

КАМЕРА СГОРАНИЯ С ТОРОИДАЛЬНОЙ ЗОНОЙ РЕЦИРКУЛЯЦИИ

Орлов М.Ю., Коломзаров О.В., Анисимов В.М., Анисимов М.Ю., Абрашкин В.Ю.
Самарский университет, г. Самара, kolomzarov@gmail.com

Ключевые слова: тороидальная зона рециркуляции, камера сгорания, объём зоны горения, индивидуальная горелка, доводка, первичная зона горения, моделирование.

В настоящее время применение малоразмерных газотурбинных двигателей (МГТД) в различных отраслях народного хозяйства и в интересах министерства обороны постоянно возрастает. Соответственно увеличивается и количество выдвигаемых к этим двигателям требований: массо-габаритных, экологических, ресурсных и др. Выполнение большинства из этих требований связано с конструкцией и реализованным в её рамках рабочим процессом камеры сгорания (КС) двигателя.

Одно из основных требований, связано с обеспечением заданных габаритов и массы двигателя, напрямую определяется размерами КС. Однако уменьшение размеров камеры сгорания в каждом конкретном случае имеет свои пределы, определяющиеся типом диффузора, конструкцией фронтального устройства, пространством необходимым для организации процесса горения и выгорания топлива. Во многих камерах сгорания МГТД для организации рабочего процесса как варианты используются фронтальные устройства с лопаточными завихрителями, испарительные топливные трубки, вращающиеся форсунки и другие технически сложно реализуемые элементы. Многие из этих способов подготовки топливно-воздушной смеси и формирования зоны горения обладают существенным недостатком – между форсунками образуется объём, который не используется для горения. В свою очередь объединение зоны горения позволило бы уменьшить габариты КС (рис. 1).

В данной работе рассмотрены теоретические основы организации рабочего процесса с использованием тороидальной зоны рециркуляции с помощью которых была спроектирована камера сгорания МГТД, выполненная затем в виде реального образца с использованием технологии прототипирования.

Результаты численного моделирования на компьютере по верифицированной методике показали работоспособность данной камеры сгорания при соблюдении и выполнении основных требований Технического Задания.

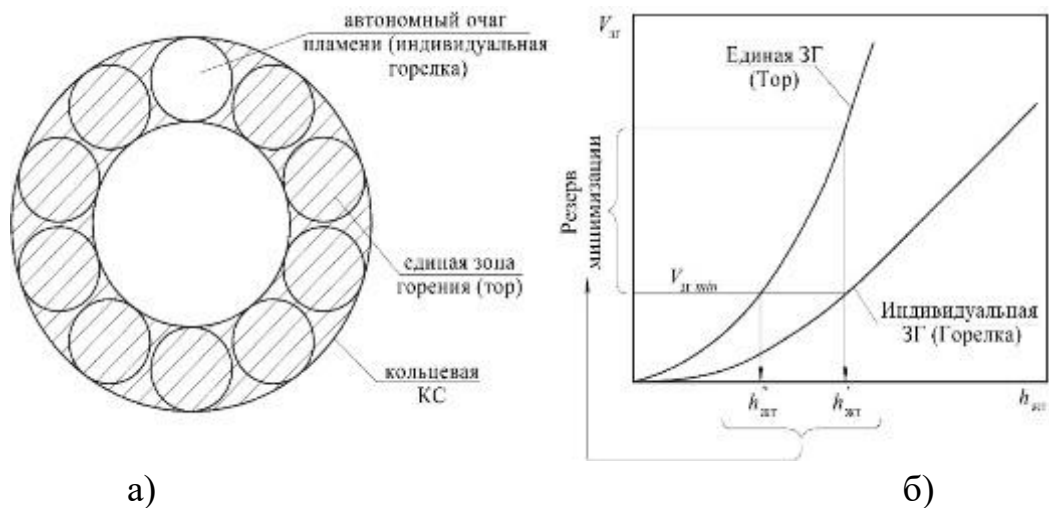


Рис.1 – Сравнение объёма зон горения

- (а) Графическое изображение объёма зон горения КС кольцевого типа с индивидуальными и тороидальной зонами горения
- (б) наглядное отображение объёма зон горения КС с индивидуальными и тороидальной зонами горения

Данная работа посвящена описанию процесса доводки камеры сгорания для проектируемого изделия. Двигатель создавался по прототипу, в качестве прототипа была использована конструкция серийной вспомогательной силовой установки (ВСУ).

В новом проекте было сохранено схемное решение входного устройства и центробежного компрессора, а турбина двигателя сразу претерпела кардинальные изменения – из радиальной она стала осевой. Это потребовало изменения конструкции камеры сгорания. После проработки ряда возможных схем было принято решение о выборе прямоточной камеры сгорания (КС) кольцевого типа с тороидальной зоной рециркуляции, имеющей существенные резервы минимизации по размерам при относительной простоте технологического исполнения.

Особенностью конкретной камеры сгорания является её диагональное расположение относительно оси двигателя. При организации рабочего процесса камеры сгорания данного типа возникает ряд проблем, связанных с отсутствием экспериментальных и расчётных данных [1-5].

Целью данной работы является доводка конструкции рассматриваемой камеры сгорания с тороидальной зоной смешения для оптимизация её рабочего процесса.

Работа выполнялась в три этапа:

- на первом этапе была выполнена доводка аэродинамической структуры потока с целью организации тороидального вихря в первичной зоне камеры сгорания;

- на втором этапе обеспечивалась стабилизации пламени и практически полное выгорания топлива;
- на третьем этапе формировалось заданное поле температур на выходе из камеры сгорания.

Доводка камеры проводилась расчётным методом с использованием численного моделирования в программном комплексе Ansys Fluent. Схема исходного и окончательного вариантов конструкции камеры сгорания представлены на рис.2 и 3 соответственно.

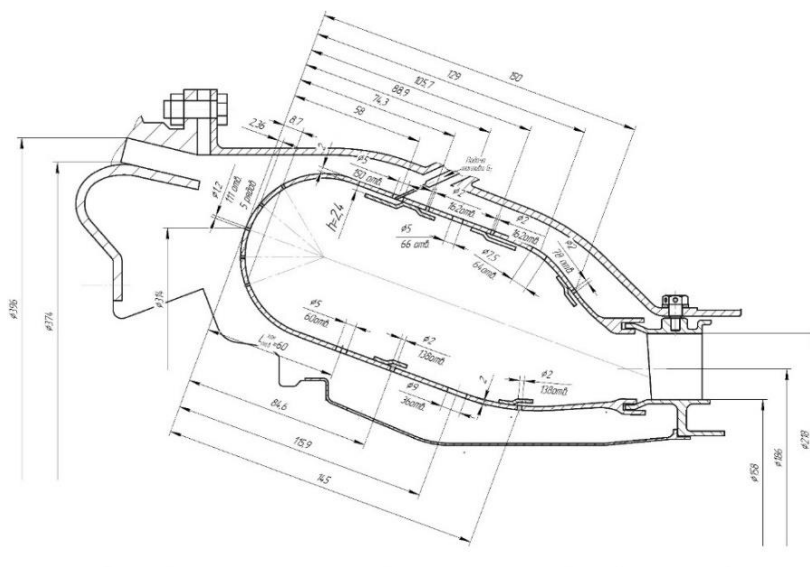


Рис. 2 – Схема базового варианта камеры сгорания

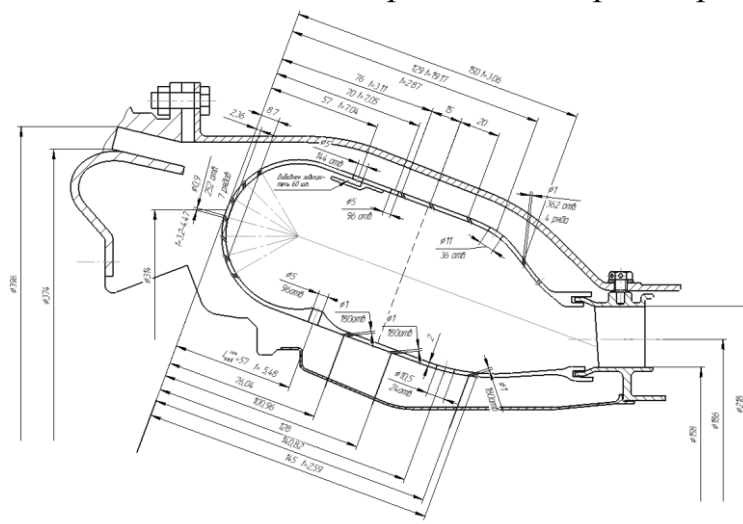


Рис. 3 – Схема окончательного варианта камеры сгорания

В результате доводки был сформирован уровень радиальной неравномерности температурного поля, требуемой по техническому заданию (рис. 4)

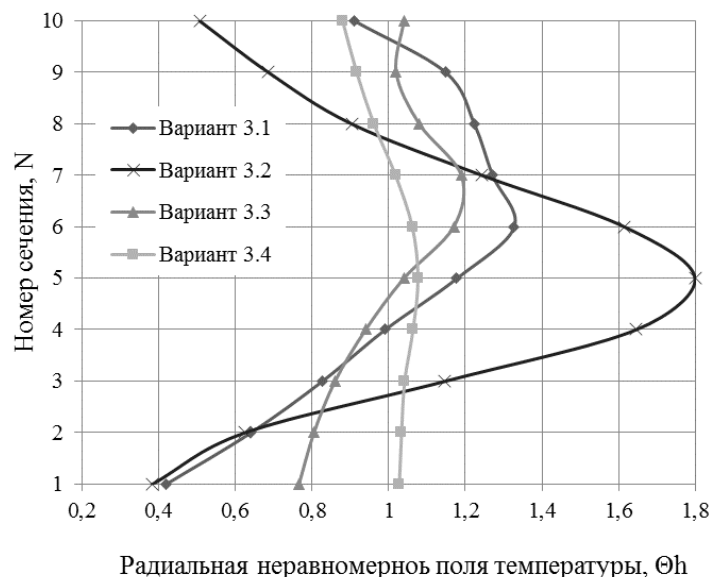


Рис. 4 – Эпюры радиальной неравномерности температуры на выходе из КС

Данная работа была поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках реализации Программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» в рамках соглашения RFMEFI58716X0033.

Список литературы

1. Абрашкин В.Ю. Исследование полей температуры газа на выходе из камер сгорания малоразмерных ГТД // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2006. – Т. 8. – № 4. – С. 1136-1141.
2. Лукачѳв В.П., Ланский А.М., Абрашкин В.Ю., Диденко А.А., Зубков П.Г., Ковылов Ю.Л., Матвеев С.Г., Цыганов А.М., Шамбан М.А., Яковлев В.А. Рабочий процесс камер сгорания малоразмерных ГТД, проблемы и некоторые пути повышения его эффективности // Вестник СГАУ, 1998. Вып. 1. – С. 11-39.
3. Carr E. Further applications of the lucas fan spray fuel injection combustion system // ASME, 1985. – P. 1-8.
4. Carr E., Todd H. The design and performance of a reverse flow combustion system for the TP 500 gas turbine engine // ASME, 1989. – P. 1-6.
5. Carr E. The combustion of a range of distillate fuels in small gas turbine engines// ASME, 1979. – P. 1-9.