

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.243.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ
ИМ. Н.Н. СЕМЁНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ФИЦ ХФ
РАН), ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 07.12.2022, протокол № 22
о присуждении Садыкову Ильясу Александровичу ученой степени
кандидата физико-математических наук

Диссертация «Новые принципы преобразования химической энергии топлива в кинетическую энергию движения жидкости» в виде рукописи по специальности 1.3.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества принята к защите 03 октября 2022 года (протокол № 17) диссертационным советом 24.1.243.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук, 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4, приказом Рособнадзора № 105 н/к от 11 апреля 2012 года.

Соискатель **Садыков Ильяс Александрович** родился 30 ноября 1993 года, гражданин Российской Федерации. В период с 01 сентября 2011 года по 30 июня 2017 года обучался на физико-технологическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», где ему была присвоена степень магистра по направлению «Ядерная физика и

технологии». С 02 октября 2017 года по 30 сентября 2021 года Садыков И.А. обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук по специальности 01.04.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества. С 01 сентября 2017 года по 15 марта 2019 года Садыков И.А. работал инженером-исследователем лаборатории детонации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук. С 18 марта 2019 года по 15 мая 2020 года Садыков И.А. работал младшим научным сотрудником лаборатории детонации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук. С 18 мая 2020 года и до настоящего времени Садыков И.А. работает научным сотрудником в лаборатории детонации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории детонации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук.

Научный руководитель – **Фролов Сергей Михайлович**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории детонации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. **Власенко Владимир Викторович**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, доцент, заместитель начальника лаборатории № 14 физического и численного моделирования течений с турбулентностью и горением отделения аэродинамики силовых установок Федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени проф. Н. Е. Жуковского»

2. **Фомин Павел Аркадьевич**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории газовой детонации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН)**, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном старшим научным сотрудником лаборатории механики сложных жидкостей ИПМех РАН, кандидатом физико-математических наук **Федюшкиным Алексеем Ивановичем** и утвержденном директором ИПМех РАН, член-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук **Якушем Сергеем Евгеньевичем**, указала, что:

1). Название диссертационной работы является чересчур общим. В работе речь идет не о новых принципах, а, скорее, о детальном исследовании нескольких способов получения направленного движения жидкости при сгорании топлива — детонационная труба и горение в днищевой каверне.

2). В обзоре работ по исследованию передачи импульса от ударной волны к пузырьковой среде стоило бы отметить, что зависимость импульса от объемного газосодержания имеет максимум, лежащий выше 30 %. Данная область газосодержаний не исследовалась в работе.

3). В главе 4 не приведены данные по уровню турбулентности. Это затрудняет оценку целесообразности использования уравнений Навье-Стокса с осреднением по Рейнольдсу в физико-математической модели. Вполне вероятно, что влияние турбулентности в каверне будет слабым, особенно если учесть, что скорость пламени в экспериментах близка к ламинарной.

4). Для оценки практической применимости предлагаемых решений, основанных на использовании энергии детонации, важно было бы оценить уровень создаваемых при работе двигателя шумов и сопоставить их с шумом традиционных двигателей. Такие оценки могли быть получены в проведенных экспериментальных исследованиях.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации — 5 работ. Работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях — 4, общим объемом 2 печатных листа.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Фролов С.М., Аксенов В.С., Садыков И.А., Авдеев К.А., Шамшин И.О. Водометный движитель с импульсно-детонационным горением жидкого топлива // Доклады Академии наук. — 2017. — Т. 475, № 3. — С. 281–285.

2. Авдеев К.А., Аксенов В.С., Садыков И.А., Фролов С.М., Фролов Ф.С., Шамшин И.О. Исследование цикловой неидентичности при работе импульсно-детонационного гидрореактивного движителя // Горение и взрыв. — 2021. — Т. 14, № 1. — С. 38–46.

3. Frolov S.M., Platonov S.V., Avdeev K.A., Aksenov V.S., Ivanov V.S., Zangiev A.E., Sadykov I.A., Tukhvatullina R.R., Frolov F.S., Shamshin I.O. Pulsed combustion of fuel–air mixture in a cavity under the boat bottom: modeling and experiments // Shock Waves. — 2022. — V. 32, № 1. — P. 11–24.

На автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв на автореферат диссертации, подписанный заведующим кафедрой химической физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», доктором физико-математических наук, профессором **Губиным Сергеем Александровичем**. Отзыв положительный. К автореферату диссертационной работы имеются следующие замечания:

1). В автореферате отсутствует сравнение эффективности двух принципов создания гидрореактивной тяги: периодическим воздействием детонационных волн на сжимаемую газосодержащую водную среду и организацией в «активных» газовых кавернах под днищем судна непрерывного/пульсирующего медленного горения топливно-воздушной смеси.

2). Автору следует больше внимания уделить практическому использованию исследуемых процессов и использовать свой опыт в конструировании и создании модельных гидрореактивных движителей для написания патентов.

2. Отзыв на автореферат диссертации, подписанный старшим научным сотрудником лаборатории динамики гетерогенных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, кандидатом физико-математических наук

Тесленко Вячеславом Степановичем. Отзыв положительный. В качестве замечаний отмечено следующее:

1). В автореферате не указаны размерности в приведенных формулах тяги и удельного импульса.

2). В автореферате отсутствуют данные по удельному импульсу для горения в цилиндрическом объеме и в модельной каверне.

3. Отзыв на автореферат диссертации, подписанный ведущим научным сотрудником Научно-исследовательского института механики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кандидатом физико-математических наук **Журавской Татьяной Анатольевной.** Отзыв положительный. У автора при чтении автореферата возникли следующие вопросы и замечания:

1). Не ясно, как будут вести себя тяговые характеристики при дальнейшем увеличении объемного газосодержания водной среды в водоводе свыше 30%, и как будет влиять на них глубина погружения детонационной трубы?

2). В испытаниях буксируемой модели лодки не рассматриваются вопросы о сопротивлении движению, в частности, о роли каверны.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что:

1. Официальный оппонент д.ф.-м.н. **Власенко Владимир Викторович** является признанным специалистом в области газодинамики горения и детонации, вычислительной аэродинамики и моделированию турбулентности. Им проводились теоретические исследования течений в различных камерах сгорания, в т.ч. импульсно-детонационных, с оптимизацией начальных параметров. Высокая научная квалификация

Власенко В.В. позволяет ему всесторонне оценить представленную диссертационную работу.

2. Официальный оппонент д.ф.-м.н. **Фомин Павел Аркадьевич** — один из крупнейших специалистов в области детонации газовых, газожидкостных и газопылевых смесей. Область его научных интересов связана с обобщенными моделями химической кинетики детонационного сгорания различных горючих смесей, а также с исследованием распространения волн давления в жидкостях с пузырьками газа, с образованием режима пузырьковой детонации. Его работы по данной теме опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях. Фомин П.А. является экспертом в области двухфазных реагирующих течений, который может по существу оценить диссертационную работу Садыкова И.А.

3. Ведущая организация **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН)** работает в широком спектре наук о механике, в том числе в области механики жидкости, газа и плазмы, многофазных сред, горения и взрыва. Основными предметами исследований ИПМех РАН в этой области являются многофазные течения в тепловыделяющих пористых средах и гидродинамика турбулентных реагирующих течений. Высокая научная квалификация сотрудников ИПМех РАН позволяет дать экспертную оценку представленной диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что в рассматриваемой работе диссертантом впервые продемонстрирована возможность создания гидрореактивной тяги с использованием периодического воздействия детонационными волнами на сжимаемую газосодержащую водную среду в водоводе импульсно-детонационного гидрореактивного движителя. Также установлено, что возникающая при работе такого движителя межцикловая

неидентичность связана с проникновением воды в детонационную трубу и нарушением условий формирования и распространения детонационной волны, а ее причиной является охлаждение и расширение продуктов детонации вследствие инерции водяного столба, приводящее к формированию обратного потока механической водно-газовой смеси. Сравнение расчетов с экспериментами на моделях разных пространственных масштабов показало, что для проектирования крупномасштабных катеров и судов с активной днищевой каверной может быть использована имеющаяся физико-математическая модель горения топливно-воздушной смеси в полуограниченных объемах со свободной границей в виде поверхности воды. В работе впервые экспериментально подтверждена возможность создания положительных толкающей и подъемной сил, действующих на судно в движении при сжигании топливно-воздушной смеси в активной каверне.

Теоретическая значимость исследования состоит в разработке научных основ для проектирования гидрореактивных движителей, основанных на прямом преобразовании химической энергии топлива в кинетическую энергию забортной воды. К ним относятся результаты исследования взаимодействия и передачи импульса от ударных волн к пузырьковым средам, имеющие важное теоретическое значение в понимании природы многофазных течений. Кроме того, исследование горения топливно-воздушной смеси в полуограниченных объемах со свободной водной границей подтвердило возможность использования предложенной физико-математической модели для описания процессов в «активных» газовых кавернах.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики. Результаты исследований по поиску наиболее эффективных конфигураций импульсно-детонационного

гидрореактивного движителя и решение сопутствующих проблем вроде межцикловой неидентичности могут быть использованы при разработке и конструировании масштабных движителей с прямой передачей импульса. Апробированная физико-математическая модель двухфазных реагирующих течений в совокупности с результатами многомерных расчетов и экспериментов по горению топливной смеси в полуограниченных объемах (цилиндр, каверна) с образованием тягового усилия позволят проектировать активные газовые каверны в крупномасштабных судах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила обоснованность выводов работы, которые обеспечиваются использованием широко апробированных методов и подтверждаются воспроизводимостью полученных результатов при неизменных условиях экспериментов, критическим анализом полученных результатов и сравнением с численным моделированием, а также широкой апробацией материалов диссертации на научных конференциях, совещаниях и семинарах. Ключевые результаты работы опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных рецензируемых журналах, что также подтверждает высокий уровень проведенного исследования.

Личный вклад соискателя состоит в личном участии на всех этапах исследования, описанного в диссертации. Постановка целей и задач исследований осуществлялась непосредственно автором при участии научного руководителя. Автор диссертации разрабатывал экспериментальные стенды и макеты движителей, проводил все экспериментальные исследования, участвовал в проведении теоретических расчетов и их сравнении с экспериментом. Кроме того, в испытаниях на открытой воде автор являлся основным испытателем лодки с установленным макетом импульсно-детонационного гидрореактивного движителя и модели судна с активной газовой каверной.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Оказывает ли какое-либо негативное влияние струя продуктов детонации на загрязнение забортной воды?

2. Почему эффективность (удельный импульс) двигателя падает с ростом частоты?

Соискатель Садыков И.А. ответил на задаваемые ему вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Процесс детонации углеводородного топлива отличается очень высокой полнотой сгорания, так что продукты детонации состоят из водяного пара и диоксида углерода. Поэтому данный тип двигателя можно считать экологически чистым.

2. В идеальном случае эффективность двигателя не должна зависеть от частоты. И тяга, и расход топлива прямо пропорциональны рабочей частоте. Наблюдаемое падение эффективности связано с неидеальными эффектами: забросом воды, перерасширением газового заряда, внутренними потерями и др. Первые два фактора удалось побороть и повысить эффективность двигателя. Над другими факторами сейчас продолжается работа.

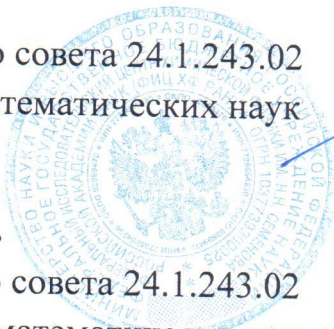
Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и «Изменениям, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 335 от 21 апреля 2016 года, и принял решение присудить **Садыкову Ильясу Александровичу** ученую степень кандидата физико-математических

наук по специальности 1.3.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.3.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение ученой степени — 20,
против присуждения ученой степени — нет,
недействительных бюллетеней — нет.

Председатель
диссертационного совета 24.1.243.02
доктор физико-математических наук



М.Г. Голубков

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.243.02
кандидат физико-математических наук

С.Ю. Сарвадий

07 декабря 2022 года