

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации
Челебян Оганеса Грачьяевича

«Метод подготовки равномерной смеси жидкого топлива с воздухом во фронтовом устройстве авиационной мало эмиссионной камеры сгорания»
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые электроракетные двигатели и энергостановки летательных аппаратов»

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский институт)».

Актуальность работы обеспечивается требованием ИКАО по ограничению уровня эмиссии вредных несгоревших углеводородов в процессе работы газотурбинного двигателя.

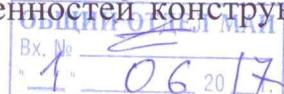
Решить данную проблему можно путем создания мало эмиссионной камеры сгорания, с качественно подготовленной топливовоздушной смесью, которая сгорит с наибольшим выделением тепла и наименьшим выделением вредных не прогоревших углеводородов. При этом особое внимание уделяется конструкции фронтового устройства камеры сгорания обеспечивающего подготовку топливовоздушной смеси и ее подачу в зону горения.

Одним из признанных методов получения равномерной топливовоздушной смеси за фронтовым устройством камеры сгорания является пневматическое распыливание жидких топлив. Однако некоторые типы распыливающих устройств изучены недостаточно хорошо и обладают серьезными недостатками. Ужесточение международных стандартов на эмиссию вредных веществ, а также расширение применения жидких (в том числе альтернативных) топлив и концепций мало эмиссионных камер сгорания ГТД, работающих на бедных смесях, вызывает заинтересованность в разработке и исследовании новых методов пневматического распыливания, способов воздействия на жидкость, позволяющие получить характеристики аэрозоля близкие к равномерной топливовоздушной смеси.

Целью работы являлась разработка метода подготовки равномерной смеси жидкого топлива с воздухом во фронтовом устройстве мало эмиссионной камеры сгорания ГТД.

Для достижения поставленной цели диссидентом были решены следующие задачи:

1. Был проведен анализ существующих современных методов распыливания топлива.
2. Разработана классификация воздушных завихрителей потока, применяемых при проектировании устройств пневматического распыливания.
3. Проведены экспериментальные исследования влияния физических свойств жидких топлив, а также аэродинамических особенностей конструк-



ции различных типов фронтовых устройств и режимных параметров, на процесс смесеобразования и распыливания.

4. Проведено расчетно-экспериментальное проектирование фронтового модуля камеры сгорания с пневмоподкачей для подготовки равномерной смеси жидкого топлива с воздухом за горелкой.

5. Проведены экспериментальные исследования характеристик аэрозоля и осуществлена апробация метода подготовки равномерной топливовоздушной смеси в огневых испытаниях модельного трехгорелочного отсека камеры сгорания при повышенном давлении среды на входе.

При выполнении диссертационных исследований применялись современные расчетные и экспериментальные методы исследования характеристик распыливания: бесконтактный метод фазо-Доплеровской анемометрии, метод флуоресцентно-поляризационного отношения рассеянного света, и численные трехмерные расчеты аэродинамики путем решения итерационным методом уравнений Рейнольдса для сжимаемого газа с использованием $k-\varepsilon$ модели турбулентности.

В процессе проведения исследований были получены результаты, обладающие научной новизной:

1. Разработана классификация устройств, для закрутки потока воздуха и стабилизации пламени.

2. Впервые получены экспериментальные данные по влиянию физических свойств жидких (в том числе альтернативных) топлив на характеристики аэрозоля при различных способах распыливания.

3. Разработан метод подготовки равномерной смеси жидкого (в том числе альтернативного) топлива с воздухом во фронтовом устройстве малоэмиссионной камеры сгорания ГТД.

4. Разработан и исследован новый фронтовой модуль камеры сгорания с пневмоподкачей и формированием равномерной смеси жидкого топлива с воздухом за выходным соплом горелки.

5. Получены экспериментальные данные трехгорелочного отсека КС, оснащенного разработанным фронтовым модулем, обеспечившим значимое снижение эмиссии NO_x при высокой эффективности сжигания топлива.

Результаты исследования верифицированы по экспериментальным данным, которые проводились по стандартизованным методикам с помощью аттестованной аппаратуры.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, и списка библиографии из 114 наименований.

В введении дано обоснование актуальности темы, сформулирована цель и поставлены задачи исследования.

В первой главе проведен обзор работ направленных на создание технологий малоэмиссионного сжигания нефтяных топлив, современных методов подготовки и распыливания топливовоздушной смеси во фронтовой части камеры сгорания ГТД. Рассмотрены физические основы распада неустойчивых форм жидкости при различных способах подвода энергии, затрачиваемой на процесс диспергирования, подготовки и распыливания топливовоз-

душной смеси. Выполнен анализ развития концепций авиационных мало эмиссионных камер сгорания, удовлетворяющих современным экологическим стандартам ИКАО.

Во второй главе приведено описание экспериментального стенда лазерной диагностики и основ применяемых методов бесконтактного исследования характеристик двухфазных потоков, формируемых в различных аэрозолях за фронтовыми устройствами камер сгорания различных типов. Рассмотрены основные параметры генерируемого на выходе из сопла аэрозоля, влияющие на процесс воспламенения и горения топливовоздушной смеси.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований влияния физических свойств жидкого топлива (включая биотоплива), и методов распыла и смешения с воздухом, а также режимных параметров работы фронтового устройства, влияющих на процесс дробления и распыливания в камере сгорания. На основе полученных данных, выведена критериальная теоретическая зависимость максимального Заутеровского D_{32} диаметра образующихся частиц топлива от физических свойств жидкости при пневматическом способе распыливания. В качестве объектов исследования были выбраны разработанные в ЦИАМ два типа горелок: одна двухканальная по топливу комбинированная центробежно-пневматическая, и вторая одноканальная пневматическая. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили сделать следующие выводы:

1) Исследование особенностей распыливания жидкостей с различными физическими свойствами позволило обосновать предположение о вихревом механизме процесса распада жидкого пленок на капли. Угол раскрытия факела при гидравлическом распыливании зависит в большей степени от вязкости жидкости, а удаленность точки распада пленки от выходного сечения сопла, в основном, от коэффициента поверхностного натяжения.

2) Характер влияния свойств жидкости на мелкость аэрозоля зависит от способа дробления жидкости на капли. При центробежном способе распыла без подачи воздуха наибольшее влияние на мелкость капель оказывает вязкость жидкости, при центробежно-пневматическом способе (с одинаковым порядком скоростей жидкости и воздуха) - поверхностное натяжение. При пневматическом способе распыла линейный размер капель определяется преимущественно воздушным потоком независимо от свойств жидкости.

3) Разработано и исследовано модельное биотопливо (в пропорции 40% керосина ТС-1, 20% касторового масла, и 40% этилового спирта), как наиболее однородная и хорошо перемешанная смесь без осадков и расслоения.

4) На основе экспериментальных данных, выведена обобщенная зависимость максимального диаметра капель (D_{32}) от физических свойств жидкости.

В четвертой главе представлены результаты разработки, и исследования метода подготовки равномерной смеси жидкого топлива с воздухом во фронтовом устройстве авиационной мало эмиссионной камеры сгорания. С помощью данного метода проведено расчетно-экспериментальное проектирование, и испытание фронтового модуля с пневмораспылом жидкого топлива.

В заключении можно отметить, что:

1. Разработан метод подготовки равномерной смеси жидкого (в том числе альтернативного) топлива с воздухом во фронтовом устройстве авиационной малоэмиссионной камеры сгорания ГТД.
2. Разработан пневматический фронтовой модуль камеры сгорания, формирующий на выходе из сопла равномерную смесь жидкого топлива с воздухом.
3. Разработана общая классификации воздушных завихрителей по типу закрутки потока.
4. Получены экспериментальные данные по влиянию физических свойств жидкых альтернативных топлив на характеристики аэрозоля при различных способах распыла.
5. Получено значимое снижение индекса эмиссии NO_x . Результат соответствует самым перспективным требованиям ИКАО.

По автореферату имеются замечания.

1. Из текста автореферата не вполне понятно как осуществлялась статистическая обработка экспериментальных данных. Не ясно, как делается вывод о достоверности полученных результатов.
2. Не совсем ясна методика проведения эксперимента по дроблению жидкости на мельчайшие частицы.
3. Во второй главе приведено множество методов позволяющих измерить средний Заутеровский диаметр частиц аэрозоля и объемную концентрацию частиц. Не совсем понятно, почему были выбраны бесконтактные методы РДРА и МФПО.

Заключение по диссертационной работе.

В целом, на основании автореферата, можно сделать вывод о том, что представленная диссертация отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор диссертации О.Г. Челебян заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

12.05.17 г.

Доцент кафедры «Летательных аппаратов и двигателей» Иркутского филиала МГТУ ГА
кандидат технических наук, доцент



Сафарбаков Андрей Мирсасимович.



Сафарбакова А.М.
А. А. Бородин