

СРАВНЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЯЧЕИСТОГО ОХЛАЖДЕНИЯ И ПРЯМОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОХЛАЖДАЮЩИХ ОТВЕРСТИЙ ЛОПАТОК ТУРБИН

Комаров О. А., Бобрик А.А.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара

Аннотация. Выполнена расчётная оценка КПД охлаждаемой ступени турбины высокого давления ГТД НК-36СТ для различных постановок задач моделирования вдувов охлаждающего воздуха из 12 ступени КВД. На основе полученных результатов предложены мероприятия для повышения КПД лопаток с охлаждением.

Ключевые слова: охлаждаемые лопатки турбин, охлаждающий воздух, вычислительная газовая динамика, NUMECA.

Данная работа выполняется в связи с необходимостью уточнения методов моделирования охлаждения лопаточных машин. Составлена методика и выполнены 3D-расчёты турбины среднего давления в двух вариантах постановки задачи с ячеистыми вдувами и прямым моделированием отверстий охлаждающего воздуха в проточную часть. Расчёт выполнен для режима максимальной эффективности с включённым охлаждением лопаток. Параметры турбины сравнены с параметрами математической моделью двигателя. Среди сравниваемых параметров: пропускная способность, пересчитанная на вход в ступень и КПД.

При настройках расчётной модели в программном комплексе Numeca Fine Turbo в качестве рабочего тела использовался идеальный газ со свойствами продуктов сгорания. Газовая постоянная R составляла 287,3 Дж/(кг·К).

Для определения влияния модели охлаждения на КПД ступени выполнена серия CFD-расчётов для модифицированной турбины среднего давления НК-36СТ. Для построения меридиональных обводов использовался «холодный» тракт (турбины среднего давления) ТСД НК-36СТ. Со стороны входа турбина соединяется с корпусом первого соплового аппарата. Со стороны выхода фланец статора турбины соединяется с фланцем задней опоры изделия или технологической опоры для испытаний.

В ходе выполнения работы были созданы две модели ТСД: охлаждаемая с конвективным охлаждением, охлаждением стыков блоков соплового аппарата и охлаждением лабиринта в рабочие лопатки. В данной работе моделировалась только конвективная составляющая охлаждения. Расчётные модели отличались друг от друга моделированием вдуваемого воздуха в тракт.

Первая, ячеистая модель задаётся с помощью опции Bleed. Вдув, располагается на выходной кромке роторной и статорной лопаток. Вторая модель использует моделирование отверстий в программе IGG Autogrid. Отверстия моделируются с помощью функции Cooling holes в программе IGG. Для моделей были заданы следующие параметры:

- 1) Расход охлаждающего воздуха через отверстия 1,75 кг/с
- 2) Диаметр отверстий 1,7 мм
- 3) Число отверстий 15

Результатами этой работы можно принять:

- 1) На основе расчётов видно, что значения КПД и пропускной способности на разных моделях различаются незначительно. Поэтому для быстрого получения результатов рекомендуется использовать модель вдувов.
- 2) КПД, рассчитанный по разным формулам, дают схожие результаты на разных моделях, с малой погрешностью; КПД, рассчитанный по классической формуле, даёт расхождение относительно прямого моделированием отверстий в -0,8%.
- 3) Учёт охлаждения практически не влияет на степень расширения в турбине.