомашин

1.5. Цели и постановка задач исследования

Глава 2. Экспериментальная база для исследований аэродинамики

элементов проточных частей турбин

2.1. Принципы моделирования аэродинамических процессов в проточных частях турбомашин. Методика экспериментальных исследований

2.2. Экспериментальные стенды

2.2.1. Калибровочный стенд ТС-1

2.2.2. Универсальный экспериментальный стенд ЭТ4

2.2.3. Экспериментальный стенд ЭС-ОВ-ЦНД

2.3. Информационно-измерительные системы экспериментальных

стендов

2.3.1. Инструменты измерений

2.3.2. Информационно-измерительная система калибровочного стенда

ТС-1

2.3.3. Информационно-измерительная система стенда ЭТ4

2.3.4. Информационно-измерительная система стенда ЭС-ОВ-ЦНД и

ее программное обеспечение

2.4. Методика обработки и представления экспериментальных данных

2.4.1. Программа обработки экспериментальных данных

2.4.2. Интегральные аэродинамические характеристики ступеней, выходных трактов и блоков «Ступень - Выходной тракт»

2.4.3. Методы представления результатов траверсирования потока

2.5. Показатели неопределенности измеряемых величин и вычисляемых интегральных характеристик

Глава 3. Совершенствование методики исследования пространственного

течения в проточных частях турбомашин

3.1. Модернизированный калибровочный стенд ТС-1М

3.1.1. Конструкция стенда ТС- 1М

3.1.2. Информационно-измерительная система стенда ТС-1М

3.1.3. Инструменты ИИС стенда ТС-1М

3.1.4. Схема измерений ИИС стенда ТС-1М

3.2. Методика калибровки 3D пневмометрических векторных зондов в периодически нестационарном потоке

3.2.1. Исследование структуры и параметров струи калибровочного

стенда ТС-1М

3.2.2. Методика получения калибровочных характеристик по данным калибровки в периодически нестационарном потоке

3.2.3. Численное моделирование потока струи калибровочного стенда ТС-1М

3.2.4. Калибровочные характеристики конического пневмозонда в периодически нестационарном потоке

3.2.5. Обработка результатов траверсирования потока по

«нестационарным» калибровочным зависимостям

3.3. Совершенствование методики траверсирования потока за рабочими лопатками турбинных ступеней

3.4. Сопоставление данных расчета и эксперимента по структуре потока

3.4.1. Интерполяция данных траверсирования

3.4.2. Получение выборки из генеральной совокупности расхождений экспериментального и расчетного распределений

3.4.3. Проверка гипотезы о нормальности распределения в выборке

3.4.4. Оценка степени совпадения расчетных и экспериментальных

полей параметров потока методом статистического анализа

3.4.5. Валидация численной модели течения в проточной части блока «Ступень - Диффузор» по структуре потока

3.5. Корреляционный метод анализа результатов исследований

3.6. Обобщение рекомендаций по совершенствованию методики исследования пространственного течения в проточных частях

турбин

Глава 4. Результаты аэродинамических исследований трехмерного потока в

элементах проточных частей турбин

4.1. Турбинные ступени

4.1.1. Параметры ступеней

4.1.2. Интегральные характеристики ступеней

4.1.3. Особенности структуры трехмерного потока за турбинными ступенями

4.1.4. Выводы по результатам экспериментальных и численных исследований структуры потока в турбинных ступенях

4.2. Блоки «Ступень - Диффузор»

Влияние закрутки потока на интегральные характеристики диффузора

4.2.1. Влияние формы силовых стоек на интегральные характеристики диффузора

4.2.2. Влияние типа последней ступени турбины на процесс восстановления давления в диффузоре

4.2.3. Влияние крупномасштабных вихревых структур на эффективность работы выходного диффузора

4.2.4. Эффективность работы блоков «Ступень - Диффузор»

4.2.5. Оптимальный радиальный зазор последней ступени ГТУ

4.2.6. Выводы по результатам экспериментальных исследований 3D структуры потока выходных диффузорах турбин

4.3. Выходные тракты с односторонним отводом рабочего тела

4.3.1. Основные источники потерь в выходных трактах с односторонним отводом рабочего тела

4.3.2. Структура течения в выходном сечении патрубка

4.3.3. Обратное влияние одностороннего отвода потока на структуру течения в входном сечении тракта «Диффузор - Патрубок»

4.3.4. Влияние входных граничных условий на интегральные характеристики трактов «Диффузор - Патрубок»

4.3.5. Выводы по результатам экспериментальных исследований выходных трактов «Диффузор - Патрубок»

Глава 5. Рекомендации по совершенствованию аэродинамики проточных частей тепловых турбин и методам исследования их аэродинамических свойств

5.1. Совершенствование конструкции бандажей «камерного» типа для

реактивных ступеней ЦВД паровых турбин

5.2. Выбор оптимального радиального зазора для рабочих лопаток последних ступеней

5.3. Проектирование рабочего колеса последних ступеней турбин с

учетом влияния выходного тракта

5.4. Влияние формы силовых стоек на эффективность процесса восстановления давления в диффузоре

5.5. Уменьшение длины выходных диффузоров турбин за счет оптимального проектирования периферийного обвода

5.6. Патрубок без внутренних элементов жесткости и разделителей

потоков

Заключение

Список сокращений и условных обозначений

Список литературы