

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Толстогузова Романа Владимировича
**«Экспериментальное исследование структуры импактной струи
с закруткой и горением»**, представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика
и теоретическая теплотехника

Диссертационная работа Толстогузова Р.В. посвящена выполнению экспериментального исследования по влиянию плоской холодной преграды на структуру потока импактной газовой струи с закруткой и горением. В качестве рабочего тела (окислителя) используется воздух, в качестве топлива - метан CH_4 , воздух вытекает из профилированного сопла с выходным диаметром $d_c = 15$ мм. Работа выполняется с применением лазерно-оптических методов диагностики – PLIF OH и CH_2O (плоскостной лазерно-индуцированной флуоресценции молекул гидроксила OH и формальдегида CH_2O) – для измерения температуры газа и пламени и 2D PIV (анемометрии по изображениям трассерных частиц) - для измерения скорости газа в струе, а также с применением методов численного моделирования POD (метода главных компонент) - для выявления в исследуемой турбулентной струе когерентных образований.

В данной работе метод PLIF описывается и применяется автором в двух вариантах - в качестве 1) метода «Two-line» PLIF, который основан на измерении и использовании отношения интенсивностей I_1/I_2 двух заранее выбранных линий перехода молекулы OH (или CH_2O) при их возбуждении из основного электронного состояния в одно верхнее электронное состояние электронной системы $A^2\Sigma^+ - X^2\Pi$, и 2) в качестве метода «Thermally-assisted» PLIF – метода термической активации молекул OH , что связано с их переходом по линии, например, $Q_1(8)$ из исходного электронного состояния $X^2\Pi$ на колебательные подуровни первого возбужденного электронного состояния $A^2\Sigma^+$ с последующим возвращением их обратно в режиме флуоресценции по переходам (2-0) (измеряется интенсивность I_1) и (1-1), (0-0) (измеряется I_2).

Во всех своих частях диссертационная работа Толстогузова Р.В. является продолжением и значимым результатом ранее уже выполненных кандидатских и докторских диссертационных работ, можно уже сказать, школы по лазерно-оптической диагностике реагирующих газовых потоков, которая в последние годы формируется в Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН.

Актуальность и практическая значимость работы в следующем:

- в работе демонстрируется аппаратная реализация и отработка методик калибровки и применения двух вариантов метода PLIF, что будет способствовать расширению их применения в российской академической, вузовской и практической науке и на предприятиях;

- фактический объект и предмет исследования – импактная струя и структура потока – широко применяются в технике – в различных энергоустановках и в тепловых двигателях. Поэтому полученные результаты окажутся весьма полезными на практике в различных аспектах их применения.

Анализ содержания работы:

В первой главе (по тексту самой диссертации) представлен лаконичный, но с широким охватом вопросов анализ научной литературы. В автореферате он представлен без имён ученых, иллюстраций, значений параметров, без критики методов измерения и исследования.

Вторая глава полностью исправляет ситуацию – в ней подробно представлено: описание используемых методик измерения, экспериментальных стендов, результаты численного моделирования и измерения спектров возбуждения и флуоресценции OH и CH₂O; приведено сравнение результатов измерения поля температуры газа в пламени бунзеновской горелки.

В главе описаны основы применения методов «Two-line» PLIF и «Thermally-assisted» PLIF, включая их аппаратный состав, калибровку и порядок применения до получения и обработки результатов, а также кратко описано применение метода PIV.

Температура в пламени в нескольких сечениях измерялась также с помощью термопары. Термопарные измерения использовались для получения калибровочных кривых и установления величин измеряемых интенсивностей. Расхождение в значениях температуры двух лазерных методов составляет СКО = ± 75 К (т.е. $\pm 4,3$ % от средней температуры $T = 1750$ К). В качестве методических сложностей использования метода «Two-line» PLIF отмечается необходимость вводить корректирующие поправки, учитывающие неравномерность излучения в каждом из двух лазерных «ножей» и неодинаковую чувствительность двух регистрирующих ПЗС-фотовидеокамер.

В третьей главе, применительно к импактной струе без закрутки и с закруткой и горением, описаны измерительная система PIV и результаты её применения, представленные в форме полей скорости в широком диапазоне конструктивных и режимных параметров H/d , Re , φ (эквивалентное отношение

топливо/воздух). По результатам анализа структуры полей скорости вблизи импактной поверхности предложен механизм возникновения возвратного течения при натекании струи на преграду; в случае струи с пламенем возвратное течение сопровождается понижением температуры газа вблизи преграды.

В четвертой главе описана измерительная PLIF-система, используемая для одновременной регистрации полей скорости и сигнала флуоресценции OH и CH_2O ; результаты представлены полями осредненной скорости и полями мгновенной скорости и сигнала флуоресценции: OH и CH_2O – отдельно, OH и CH_2O – совместно для выделения области активного химического реагирования.

Применяя метод главных компонент POD, мгновенная структура турбулентного потока в закрученной струе с пламенем представлена суперпозицией выявленных когерентных образований в струе, с возможным определением пульсаций структуры поля и параметров течения, для исходных параметров эксперимента $H/d = 1$ и 3 , $Re = 5000$, $\varphi = 0,7$ (бедная топливно-воздушная смесь), $S = 0,41$ (слабая) и $S = 1,0$ (сильная закрутка потока).

Апробация результатов: работы Толстогузова Р. В. состоялась его участием в большом числе научно-технических конференций и семинаров – 9; им опубликовано 18 работ, из них 13 в форме статей в ведущих журналах, рекомендованных ВАК; на лазерно-оптический метод получен патент.

Замечания по представленным результатам:

1) В автореферате и в диссертации не представлен рисунок в техническом исполнении со схемой экспериментального стенда и лазерно-оптической установкой. Не указаны диапазоны и погрешности измерения стендовых параметров, не указаны модели измерителей физических параметров.

2) В диссертации отсутствует сравнение получаемых результатов с помощью отработанных или используемых автором методов OH -PLIF, CH_2O -PLIF и 2D PIV с результатами российских и зарубежных исследований для ламинарного и турбулентного пламени в струях, в т.ч. с закруткой потока.

3) В промышленных приложениях, в частности в авиационном двигателестроении, устройств с закруткой потока и с пламенем, в частности для воздушных завихрителей, устоялось применение терминов «лопатки» и «лопаточный завихритель», но не «лопасти» или «лопастной завихритель»;

На рисунке 1.2.2 (с.31 диссертации) представленные в ряд осевые завихрители названы, ошибочно, тангенциальными.

Пожелания. Для проверки адекватности экспериментально полученной с помощью лазерных методов структуры потока с пламенем в виде изолиний

температуры газа и скорости можно воспользоваться подобными данными из книг Льюис, Эльбе «Горение, пламя и взрывы в газах» (1968), а также Вулис, Ярин «Аэродинамика факела» (1978).

Заключение. В целом, по объёму и качеству представленных результатов, по глубине рассмотрения методических вопросов и их актуальности, степени апробированности результатов и количеству статейных публикаций диссертация является целостным научным трудом и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Толстогузов Роман Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

01 ноября 2023 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 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 удостоверяю:

Учёный секретарь Самарского университета

Кандидат технических наук



Васильева Ирина Павловна

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