

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТВД И ТНД СОВРЕМЕННЫХ ТРДД

Новая технология проектирования проточной части охлаждаемой ТВД и многоступенчатой ТНД для ТРДД с учетом низких чисел Рейнольдса и высокой турбулентности потока позволяет получить максимальный КПД при заданных конструктивных и газодинамических ограничениях. Новая технология проектирования основана на сквозных 3D вязких расчетах узла турбины в целом (ТВД + переходный канал + ТНД) с использованием современных методов проектирования и оптимизации проточной части.

Новая технология проектирования учитывает ряд новых факторов, в том числе:

- охлаждение и выпуск охладителя в проточную часть;
- повышенную толщину пристенных слоев газа на выходе из камеры сгорания;
- вихревую структуру течения в лопаточных венцах;
- увеличение турбулентной вязкости в последующих венцах вследствие турбулизации потока в предыдущих венцах.

Газодинамическая эффективность каждого венца оценивается по результатам сквозного 3D вязкого расчета узла турбины в целом, а также расчета ее лопаточных аппаратов по отдельности и по регрессионным моделям ЦИАМ, обобщающим результаты экспериментальных исследований весьма большого количества неохлаждаемых и охлаждаемых решеток, лопаточных аппаратов и турбин.

Расчет 3D течения вязкого газа в проточной части узла турбины проводится по программе, разработанной в ЦИАМ Крупой В.Г. на основе уравнений Навье-Стокса, замкнутой двухпараметрической моделью турбулентности ( $q - \omega$ ). Эта модель турбулентности верифицирована в ЦИАМ на основе сопоставления с экспериментальными результатами, полученными на весьма большом количестве турбин, лопаточных аппаратов и решеток.

Расчеты проводятся с учетом расходов и параметров охлаждающего воздуха, с осреднением параметров потока в окружном направлении в межвенцовых зазорах.

Обработка результатов расчета 3D вязкого течения проводится по слоям сетки. При этом значения потерь вычисляются с некоторой погрешностью и характеризуют газодинамическую эффективность турбины только качественно. Более полно и однозначно газодинамическую эффективность турбины характеризует ее КПД.

Разработка многоступенчатой ТНД с высоким КПД, малым весом и пониженным числом лопаток также представляет собой исключительно сложную проблему.

До настоящего времени проектирование ТВД и ТНД для ТРДД проводится практически независимо друг от друга. Оценка КПД многоступенчатой ТНД проводится на основании расчета или экспериментального исследования ее отдельных ступеней. Поскольку при этом не учитывается увеличение потерь в последующих ступенях из-за увеличения турбулентной вязкости газа и потерь в предыдущих ступенях, это обычно приводит к завышению вычисляемого КПД на 0.02 - 0.03.

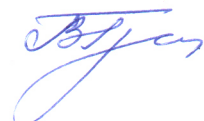
Подобные подходы не соответствует современной технологии проектирования двухвальных турбин, основанной, как указывалось, на сквозных 3D вязких расчетах узла турбины в целом.

В настоящее время разработанная технология проектирования ТВД и многоступенчатых ТНД используется при проектировании и анализе проточной части узла турбины в ТРДД ПД-14, ПИ и др.

Инициатор выдвижения

Первый заместитель

Генерального директора ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова

 Гусев В.М.