



УТВЕРЖДАЮ

директор ФИЦ ХФ РАН
д.х.н., проф. Надточенко В.А.

19 мая 2023 г.

ВЫПИСКА
ИЗ ПРОТОКОЛА № 2

заседания семинара отдела горения и взрыва
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра химической физики
им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН)
от 12 мая 2023 г.

Председатель: главный научный сотрудник лаборатории горения ФИЦ ХФ РАН д.ф.-м.н., Крупкин В.Г.

Секретарь: старший научный сотрудник лаборатории детонации ФИЦ ХФ РАН к.ф.-м.н. Сметанюк В.А.

Присутствовали: д.ф.-м.н. Крупкин В.Г., д.ф.-м.н. Фролов С.М., д.ф.-м.н. Ассовский И.Г., д.ф.-м.н. Иванов В.С., к.т.н. Авдеев К.А., к.ф.-м.н. Аксенов В.С., к.ф.-м.н. Гусев П.А., к.ф.-м.н. Садыков И.А., к.ф.-м.н. Сметанюк В.А., к.ф.-м.н. Шамшин И.О., Силантьев А.С.

Повестка дня: обсуждение диссертационной работы Зангиева Алана Эльбрусовича «Математическое моделирование рабочего процесса в прямоточных детонационных двигателях» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Слушали: доклад научного сотрудника лаборатории детонации ФИЦ ХФ РАН Зангиева Алана Эльбрусовича «Математическое моделирование рабочего процесса в прямоточных детонационных двигателях».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра химической физики
им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН)

Диссертация «Математическое моделирование рабочего процесса в прямооточных детонационных двигателях» выполнена в лаборатории детонации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН). В период подготовки диссертации соискатель Зангиев Алан Эльбрусович работал в должности инженера-исследователя, младшего научного сотрудника и научного сотрудника лаборатории детонации ФИЦ ХФ РАН.

В 2012 году Зангиев А.Э. окончил физико-технологический факультет Национального исследовательского ядерного университета Московского инженерно-физического института (МИФИ) по специальности «Физика кинетических явлений». В 2012 году Зангиев А.Э. начал свою трудовую деятельность в лаборатории детонации ФИЦ ХФ РАН в должности инженера-исследователя. В 2016 году Зангиев А.Э. переведен на должность младшего научного сотрудника лаборатории детонации ФИЦ ХФ РАН. С 2019 года по настоящее время Зангиев А.Э. работает в должности научного сотрудника лаборатории детонации ФИЦ ХФ РАН.

Научный руководитель: Иванов Владислав Сергеевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории детонации Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН).

После доклада состоялось обсуждение работы. Вопросы задавали и участвовали в обсуждении работы:

д.ф.-м.н. Ассовский И.Г.

к.ф.-м.н. Аксенов В.С.

к.ф.-м.н. Садыков И.А.

к.ф.-м.н. Сметанюк В.А.

д.ф.-м.н. Фролов С.М.

По докладу были заданы следующие вопросы:

1. к.ф.-м.н. Аксенов В.С.: Какова логика развертки расчетных полей температуры по времени?
2. д.ф.-м.н. Ассовский И.Г.: Почему характер тяги не совпадает с характером давления?
3. к.ф.-м.н. Сметанюк В.А.: Совпадает ли тяга, рассчитанная через давление на клапане со значениями, измеренными на тяговом столе?
4. к.ф.-м.н. Садыков И.А.: Имеется ли в виду под скоростью — скорость набегающего потока воздуха или скорость выброса продуктов?
5. д.ф.-м.н. Фролов С.М.: С чем связан максимум удельного импульса на графике зависимости от скорости набегающего потока?

Докладчик подробно ответил на все заданные вопросы.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

Личное участие соискателя. Представленные в диссертационной работе результаты получены лично автором или при его непосредственном участии. Экспериментальные исследования, в том числе разработка экспериментальных образцов двигателей, проведение физико-математического моделирования, анализ результатов и оптимизация конструкции проводились лично автором.

Степень достоверности результатов. Результаты физико-математического моделирования проверены путем прямого сравнения расчетных и экспериментальных данных, в том числе полученных в исследованиях, представленных в диссертации. Результаты экспериментальных исследований подтверждены использованием апробированных методов регистрации рабочего процесса и характеристик двигателей.

Научная новизна. (1) впервые проведено физико-математическое моделирование нестационарных, многомерных, сжимаемых, многофазных, турбулентных, реагирующих течений в трактах детонационных двигателей, учитывающее как фронтальные, так и объемные режимы горения; (2) на основе многовариантных численных расчетов впервые обоснованы принципы работы прямоточного воздушно-реактивного импульсно-детонационного двигателя на жидком горючем, и проведены испытания демонстратора такого двигателя на экспериментальном стенде, а также впервые в мире в условиях реального дозвукового полета в составе беспилотного летательного аппарата; (3) на основе многовариантных численных расчетов впервые обоснованы принципы работы прямоточного воздушно-реактивного непрерывно-детонационного двигателя на водородном и жидком углеводородном горючем, разработан компактный демонстратор такого двигателя и впервые проведены его испытания в условиях обдува сверхзвуковым воздушным потоком при числах Маха от 1.5 до 2.5; (4) впервые доказана возможность применения непрерывно-детонационного двигателя при очень низких скоростях набегающего воздушного потока (ниже $M = 1.5$), недостижимых при использовании прямоточных воздушно-реактивных двигателей на медленном горении.

Теоретическая и практическая значимость работы. Физико-математическое моделирование рабочего процесса в ИДД и НДД показало возможность значительного снижения затрат на проектирование реальных силовых установок нового поколения. Принципы, положенные в разработку облика энергоэффективных ИДД и НДД, а также сам облик двигателей могут стать основой проектирования и масштабирования новых систем реактивного движения, работающих на детонационном горении газообразных и жидких топлив. Созданные и испытанные компактные демонстраторы ИДД и НДД доказали перспективность их применения в летательных аппаратах различного назначения. Впервые была доказана

возможность снижения числа Маха набегающего воздушного потока для НДД с воздухозаборным устройством до $M = 1.5$ с сохранением положительной эффективной тяги.

Ценность научных работ. Ключевые результаты диссертационной работы докладывались соискателем на: конференции отдела горения и взрыва ФИЦ ХФ РАН (Москва, Россия 2012–2018); научной сессии НИЯУ МИФИ (Москва, Россия 2012–2015); VII Международном коллоквиуме по импульсной и непрерывной детонации ICPCD (Будва, Республика Черногория 2012); VIII Международном коллоквиуме по импульсной и непрерывной детонации ICPCD (Пушкин, Россия 2014); IX и X Международном коллоквиуме по импульсной и непрерывной детонации ICPCD (Санкт-Петербург, Россия 2016, 2018); Семинаре по горению и взрыву COMBEX (Рамзау, Австрия 2013); Минском международном коллоквиуме по физике ударных волн, горения и детонации (Минск, Беларусь 2013, 2015).

Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

По материалам диссертации опубликовано 7 работы, из них 6 работ опубликовано в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Материалы диссертации полностью изложены в опубликованных работах.

Диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и «Изменений, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации № 335 от 21 апреля 2016 года, и является научно-квалификационной работой, в которой определены и обоснованы принципы работы прямоточного воздушно-реактивного импульсно-детонационного и непрерывно-детонационного двигателей с учетом фронтальных и объемных режимов горения. Диссертация

рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Заключение принято на заседании отдела горения и взрыва ФИЦ ХФ РАН. Присутствовало 11 чел. Результаты голосования:

«За» — 11,

«Против» — нет,

«Воздержалось» — нет.

Председатель семинара

заведующий лабораторией горения ФИЦ ХФ РАН

д.ф.-м.н.



В.Г. Крупкин

Секретарь семинара

старший научный сотрудник

лаборатории детонации ФИЦ ХФ РАН

к.ф.-м.н.



В.А. Сметанюк