

ЛЕПЕСТКОВЫЙ СМЕСИТЕЛЬ ДЛЯ МАЛОЗАМЕТНОГО ТРД(Ф)

Посадов В. В. , Коротыгин А. А.

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия
имени П. А. Соловьёва, г. Рыбинск, Ярославская область, Россия

Развитие современных средств поражения предъявляет все более жесткие требования к заметности летательного аппарата, в том числе к инфракрасной (ИК) заметности двигателя, как к самой горячей его части. В связи с этим необходимо решить три основные задачи по снижению ИК заметности двигателя:

1. установить основные источники ИК излучения ГТД на различных режимах работы;
2. определить возможные способы снижения ИК излучения;
3. разработать конструктивное решение по снижению ИК заметности.

ИК излучение двигателя имеет максимальную интенсивность в задней полусфере. При этом наибольший вклад в эту излучение вносят реактивная струя и видимая часть последней ступени турбины низкого давления (ТНД). Удельный вклад этих факторов прямо противоположен на бесфорсажных и форсированных режимах. Повлиять на сильное излучение реактивной струи на форсажном режиме практически невозможно, поэтому необходима разработка мероприятий по снижению ИК излучения турбины на бесфорсажном режиме.

Такая постановка задачи объясняется еще и тем, что основное излучение исходит от области теплового ядра реактивной струи, а более холодные наружные слои снижают ИК излучение ядра, уменьшая его интенсивность. Видимая площадь излучающей поверхности ТНД значительно превосходит излучающую поверхность теплового ядра реактивной струи, поэтому особое внимание в работе было уделено уменьшению ИК излучения ТНД.

Проведенный анализ способов снижения ИК заметности показал, что в современных двигателях предполагается использование следующих методов:

1. снижение температуры газа и повышение степени двухконтурности;
2. «пробковое подавление» центральным телом;
3. использование переходных каналов сложной формы за форсажной камерой сгорания;
4. применение плоских сопел с большим соотношением сторон.

Все эти способы имеют значительные недостатки. Для того чтобы предотвратить их, предлагается для экранирования излучающей части турбины применить лепестковый смеситель специальной формы.

Лепестки смесителя предлагаемой конструкции можно условно разделить на три участка. Первый участок согласуется с углом закрутки потока на выходе из ТНД на расчетном режиме работы двигателя, второй определяется требованием минимума потерь в диффузоре форсажной камеры, третий – необходимостью экранирования рабочего колеса ТНД.

Для снижения температуры излучающей стенки смесителя предлагается дополнительно закрыть излучающую поверхность завесой холодного воздуха из соседнего канала. Завеса реализуется с помощью тангенциальной щели и особого профилирования «горячих» и «холодных» лепестков смесителя.

Оценка эффективности предложенной конструкции производилась с помощью комплекса вычислительной гидрогазодинамики ANSYS CFX 11. Рабочим телом является газ с молярной массой воздуха, подчиняющийся уравнению состояния идеального газа. Течение газа моделируется адиабатическим, теплопроводным с переменной теплоемкостью, вязким и турбулентным. Теплопроводность и динамическая вязкость заданы по формуле Сазерленда. В расчетах применена двухпараметрическая модель турбулентности k-ε. Все расчеты выполнены в стационарной постановке на схеме High Resolution.

Расчётная сетка построена с помощью возможностей сеточного генератора ANSYS Workbench. Сетка состоит из тетраэдральных конечных элементов с призматическим пограничным слоем. На входе в смеситель задаются полные параметры потока на выходе из второго контура и на выходе из ТНД, суммарный расход регулируется статическим давлением на выходе из смесителя.

С целью уменьшения расчетной области на боковых поверхностях использовались граничные условия типа «периодичность». Это упрощение позволило моделировать сектор размерностью 60 градусов.

Газодинамические расчёты подтвердили высокую эффективность предлагаемой конструкции, что в совокупности с минимальными затратами на техническое переоснащение двигателей с традиционными лепестковыми смесителями, позволяет говорить о высоком потенциале предложенного решения проблемы снижения ИК заметности.