

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.193.01 (Д
002.110.02), СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.12.2021г. № 34

О присуждении Ростилову Тимофею Андреевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Экспериментальное исследование особенностей распространения ударных волн в средах с заданной пористостью» по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 22.10.2021г., (протокол заседания № 25) диссертационным советом 24.1.193.01 (Д 002.110.02), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, Ижорская ул., д. 13, стр. 2, (495) 485-8345, jiht.ru), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012г. (ред. 1046/нк от 15.10.2021г.)

Соискатель Ростилов Тимофей Андреевич 1994 года рождения, в 2017 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный ядерный университет «МИФИ».

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории № 6.2. – ударно-волновых воздействий Федерального государственного

бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

В 2021 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории № 6.2. – ударно-волновых воздействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Научный руководитель кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории № 6.2. – ударно-волновых воздействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук Зиборов Вадим Серафимович.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, заведующий Лабораторией гетерогенного горения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук Медведев Сергей Павлович;

- кандидат физико-математических наук, заведующий Лабораторией детонации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химической физики Российской академии наук Уткин Александр Васильевич.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» в своем положительном заключении, составленном зав. Кафедрой химической физики Института Лазерных и плазменных технологий д.ф.-м.н., профессором Губиным С.А. (утвержденном 13.12.2021г. и.о. ректора д.ф.-м.н. Шевченко В.И.) указала,

что теоретическая и практическая значимость работы определяется тем, что совокупность всех полученных в работе результатов может быть включена в базы данных, использоваться для проведения расчетов и верификации моделей. Отдельно отмечаются сведения по никелю с наноразмерными порами, поскольку литературных данных по ударной сжимаемости подобных сред значительно меньше, чем по веществам с микроразмерными порами.

Отмечается, что результаты по микросферическим средам являются вкладом не только в общий процесс изучения конкретных материалов, используемых на практике – сферопластиков и, в меньшей степени, эмульсионных взрывчатых веществ, но и закладывают основу для рассмотрения этих сред как модельных при исследованиях связи параметров пористости вещества и его ударно-волновых свойств.

Полученные зависимости в форме соотношения Суигла – Греди могут позволить упростить оценки максимальной скорости деформации, которая реализуется во фронтах ударных волн в эпоксидных сферопластиках. Кроме того, результат, полученный для эпоксидной смолы, может послужить основой для дальнейшего теоретического и экспериментального изучения пластической деформации этого материала в ударных волнах.

Данные по ударной сжимаемости сферопластиков могут быть рекомендованы для использования в организациях, занимающихся разработками этих материалов – Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов, Научно-производственном объединении Стеклопластик, Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики.

Соискатель имеет 3 опубликованных работы по теме диссертации в реферируемых журналах из списка ВАК, 9 тезисов в сборниках трудов конференций:

1. Rostilov T.A., Ziborov V.S. Experimental study of shock wave structure in syntactic foams under high-velocity impact // Acta Astronaut. 2021. V. 178. P.

900–907.

2. Зиборов В.С., Канель Г.И., Ростиллов Т.А. Экспериментальное исследование характера деформации сферопластиков при ударном сжатии // ФГВ. 2020. Т. 56. № 2. С. 124–129.

3. Зиборов В.С., Ростиллов Т.А. Скорость деформации при ударном сжатии в полимеризованной эпоксидной смоле // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика и математика. 2019. № 4. С. 90–97.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук** (с.н.с. лаборатории реологических свойств конденсированных сред при импульсных воздействиях, к.ф.-м.н. Савиных А.С.) – отзыв положительный, без замечаний.

2. **Государственный научный центр, федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова»** (с.н.с. отдела №600 Неравновесных физико-химических процессов в газовых потоках, к.ф.-м.н. Кулешов П.С.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- неполное соответствие исследуемых диапазонов давлений друг другу при долях пористости 28% и 55%, что сужает область давлений до 0.5-0.70 ГПа для сравнения результатов между собой;

- малое количество исследуемых значений пористости для сферопластиков и давлений для наноникеля (по два);

- не раскрыты границы применимости исследуемых модельных композитов и эмульсий на предмет их предсказательной способности по поведению вспененных полимерных композитов и эмульсионных взрывчатых веществ при неравновесных режимах ударных нагрузок.

3. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук (зав. лабораторией физического материаловедения, ведущий научный сотрудник, к.т.н. Сычев А.Е.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- исследованный диапазон давлений в экспериментах со сферопластиками и в смесях с водой недостаточно широк, что не позволяет автору провести более глубокий анализ как отклика конкретного сферопластика на ударную нагрузку, так и влияния концентрации микросфер на этот отклик при более высоких давлениях;

- на Рис. 1, 5, 7 и 9 временная шкала (Время) имеет отрицательные значения, что не корректно.

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ведущий научный сотрудник, сотрудник Курчатовского комплекса ядерных транспортных энергетических технологий (ККЯТЭТ), к.т.н. Даничев В.В.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- отсутствуют микрофотографии средненаполненного сферопластика (“СФ27” в терминологии автора) – их сравнительный анализ с микрофотографиями высоконаполненного сферопластика (“СФ55”) мог бы наглядно подчеркнуть структурные отличия этих двух композитов;

- автор представляет солидный объем графического материала, однако, рис. 12 в тексте именно диссертации явно переусложнен, а рис. 34а (там же), возможно следовало бы разделить на два, чтобы нагляднее показать изменение скорости волн с ростом толщины образца при одинаковой нагрузке.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н. Медведев Сергей Павлович является ведущим ученым в области физики ударных волн, а также крупным специалистом по экспериментам на ударных трубах.

1. Медведев С.П., Андержанов Э.К., Гук И.В., Иванцов А.Н., Михайлин А.И., Сильников М.В., Помазов В.С., Тереза А.М., Хомик С.В. Исследование взрывозащитных покрытий в цилиндрических и конических ударных трубах // Химическая физика. 2020. Т. 39. № 12. С. 24-28.

2. Tereza A.M., Medvedev S.P., Smirnov V.N. Self-ignition and pyrolysis of acetone behind reflected shock waves // Acta Astronaut. 2020. V. 176. P. 653-661.

3. Хомик С.В., Гук И.В., Иванцов А.Н., Медведев С.П., Андержанов Э.К., Михайлин А.И., Сильников М.В., Тереза А.М. Моделирование взаимодействия сферической ударной волны со слоем насыпного материала в конической ударной трубе // Химическая физика. 2020. Т. 40. № 8. С. 63-69.

- к.ф.-м.н. Уткин Александр Васильевич является признанным специалистом в области экспериментального исследования ударных волн в конденсированных средах; автор ряда научных статей по изучению ударной сжимаемости композитных материалов.

1. Уткин А.В., Мочалова В.М., Якушев В.В., Рыкова В.Е., Шакула М.Ю., Острик А.В., Ким В.В., Ломоносов И.В. Импульсное сжатие и растяжение композитов при ударно-волновом воздействии // Теплофизика высоких температур. 2021. Т. 59. № 2. С. 189-194.

2. Mochalova V., Utkin A., Savinykh A., Garkushin G. Pulse compression and tension of Kevlar/epoxy composite under shock wave action // Composite Structures. 2021. V. 273. 114309.

3. Зубарева А.Н., Уткин А.В., Лавров В.В. Ударно-волновые свойства инертных и химически активных пористых сред // ФГВ. 2018. Т. 54. № 5. С. 34-44.

- Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный ядерный университет «МИФИ» является признанным лидером в областях ядерных исследований и

технологий; свч- нано- электроники; лазерных, плазменных и пучковых технологий. На базе основных направлений в организации развиваются перспективные направления мирового уровня: материалы для ядерного применения; космические исследования и технологии, управляемый термоядерный синтез. На Кафедре химической физики Института лазерных и плазменных технологий ведутся исследования высокоскоростных газо- и гидродинамических течений, метания и высокоскоростного соударения тел, математическое и физическое моделирование термогазодинамических процессов, синтез новых материалов на основе самораспространяющихся энергоемких процессов.

1. Губин С.А., Сверчков А.М., Сумской С.И. Моделирование генерации и распространения ударных волн и волн сжатия в пузырьковых средах // Горение и взрыв. 2021. Т. 14. № 1. С. 47-58.
2. Chugainova A.P., Il'ichev A.T., Shargatov V.A. Stability of shock wave structures in nonlinear elastic media // Mathematics and mechanics of solids. 2019. V. 24. № 24. P. 3456-3471.
3. Maklashova I.V., Bogdanova Y.A., Vagina U.D., Tretyakova T.D. Modeling the properties of helium at high pressures // Physics of atomic nuclei. 2019. V. 82. № 11. P. 1490-1493.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Было определено влияние концентрации наполнителя и типа матрицы на ударную сжимаемость сред, содержащих микросферы, в диапазоне давлений от десятых долей до единиц гигапаскалей с помощью анализа полученных ударных адиабат и профилей ударных волн. Показано, что свойства матрицы оказывают определяющее влияние на параметры распространения волн-предвестников в таких средах.

– Продемонстрировано, что ударная адиабата эпоксидного сферопластика с объемной долей стеклянных микросфер 55% в области

пластического ударного сжатия имеет аномальный вид на плоскости давление – удельный объем. Так же показано, что с ростом концентрации микросфер предел упругости Гюгонио у сферопластиков с одинаковыми матрицами и наполнителями понижается.

– Получена совокупность эмпирических степенных соотношений, связывающих параметры фронта ударной волны (время нарастания фронта, скорость деформации во фронте, эффективный коэффициент вязкости), для сферопластиков и эпоксидной смолы. Полученные данные позволяют отследить, как должны меняться показатели степеней в этих соотношениях с ростом пористости вещества. Отличительным результатом является отклонение соотношения для скорости деформации и давления ударного сжатия для полимеризованной эпоксидной смолы.

– Экспериментально показана сложная структура фронта ударной волны в никеле с наноразмерными порами при 1.7 и 4.1 ГПа, связанная с формированием волны-предвестника и её переотражением внутри дискообразного образца.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– Данные по ударным адиабатам и структуре фронтов ударных волн в сферопластиках, смеси микросфер с водой и никеле с нанопорами могут являться опорным материалом при построении уравнений состояния этих веществ, рассмотрении процессов, происходящих при разрушении пор при ударном сжатии, и моделировании профилей ударных волн.

– Совокупность экспериментального материала по ударной сжимаемости сред, содержащих микросферы, закладывает основу для их дальнейшего использования в качестве модельных веществ в исследованиях связи между параметрами пористости среды и её отклика на ударное сжатие.

– Степенное соотношение для сплошной полимеризованной эпоксидной смолы, связывающее скорость продольной деформации во фронте ударной волны и давление, может найти свое применение в работах по

теоретическому описанию процессов пластической деформации полимеров и композитов на их основе при ударном нагружении.

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

– Результаты работы могут быть использованы для корректировок существующих моделей поведения сферопластиков при высокоскоростном ударе и иных динамических нагрузках. Показано, как концентрация наполнителя влияет на отклик этих материалов на подобные нагрузки. Важность этих сведений подкрепляется тем, что исследован технически важный диапазон давлений от сотен мегапаскалей до единиц гигапаскалей и тем, что это материалы используются в качестве защиты от ударных волн.

– Данные о смеси микросфер с водой могут найти свое применение при исследованиях ударно-волнового инициирования низкоплотных эмульсионных взрывчатых веществ и выявления основных процессов формирования областей повышенной температуры при разрушении пор.

– Сведения, полученные для никеля с наноразмерными порами, необходимы для анализа процессов, происходящих при ударном нагружении смесей нанопорошков металлов, включающих наночастицы никеля, при рассмотрении вопросов синтеза интерметаллидов в ударных волнах.

Результаты работы могут быть применены в ряде научно-исследовательских центров: Институте проблем химической физики РАН, Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Федеральном исследовательском центре химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова, Всероссийском научно-исследовательском институте технической физики им. академика Е.И. Забабахина . Результаты также могут быть полезны для организаций, занимающихся разработками композитов и наноматериалов: Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики, Центральном научно-исследовательском институте

конструкционных материалов "Прометей" им. И.В. Горынина, Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов, Научно-производственном объединении Стеклопластик.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность полученных результатов подтверждается тем, что они были получены с использованием современного и хорошо апробированного экспериментального оборудования. Автором рассмотрена точность измерений, а результаты наладочных экспериментов находятся в согласии с литературными данными. Достоверность сведений также обусловлена тем, что выполнено большое количество экспериментов, свидетельствующих о хорошей воспроизводимости результатов.

Личный вклад соискателя состоит в том, что он собрал интерферометр для проведения регистрации профилей ударных волн в экспериментах по одноосному ударному сжатию, подготовил его к работе на метательной установке. Автор принимал ключевое участие при проведении всех экспериментов, анализе их результатов, написании публикаций по итогам исследований.

Апробация результатов исследования проводилась на 6 российских и международных конференциях.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Ростилев Т.А. согласился с техническими замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию

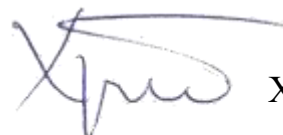
На заседании от 29.12.2021г. диссертационный совет принял за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, либо новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное

значение для развития страны присудить Ростилкову Тимофею Андреевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 20 человек, из них очно: 10, в том числе докторов наук докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 5 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника 5, дистанционно: 10 человек, 5 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 5 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 20 против 0, недействительных бюллетеней - 0.

И.О. зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02

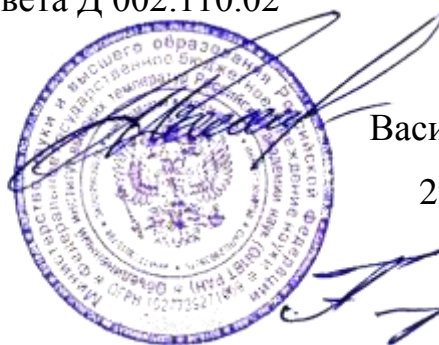
д.ф.-м.н., профессор



Храпак А.Г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02

д.ф.-м.н.



Васильев М.М.

29.12.2021г.

