

восстановленные концентрации общих количеств воздуха и топлива, общий коэффициент избытка воздуха, коэффициент полноты сгорания топлива. По данным химического состава определялась температура газа $T_{Г\ XAi}$, которая сопоставлялась с измеренной T_{Gi}^* . В совместном анализе перечисленных характеристик оценена достоверность и точность измерения Y_i и T_{Gi}^* .

Подсчитывались восстановленные концентрации количеств воздуха и топлива, непосредственно участвующих в горении, соответствующие им местные (локальные) коэффициенты избытка воздуха и полноты сгорания топлива.

УДК 621.3.002.3(076.5)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Александров Ю.Б., ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань, Alexwischen@rambler.ru
Мингазов Б.Г., ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань, [BGMingazov@kai.ru](mailto:BG Mingazov@kai.ru)

Ключевые слова: камера сгорания, процесс горения, оптимизация.

Методика моделирования процессов в камерах сгорания газотурбинных двигателей в составе газотурбинных установок основывается на теоретических положениях, разработанных при изучении отдельных физических явлений, из которых складывается рабочий процесс. Сложность явлений, протекающих в камере, заставляет в ряде случаев прибегать к упрощенным зависимостям, использовать статистические данные предыдущего опыта проектирования.

На начальном этапе для формирования исходных параметров и конструктивных особенностей камер сгорания производится предварительный расчет облика камеры сгорания с помощью разработанной программы Combustion chamber 1D-2D [1], для упрощения именованная далее, как программа «Камера». В этой компьютерной программе имеется возможность проводить анализ камеры сгорания по квази-одномерной и 2D постановке и выполнять автоматизированные сопоставления с 3D расчетами. Графические зависимости осреднённых по сечениям температур и других параметров, показывают их достаточную сходимость в ходе проведенных тестов для различных конструкций камер. Пример работы программы и сопоставления по многомерным расчетам преде-

монстрирован на примере расчета камеры сгорания газотурбинного двигателя НК-38СТ.

Создание расчётной модели начинается с ввода геометрических размеров анализируемой камеры сгорания в программу «Камера». Для этого существуют два варианта. Первый вариант предполагает ручной ввод координат характерных точек стенок и элементов камеры сгорания, а второй полуавтоматический путем обрисовки чертежа в интерфейсе программы. После ввода геометрических размеров, в программу прописываются данные о расходах воздуха и топлива, давления и температуры за компрессором. Вводятся данные о количестве и типе завихрителей, варианты подвода вторичного воздуха через стенки жаровой трубы, количество отверстий и их координаты относительно продольного направления камеры сгорания. Программа автоматически показывает облик камеры сгорания и распределение параметров в продольном направлении, данные на выходе, а так же цветное схематическое представление температурных полей в области жаровой трубы. При изменении параметров работы камеры сгорания, программа автоматически пересчитывает все полученные данные за доли секунд.

Для получения дополнительной информации о внутрикамерных процессах производится двухмерный расчет. Программа автоматически строит сетку и производит расчеты в области камеры сгорания. По итогам расчета автоматически формируется выходной файл отчета, который подгружается в программу «Камера» и в меню «графики» становится доступным выбор графических зависимостей для сравнения с одномерным режимом работы программы. Графические зависимости вдоль камеры сгорания осредненные по поперечному сечению для значений температуры (T), скорости потока (W), полноты сгорания (η), местных значений коэффициента избытка воздуха по остаточным компонентам (α), а также относительной площади подвода вторичного воздуха (FF) показаны на рис. 1, а.

По результатам одномерного расчета цветовым полем показано распределение температуры от синего до красного, соответственно от минимальных до максимальных значений температур газового потока. Синий фон во внешней зоне жаровой трубы – соответствует температуре воздуха, не участвующего в процессах горения и смешения. Цветами показана область жаровой трубы, где равномерно перемешаны воздух, топливо и продукты сгорания. На основании графических зависимостей можно сделать вывод о достаточно хорошей сходимости результатов по одномерному и двухмерному расчетам, отличия по температуре наблюдаются в области подвода первичного воздуха в зоне горения для 1D и это можно объяснить упрощенной схемой смеси образования в модели. По скоростям потока от-

личия проявляются в большей степени в области фронтального устройства (горелочное устройство) и объясняются упрощением 1D и 2D моделей по сравнению с моделью выполненной в 3D постановке.

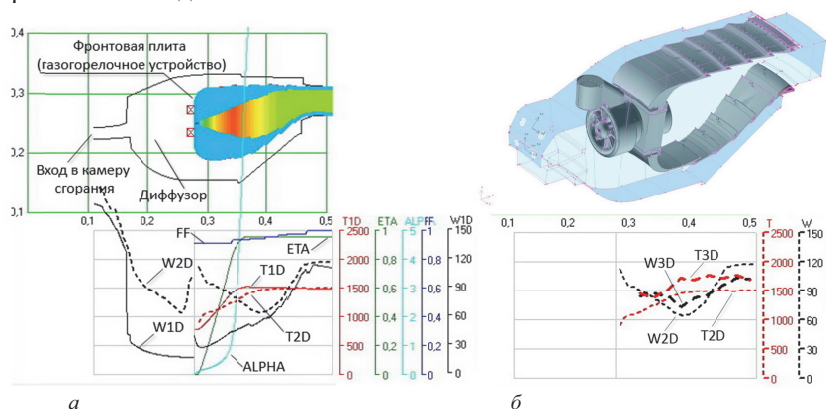


Рис. 1. Сопоставление по многомерным расчетам

На заключительном этапе работ проводится анализ и сопоставление расчетных данных по 1D, 2D моделям полученных с помощью программы «Камера» с результатами численного расчета по 3D модели. На рис. 1, б. показано такое сопоставление по двумерному и трехмерному расчету. Расчёты по одномерному расчету на график не включались во избежание его перегруженности по параметрам.

Использование созданной программы «Камера» значительно ускоряет расчеты внутри камерных процессов, что позволяет проводить оптимизацию конструкции камеры сгорания по различным режимным и конструктивным параметрам в кратчайшие сроки. Это является весьма важным преимуществом программы при проведении практических расчетов камер сгорания. Разработанная программа «Камера» может быть успешно применена на стадии предварительного проектирования для прогнозирования характеристик камеры сгорания.

Список литературы

1. Александров Ю.Б., Мингазов Б.Г., Токмовцев Ю.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016611770 Программа одно- и двух- мерного расчета и оптимизации камер сгорания газотурбинных двигателей (Combustion chamber 1D-2D), заявка № 2015662645, поступл. 22.12.2015, регистр. 10.02.2016., г. Москва.