

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Чикишева Леонида Михайловича
«Физическое моделирование процессов переноса в камерах сгорания с закруткой потока», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертационная работа Чикишева Л.М. посвящена диагностике и анализу структуры и динамики закрученного течения, процессов переноса пассивной примеси, моделирующей топливо и стабилизации фронта пламени в модельных камерах сгорания газотурбинных двигателей (ГТД), в том числе в условиях повышенного давления и температуры воздуха на входе в объект исследования (до 2 атм.) с применением лазерно-оптических методов диагностики – 2D PIV (анемометрии по изображениям трассерных частиц), PLIF (плоскостной лазерно-индущированной флуоресценции), хемилюминесценции OH , с применением методов численного моделирования – POD (метода главных компонент) и DMD (метода разложения по динамическим модам).

Актуальность и практическая значимость работы связаны с необходимостью получения в условиях, в т.ч. приближенных к натурным, подробных и достоверных массивов экспериментальных данных о структуре и газодинамических характеристиках потока в малоэмиссионных камерах сгорания (МЭКС) российских перспективных авиационных ГТД экспериментальными методами высокого пространственного, временного и параметрического разрешения с последующим детальным вычислительным анализом. Получаемые при этом данные необходимы как для первичного изучения исследуемых процессов горения в модельных объектах, так и для верификации моделей и результатов численного моделирования натурных промышленного исполнения камер сгорания.

В Первой главе выполнен критический анализ научной литературы по теме исследования, затрагивающий рассмотрение основных проблем создания технологий малоэмиссионного сжигания топлива, методов оптической диагностики потоков; представлена информация по экспериментальным стендам и опытным отсекам камер сгорания с оптическими окнами для исследования процессов с применением лазерно-оптических и видео методов. Во Второй главе описаны используемые экспериментальный стенд и объекты испытания – однофорсуночные отсеки модельных камер сгорания с оптическим доступом,

используемые лазерные и видео системы диагностики. В Третьей главе приводятся и анализируются полученные автором результаты экспериментального исследования структуры и динамики течения в модельной камере сгорания с использованием в качестве топлива метана CH_4 , в сопоставлении с результатами численного моделирования методом крупных вихрей. Анализируется структура пламени, в том числе когерентные вихревые структуры в сильно закрученном течении, являющиеся, как известно, проявлением прецессии вихревого ядра с формированием соосно вращающихся вихревых жгутов. В Четвертой главе представлены и проанализированы результаты, полученные в выполненнном автором расчетно-экспериментальном исследовании процессов с горением в модельной камере сгорания с модельным двухконтурным форсуночным (фронтовым) устройством по типу устройства фирмы TURBOMECA. Проанализированы поля скорости газа и концентрации, так называемой, пассивной примеси, поля их пульсационных турбулентных составляющих. Приведены полученные количественные оценки коэффициентов турбулентной вязкости и турбулентного числа Шмидта и Струхаля (5-я глава). В Пятой главе обширно представлены полученные автором результаты исследования турбулентного переноса и смешения топлива в однофорсуночном отсеке модельной камеры сгорания с форсуночным устройством типа TURBOMECA, с подачей топлива (CH_4) в форсунки пилотного и основного контура. Динамика потока иллюстрируется движением выявленных крупных когерентных вихревых структур. Интенсивность турбулентного массопереноса оценивалась на уровне равно или более 60%. При этом в численном моделировании смешение анализировалось с применением функции плотности вероятности пульсаций концентрации компонентов, в том числе пассивной примеси; распределение когерентной и стохастической компонент пульсаций параметров рассматривалось раздельно. Представлены и проанализированы полученные одновременно поля скорости и концентрации топлива (CH_4), полученные для режимов подачи топлива в форсунки пилотного и основного контура двухконтурного форсуночного устройства. Выявлена и проанализирована структура потока с проявлением двух типов POD-мод – поперечных и продольных; выявлено, что с увеличением номера моды в турбулентном энергетическом спектре кинетическая энергия моды снижается. Из сопоставительного анализа осредненных по времени и мгновенных полей скорости и интенсивности LIF- OH – концентраций для пламени воздух- CH_4 при нормальных и немного повышенных давлениях газа делается заключение о

положении и смещении фронта пламени вдоль продольной оси форсуночного устройства. При повышенных параметрах (p_k , T_k) фронт пламени сдвигается вглубь смесительного канала форсуночного устройства, распространяясь навстречу врачающемуся потоку, подпитываясь энергией и веществом от центральной пилотной струи. Из анализа структуры зарегистрированных картин распространения интенсивности OH^* -хемилюминесценции и выявленных характерных мод колебаний свойств потока «прописывается» предполагаемый механизм колебательного движения фронта пламени навстречу набегающему потоку топливовоздушной смеси, с периодическим его отрывом и возобновлением горения из-за диффузационной поддержки от пилотной топливной струи и зоны обратного тока.

Научная новизна и практическая ценность. Результаты работы являются значимыми для российской практики научных фундаментально-прикладных исследований, которые заключаются в выявлении с использованием современных лазерно-оптических средств диагностики: а) двух спиральных вихрей, располагающихся во внутреннем и внешнем слоях смешения возвратно-циркуляционных зон, создаваемых в следе за двухконтурным форсуночным устройством с интенсивными завихрителями; б) оценен вклад в турбулентный тепло-массоперенос различных составляющих изучаемого процесса горения с закруткой, с когерентными структурами и сопровождающимися пульсациями параметров потока. **Практическая значимость** состоит в том, что разработан, изготовлен и применён уникальный однофорсуночный отсек камеры сгорания с оптическим доступом; отработаны технологии и показаны результаты измеренных одновременно полей скорости лазерно-оптическим методом PIV и мгновенного положения фронта пламени по полям концентрации радикала OH^* методом PLIF.

Апробация результатов: результаты диссертационной работы достаточно апробированы участием автора с докладами на большом числе (около 30) российских и международных конференций, семинаров и конгрессов; результаты представлены в 24 статьях в журналах из перечня ВАК.

Замечания к представленным результатам:

1) Созданные в работе объекты исследования – однофорсуночные рабочие участки и отсек с боковым оптическими окнами для лазерно-оптических измерений представлены схематично, мелко и без сообщения количественных значений геометрических, расходных и режимных параметров по воздушному и

топливному контурам; не показаны места подвода пилотного и основного топлива;

2) Отсутствуют, аналогично замечанию из п.1, какие-либо сведения о созданном экспериментальном стенде – нет фотографий, схемы ПГС, перечня основных стендовых параметров и погрешностей их измерения;

3) В подрисуночных надписях и по тексту не приведены значения технических параметров – параметров режима, координаты сечений (не везде), иллюстрирующих результаты, в т.ч. нигде по тексту не приведены значения основных критериев подобия – приведенной скорости, числа Маха, числа Рейнольдса, чисел тепло-массообмена, в т.ч. потерь полного давления, полноты сгорания топлива или эмиссии вредных веществ (за исключением в одном месте числа Шмидта и в другом - Струхала). Также отсутствуют значения конкретных условий экспериментов и расчетов – давления, температуры, времени пребывания газа, расходы топлива, коэффициентов избытка воздуха, в т.ч. коэффициентов избытка воздуха вблизи границы «бедного» срыва пламени и т.п., что важно для отработки технологии МЭКС; не приведено сравнение собственных результатов экспериментов и численного моделирования с результатами других известных исследований;

4) Не приведены, в частности под рисунком 2 и по тексту автореферата сведения о марках и технических параметрах используемых электронно-оптических компонентов измерительных систем PIV и PLIF – энергии, мощности и длины волн излучения, частоты импульсов лазерного излучения, CCD-камер, типы органических красителей;

5) В автореферате, в сведениях по обзорной главе, отсутствует упоминание или ссылки на владеющих подобной лазерно-оптической диагностической и полученные результаты национальных лабораторий, двигателестроительных фирм, институтов/университетов, ученых, работы которых изучались и результаты которых брались для сравнения.

Заключение. Рассчитываем, что автор диссертационной работы часть замечаний сочтет полезными и учтет их при подготовке диссертационного доклада. В тоже время, диссертационная работа, своими используемыми сложными технологиями лазерно-оптических измерений мирового уровня, получением и обработкой уникальных результатов вносит существенный вклад в развитие критических для российской науки и практики технологий, является активным продолжением ранее выполненных российских диссертационных исследований и, в связи с этим, достойна быть одобренной. В целом, по объему

и качеству представленных результатов, по степени аprobированности результатов и количеству статейных публикаций диссертация является целостным научным трудом и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Чикишев Леонид Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

16 декабря 2022 г.

Профессор, заведующий кафедрой «Теплотехника и тепловые двигатели»

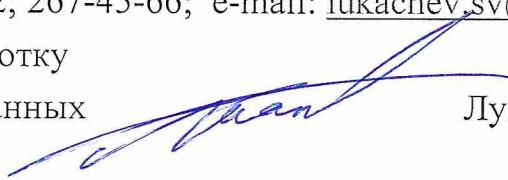
Самарского университета; Доктор технических наук,

05.07.05. Тепловые двигатели летательных аппаратов;

тел.: +7(846) 335-18-12; 267-45-66; e-mail: lukachev_sv@ssau.ru

Даю согласие на обработку

своих персональных данных

 Лукачёв Сергей Викторович

Доцент кафедры «Теплотехника и тепловые двигатели»,

Старший научный сотрудник, научный руководитель лаборатории лазерной диагностики структуры потока Научно-образовательного центра газодинамических исследований (НОЦ ГДИ) Самарского университета,

кандидат технических наук; 05.07.05. Тепловые двигатели летательных аппаратов; тел.: +7(846) 267-47-70;

+7-908-414-93-34; e-mail: didenko_aa@ssau.ru

Даю согласие на обработку

своих персональных данных



Диденко Алексей Александрович

Подписи С.В. Лукачёва и А.А. Диденко удостоверяют

Учёный секретарь Самарского университета

Доктор технических наук, профессор

 Кузьмичев Венедикт Степанович

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет)

Россия, 443086, г. Самара, ул. Московское шоссе, д.34

Тел.: +7 (846) 335-18-26; e-mail: ssau@ssau.ru