

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.379.10,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 декабря 2023 г. № 11
о присуждении Идрисову Дмитрию Владимировичу, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка метода определения границ проскока пламени при использовании метано-водородного топлива в камерах сгорания газотурбинных двигателей и энергетических установок» по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов принята к защите 17 октября 2023 г. (протокол заседания № 7) диссертационным советом 24.2.379.10, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34) приказом Минобрнауки России №229/нк от 14 февраля 2023 г.

Соискатель Идрисов Дмитрий Владимирович, 28 февраля 1994 года рождения, в 2019 году освоил программу специалитета по специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», в 2023 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» по направлению подготовки 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель исследователь», работает младшим научным сотрудником Научно-образовательного центра газодинамических исследований федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре теплотехники и тепловых двигателей федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Матвеев Сергей Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева».

Официальные оппоненты:

Шайкин Александр Петрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет», профессор кафедры «Энергетические машины и системы управления»;

Тесля Денис Николаевич, кандидат технических наук, военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», старший преподаватель кафедры авиационных двигателей, -

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании кафедры реактивных двигателей и энергетических установок, подписанном профессором кафедры доктором технических наук, профессором Мингазовым Биалом Галавтдиновичем, профессором кафедры доктором технических наук, доцентом Варсеговым Вадимом Львовичем, заведующим кафедрой кандидатом технических наук, доцентом Лопатиным Алексей Александровичем, и утвержденном и.о. проректора по научной и инновационной деятельности доктором технических наук, доцентом Бабушкиным Виталием Михайловичем, указала, что диссертационная работа Идрисова Дмитрия Владимировича является законченной научной работой, в которой содержатся результаты разработки метода определения границ проскока пламени при использовании метано-водородного топлива в камерах сгорания газотурбинных двигателей и энергетических установок. Обоснованность и достоверность основных

положений и выводов работы подтверждается: применением сертифицированного коммерческого программного комплекса ANSYS Chemkin; применением сертифицированного коммерческого программного комплекса ANSYS Fluent, верифицированного на задачах расчета газодинамических реагирующих течений по результатам сравнения с экспериментальными данными, полученными в научно-образовательном центре газодинамических исследований Самарского университета; использованием в экспериментальном исследовании поверенных средств измерения и аттестованного измерительного оборудования; высоким уровнем согласования результатов численного моделирования с данными, полученными в ходе экспериментальных исследований горелочных устройств, модельных камер сгорания и натурального авиационного ГТД. При написании диссертации соискатель дал все необходимые ссылки на авторов и источники литературы, откуда он заимствовал материалы или отдельные результаты. Полученные теоретические и практические результаты достоверны и достаточны для обоснования сделанных выводов. Название и содержание работы соответствуют специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов и отвечает формуле специальности в областях науки «об энергетических основах, схемах, параметрах, рабочем процессе двигателей и энергетических установок летательных аппаратов различного назначения, методах их расчета и проектирования».

Результаты, представленные в диссертационной работе, получены автором лично в процессе научной деятельности. Рассматриваемая диссертация выполнена на высоком уровне, носит законченный характер и соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Идрисов Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Соискатель имеет 31 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 3 работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК России, 2 работы - в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, 5 работ - в материалах конференций. Суммарный объем принадлежащего соискателю опубликованного материала составляет 7,69 печатных листов. Из материалов совместных публикаций лично соискателю принадлежат: метод определения границ устойчивой работы при использовании метано-водородного топлива в камерах сгорания газотурбинных двигателей и энергетических установок, результаты по измерению нормальной скорости распространения пламени для различного жидкого и газообразного топлива, методики расчета нормальной скорости распространения пламени,

обзор и валидация кинетических механизмов метано-водородного топлива, технология модернизации стенда и установок для исследования механизмов горения метано-водородного топлива, разработка. В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые работы:

1) Гураков Н.И. Расчетно-экспериментальное исследование горения метановодородных смесей в модельной камере сгорания газотурбинной установки / Н.И. Гураков, О.В. Коломзаров, Д.В. Идрисов, и др. // Физика горения и взрыва — 2023. — №2. — С. 16-23 (научная статья 0,5 п.л. / 0,25 п.л.);

2) Идрисов Д.В. Границы устойчивости пламени метан-водородных смесей / Д.В. Идрисов, Н.И. Гураков, О.В. Коломзаров, и др. // Краткие сообщения по физике – 2023. — №4. — С. 44-54 (научная статья 0,68 п.л. / 0,34 п.л.);

3) Семенихин А.С. Кинетические модели горения метановодородных смесей: краткий обзор и их валидация / А.С. Семенихин, С.С. Матвеев, Д.В. Идрисов, и др. // Теплоэнергетика. — 2022. — № 10. — С. 79-89 (научная статья 0,68 п.л. / 0,34 п.л.);

4) Zubrilin I.A. Measurements and experimental database review for laminar flame speed premixed CH₄/air flames / I.A. Zubrilin, S.S. Matveev, S.G. Matveev, D.V. Idrisov // IOP Conference series: Materials Science and Engineering. – 2018. – V.302. - №.1. – P. 1-7 (научная статья 0,44 п.л. / 0,22 п.л.);

5) Matveev S.S. Simulation of CO and CO₂ emissions in model combustion chamber based on the combination LES and Reactor Network Model / S.S. Matveev, N.I. Gurakov, D.V. Idrisov, et al. // E3S Web of Conferences. – 2019. – V.80. - №.1. – P. 1-5 (научная статья 0,31 п.л. / 0,16 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов от организаций:

1) ПАО «ОДК-Кузнецов», отзыв составлен и подписан Хвацковым Борисом Евгеньевичем, к.т.н., ведущим специалистом ОИР СГК;

2) АО «ОДК-Климов», отзыв составлен и подписан Андреевым Владимиром Васильевичем, к.т.н., доцентом, ведущим специалистом бригады камер сгорания и выходных устройств и Бахышовым Максимом Тахировичем, инженером-конструктором первой категории бригады камер сгорания и выходных устройств;

3) Опытнo-конструкторское бюро им. А. Люльки» филиал ПАО «ОДК-УМПО», отзыв составлен и подписан Федоровым Сергеем Андреевичем, начальником отдела КС, ФК и РС и Ярмаш Александром Дмитриевичем, к.т.н., инженером-конструктором первой категории отдела КС, ФК и РС;

4) АО «Металлист-Самара», отзыв составлен и подписан Федорченко Дмитрием Геннадьевичем, к.т.н., главным конструктором и Цыбизовым Юрием Ильичом, д.т.н., профессором, ведущим конструктором;

5) ФГБУН «Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского» Сибирского отделения Российской академии наук, отзыв составлен и подписан Шмаковым Андреем Геннадьевичем, д.т.н., заведующим лабораторией кинетики процессов горения;

6) ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», отзыв составлен и подписан Ковальновым Владиславом Николаевичем, д.т.н., доцентом, заведующим кафедрой «Тепловая и топливная энергетика»;

7) ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», отзыв составлен и подписан Муратовым Алексеем Владимировичем, к.т.н., заведующим кафедрой «Тяговый подвижной состав» и Свечниковым Александром Александровичем, к.т.н., доцентом кафедры «Тяговый подвижной состав».

Критическими замечаниями в представленных отзывах являются: из автореферата не совсем понятно с каким шагом значений R_H в диапазоне от 0 до 100% получены зависимости, позволяющие моделировать нормальную скорость распространения метано-водородного пламени; не представлены данные о влиянии доли водорода в топливе на основные расчетные параметры модельной и реальной камер сгорания по полям, полноте, потерям, температуре стенок и выбросам вредных веществ (кроме CO_2), которые получены с использованием стандартных средств ANSYS и разработанной методики определения нормальной скорости распространения пламени; из автореферата не понятно, проводилось ли исследование влияния добавки водорода на отрыв факела.

В полученных отзывах отмечено, что указанные замечания в целом не снижают высокой оценки работы, а сама диссертационная работа отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Идрисову Д.В. ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Выбор Шайкина Александра Петровича в качестве официального оппонента обосновывается его компетенциями в области исследований связанных с проектированием камер сгорания силовых установок, математическими методами моделирования рабочих процессов силовых установок, математическими методами моделирования процессов горения, исследованием особенностей распространения пламени и горения метано-водородных смесей в энергоустановках и двигателях.

Выбор Тесля Дениса Николаевича в качестве официального оппонента обосновывается компетенциями в области исследований процессов в камерах сгорания авиационных двигателей, эффективной стабилизации пламени, расчета характеристик распыливания; проектирования и моделирования форсажных камер сгорания.

Выбор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» в качестве ведущей организации обосновывается наличием специалистов, таких как д.т.н., профессор, кафедры реактивных двигателей и энергетических установок Мингазов Биал Галавтдинович, д.т.н., профессор, кафедры реактивных двигателей и энергетических установок, Александров Юрий Борисович, к.т.н., доцент, кафедры реактивных двигателей и энергетических установок, Лопатин Алексей Александрович, к.т.н., заведующий кафедрой реактивных двигателей и энергетических установок, области компетенций которых связаны с вопросами исследования рабочих процессов в камерах сгорания авиационных газотурбинных двигателей; разработкой основ практического применения теории турбулентного горения в камерах сгорания различного назначения; экспериментально-теоретического исследования внутрикамерных процессов, позволяющих установить взаимосвязь основных характеристик камер сгорания и двигателя.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

- кинетический механизм окисления метано-водородного топлива, позволяющий моделировать нормальную скорость распространения пламени с более высокой точностью, применительно к параметрам рабочего процесса камер сгорания авиационных ГТД и ГТУ, отличающийся дополнительным набором элементарных реакций и уточненными константами их скоростей;
- комплекс экспериментальных установок и моделей для исследования механизмов горения метано-водородных и водородных топлив.

предложены:

- метод, позволяющий определять границы проскока пламени в горелочных устройствах модельных и полноразмерных камер сгорания, отличающийся уточненным кинетическим механизмом окисления метано-водородного топлива и учетом нормальной скорости распространения пламени, зависящей от температуры, давления и состава смеси;
- новые зависимости, позволяющие моделировать нормальную скорость распространения метано-водородного пламени, применительно к

параметрам рабочего процесса камер сгорания авиационных ГТД и ГТУ, отличающиеся учетом более широкого диапазона температур, давлений, состава смеси и видом используемого топлива;

доказана:

– перспективность использования разработанного метода определения проскока пламени при горении метано-водородного топлива в камерах сгорания авиационных газотурбинных двигателей и энергетических установок, объединяющего уточненную химическую кинетику окисления метано-водородного топлива и новые зависимости для нормальной скорости распространения метано-водородного пламени.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены новые экспериментальные зависимости нормальной скорости распространения метано-водородного пламени, расширяющие существующую статистику и полученные методом нулевого теплового потока с погрешностью определения до 10%, что на 30% превосходит альтернативные методы, используемые на протяжении многих лет;

проведена модернизация кинетической модели горения метано-водородного топлива, отличающаяся дополнительным набором четырех элементарных реакций и уточнением констант их скоростей;

раскрыто и установлено влияние совокупности факторов (химическая кинетика, физико-химические свойства и газодинамические свойства потока) на проскок пламени;

изучены методы определения границ проскока пламени в камерах сгорания газотурбинных двигателей и энергетических установок;

доказана возможность повышения точности определения границ проскока пламени на этапе предварительного проектирования камер сгорания ГТД и ГТУ за счет применения разработанного метода;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– предложенный в диссертации метод определения границ проскока пламени при использовании метано-водородного топлива в камерах сгорания газотурбинных двигателей и энергетических установок **использовался при проектировании и создании** опытного образца камеры сгорания ГТЭ-65.1 в рамках выполнения договора с АО «Силовые Машины» «Создание опытного образца камеры сгорания газотурбинной установки ГТЭ-65.1 с низкими выбросами оксидов азота для работы на метано-водородной смеси. Эскизный проект.»;

– **разработана и внедрена** кинетическая модель горения метано-водородного топлива, использованная для решения задач в рамках научно-

исследовательских работ гранта РНФ №22-79-10205 «Механизмы снижения вредных выбросов в энергетических установках за счет использования водорода и метано-водородных видов топлива»;

– отработанная технология проведения экспериментов по исследованию рабочего процесса камер сгорания, работающих на метано-водородном топливе, **использована** при выполнении работ в рамках гранта Инновационного фонда Самарской области «Формирование конструктивного облика камеры сгорания, работающей на перспективном виде топлива»;

– результаты и методический подход диссертационной работы **применялись при разработке** малоэмиссионных камер сгорания изделий ПАО «ОДК-Кузнецов» (подтверждено актом внедрения).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты **экспериментальных исследований** получены на поверенных средствах измерения и аттестованном измерительном оборудовании;

теория построена на известных, проверенных положениях моделирования течений топливоздушнoй смеси в трехмерной стационарной постановке на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса и кинетических реакторных моделей, описываемых множеством уравнений законов сохранения химической кинетики и гидродинамики;

идеи базируются на обобщении передового опыта в области трехмерного моделирования процессов в камерах сгорания ГТД и кинетического описания термохимического состояния реагирующей смеси;

установлено качественное и количественное совпадение результатов численных и натуральных экспериментов, а также результатов, полученных автором диссертации, с результатами, представленными в независимых литературных источниках по тематике исследования, когда такое сравнение является обоснованным;

использовано лицензионное программное обеспечение (ANSYS Fluent, ANSYS Chemkin) и известные численные методы, обладающие высокой точностью, при проведении вычислительных экспериментов.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании метода, позволяющего определять границы проскока пламени в горелочных устройствах модельных и полноразмерных камер сгорания, отличающегося уточненным кинетическим механизмом окисления метано-водородного топлива и учетом нормальной скорости распространения пламени, зависящей от температуры, давления и состава смеси, а также в непосредственном участии в получении исходных данных и проведении компьютерных и натуральных экспериментов, в разработке новых и модернизации существующих математических и конечно-

элементных (объемных) моделей, апробации результатов исследования и подготовке основных публикаций по выполненной работе. Все результаты, выносимые на защиту, получены автором лично, либо при его определяющем личном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: валидация кинетического механизма проведена для низких значений давлений и температур, несоответствующих реальным параметрам авиационных двигателей; отсутствует четкое обоснование внедрения коэффициента запаса, при определении границ проскока пламени, и его физический смысл в работе; в перечне публикаций по теме диссертационной работы отсутствуют публикации, написанные только соискателем.

Соискатель согласился с замечаниями, отмеченными в ходе заседания.

Диссертация Идрисова Д.В. является законченной научно-квалификационной работой, соответствует специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов и отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (пп. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней). В диссертации содержится решение научной задачи повышения точности определения границ проскока пламени при горении метано-водородного топли-ва на этапе предварительного проектирования камер сгорания авиационных газотурбинных двигателей и энергетических установок, имеющей существенное значение для развития теоретических основ проектирования двигателей и энергетических установок летательных аппаратов.

На заседании 21 декабря 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Идрисову Дмитрию Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 11, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета 24.2.379.10
академик РАН, д.т.н., профессор



Шахматов Евгений Владимирович

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.379.10
д.т.н., доцент

Виноградов Александр Сергеевич