

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**СТЕНОГРАММА**

заседания диссертационного совета 24.1.193.01, созданного на базе  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного  
института высоких температур Российской академии наук  
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)  
от 29 декабря 2021 г. (протокол № 34)

Защита диссертации Ростилова Тимофея Андреевича  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
«Экспериментальное исследование особенностей распространения ударных волн  
в средах с заданной пористостью»

Специальность  
1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника

## СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 24.1.193.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)

Протокол № 34 от 29 декабря 2015 г.

Диссертационный совет 24.1.193.01 утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 11.04.2012 г. № 105/нк (ред. 1046/нк от 15.10.2021г.) в составе 30 человек.

На заседании присутствуют **20** человек, из них **10** докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и **10** докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – И.О. зам. председателя диссертационного совета 24.1.193.01 д.ф.-м.н., профессор Храпак А.Г.

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 д.ф.-м.н. Васильев М.М.

1.	Петров О.Ф.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Подключен
2.	Храпак А.Г.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Присутствует
3.	Канель Г.И.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
4.	Васильев М.М.	Д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
5.	Агранат М.Б.	Д.ф.-м.н., с.н.с.	1.3.14	Подключен
6.	Амиров Р.Х.	Д.ф.-м.н., с.н.с.	1.3.9	Присутствует
7.	Андреев Н.Е.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Отсутствует
8.	Баженова Т.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
9.	Вараксин А.Ю.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Присутствует
10.	Васильев М.Н.	Д.т.н., профессор	1.3.14	Подключен
11.	Василяк Л.М.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Подключен
12.	Воробьев В.С.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Подключен
13.	Гавриков А.В.	Д.ф.-м.н., доцент	1.3.14	Присутствует
14.	Голуб В.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Присутствует
15.	Грязнов В.К.	Д.ф.-м.н.	1.3.14	Подключен
16.	Дьячков Л.Г.	Д.ф.-м.н.	1.3.9	Присутствует
17.	Еремин А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Присутствует
18.	Зейгарник Ю.А.	Д.т.н., с.н.с.	1.3.14	Присутствует
19.	Иосилевский И.Л.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Подключен
20.	Кириллин А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
21.	Лагарьков А.Н.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Отсутствует
22.	Ломоносов И.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
23.	Медин С.А.	Д.т.н., профессор	1.3.14	Отсутствует
24.	Норман Г.Э.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Подключен
25.	Полежаев Ю.В.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
26.	Савватимский А.И.	Чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор	1.3.14	Подключен
27.	Сон Э.Е.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	1.3.14	Отсутствует
28.	Старостин А.Н.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Отсутствует
29.	Филиппов А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	1.3.9	Присутствует
30.	Яньков Г.Г.	Д.т.н., с.н.с.	1.3.9	Подключен

## ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации младшего научного сотрудника лаборатории № 6.2. – ударно-волновых воздействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) Ростилова Тимофея Андреевича на тему «Экспериментальное исследование особенностей распространения ударных волн в средах с заданной пористостью». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Диссертация выполнена в лаборатории № 6.2. – ударно-волновых воздействий (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, [jiht.ru](http://jiht.ru)).

Научный руководитель:

Старший научный сотрудник лаборатории 6.2 – ударно-волновых воздействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр. 2, тел. (495) 485-8236, [jiht.ru](http://jiht.ru), e-mail: [ziborov.vs@yandex.ru](mailto:ziborov.vs@yandex.ru)) кандидат физико-математических наук Зиборов Вадим Серафимович.

Официальные оппоненты:

- Заведующий лабораторией гетерогенного горения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (119991, Москва, ул. Косыгина, 4, тел.: +7 (495) 939-73-02, [www.chph.ras.ru](http://www.chph.ras.ru), e-mail: [s\\_p\\_medvedev@chph.ras.ru](mailto:s_p_medvedev@chph.ras.ru)) доктора физико-математических наук Медведев Сергей Павлович

- Заведующий лабораторией детонации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химической физики Российской академии наук (142432, Московская обл., г. Черноголовка, проспект академика Семенова, 1, тел.: +7 (496) 522-41-25, [www.icp.ac.ru](http://www.icp.ac.ru), e-mail: [utkin@icp.ac.ru](mailto:utkin@icp.ac.ru)) кандидата физико-математических наук Уткин Александр Васильевич

Ведущая организация:

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Московский инженерно-физический институт) (115409, Москва, Каширское ш., 31, тел.: +7 (495) 788-56-99, +7 (499) 324-77-77, [mephi.ru](http://mephi.ru), e-mail: [info@mephi.ru](mailto:info@mephi.ru))

На заседании присутствуют официальные оппоненты д.ф.-м.н., старший научный сотрудник Медведев С.П. и к.ф.-м.н. Уткин А.В., научный руководитель Ростилова Т.А. к.ф.-м.н. Зиборов В.С.

## СТЕНОГРАММА

### Председатель

Добрый день, уважаемые члены совета и все присутствующие. Мы начинаем заседание нашего диссертационного совета. Мы должны заслушать защиту диссертации Ростилова Тимофея Андреевича на тему: “Экспериментальное исследование особенностей распространения ударных волн в средах с заданной пористостью” по теплофизике и теоретической теплотехнике. Для оглашения всех представленных соискателем материалов представляю слово Михаилу Михайловичу Васильеву.

### Ученый секретарь

*(Зачитывает данные о соискателе по материалам личного дела и сообщает о соответствии представленных документов требованиям ВАК Министерства образования и науки РФ).*

### Председатель

Вам представляется слово для оглашения диссертации.

### Ростилев Т.А.

*Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Ростилова Т.А.).*

### Председатель

Спасибо. Кто хочет задать вопросы Тимофею Андреевичу?

### Ученый секретарь

Спасибо за интересный доклад. У меня два вопроса. Сразу извиняюсь – не являюсь профессионалом в этой области. Первый закон к четырнадцатому слайду. Действительно ли можно утверждать, что закон четвертой степени нарушается или с учетом тех больших погрешностей, которые есть на экспериментальных точках – в принципе угол наклона этой прямой можем ожидать, что он будет, что в общем это в некоторой степени погрешность эксперимента. Возможно, у вас есть какие-то сведения, данные по другим аморфным материалам – по стеклу или ещё по чему-то, где убедительно видно, что закон четвертой степени не работает для таких материалов. Это первый вопрос. Второй вопрос уже с точки зрения прикладных вещей. Наверное, очевидно, что вот такие вот наполненные среды с одной стороны легкие, с другой стороны они, наверное, имеют большие прочностные характеристики и нельзя ли как-то в цифрах что ли сказать, что вот если мы возьмем эпоксидную смолу, пластину, бронепластину определенной толщины, то она будет в четыре раза легче пробиваться, чем, например, полностью наполненная сферами. Ну вот такими какими-то простыми словами. Спасибо

### Ростилев Т.А.

Касательно закона четвертой степени, он только формируется насколько я понимаю. Как бы и тут я использую слово “закон”, я просто опираюсь на литературу в первую очередь, где его так называют. Хотя, допустим есть теоретические работы, в которых рассматривается движение дислокаций, как основных носителей пластической деформации при ударном сжатии металлов, проводится анализ и получается, что действительно закон четвертой степени – он актуален металлов, например. При этом, есть экспериментальные данные, для титана, где  $n=3.5$ , то есть как бы можно считать, что это не совсем строгий закон. Это первая плоскость. Вторая плоскость в том – на самом деле те работы, которые я видел, в том числе оригинальные, в которых закон четвертой степени был экспериментально получен – там не показывается, где находится максимальные градиент скорости. То есть это величина, которая в некотором роде остается на

усмотрение экспериментатора, и она связана с точностью измерений. То есть допустим я, честно говоря, не уверен если два разных коллектива ученых будут работать с одним простым веществом, они получат одинаковые соотношения. Ну это касательно того, как стоит к этому соотношению вообще относиться. Касательно ударного сжатия неметаллов по ненаполненным полимерам – это первые данные, то есть лично мне в литературе не известно, что кто-то изучал чистые полимеры. Здесь, если я правильно припоминаю... плавленый кварц – для него утверждалось, что закон четвертой степени выполняется, но если взять три точки, которые есть для этого материала и как бы самому построить методом наименьших квадратов соотношение, то получится, что как бы  $n=4.5$ , то, что лучше описывается этой кривой. Ну вот как бы... Касательно моих экспериментальных данных, ну там как бы меньше 5 точно не получается – это если говорить общими словами. То есть точно не 4 и также понятно, что на самом деле мои данные, они должны как экспериментальную, так и теоретическую проверку пройти, потому что, как я сказал, два разных коллектива ученых, наверное, по-разному определяют максимальный градиент скорости и скорость деформации – и какие-то различия будут в соотношениях. Считается ответом?

Ученый секретарь

Да, конечно.

Ростилев Т.А.

А касательно, вот то, что вы спрашивали насчет защиты. Ну вот именно как бы моя экспертиза это в том, что я могу предоставить ударную адиабату. Понятно, то, что нельзя исследовать аккуратно все концентрации от единицы до сотни и на самом деле... мы изучали две концентрации, это не то, чтобы очень репрезентативно, но по этим данным можно понять первично – а какова будет ударная адиабата моего эпоксидного сферопластика, если у него будет такая концентрация микросфер, и понять параметры распространения ударных волн, и там уже оценить скорость деформации во фронте волны. По поводу как бы бронезащиты – ну это просто... я не эксперт в этом, это не было целью... именно с точки зрения с практической задачи, решение задачи о практической ударной защите.

Председатель

Есть ли ещё вопросы? Пожалуйста.

Вараксин А.Ю.

Тимофей Андреевич, шикарный эксперимент, вышли интересные результаты. Вопрос связанный с полидисперсностью. Вы пишете размер, например, 83 микрометра. На фотографии видно, что там размеры намного меньше, например, намного больше. Анализировалось ли это обстоятельство? На сколько оно критично, вот с полидисперсностью, ну вот распределение частиц по размерам? Что другие авторы предпринимают какие-то попытки сделать более монодисперсные эксперименты... Вот, потому что 83 – как вы оценивали, по числу частиц осреднение происходило, по объему, по массе – то есть этот вопрос остается. Если в ваших экспериментах это критично – вот на ваш взгляд? Или это размер... то есть размер может зависеть от этого разброса, да, то есть среднеквадратичного отклонения... (неразборчиво). Спасибо.

Ростилев Т.А.

Да, благодарю вас за вопрос. Мой оппонент, Уткин Александр Васильевич, у него была работа такая для каучуковых сферопластиков со стеклянными микросферами. Александр Васильевич, он здесь, если что не так – поправьте меня. Так там исследовались... два типа сферопластиков, каучуковых сферопластиков, они отличались тем, что в одном использовались частицы тоже с разбросом, которые характеризуются средним размером, и

также использовались калиброванные микросферы, которые были диаметром 80 микрон, если я правильно припоминаю, сами параметры этих сферопластиков были близки – вот, что дал результат, вот как идут адиабаты, если параметры сферопластиков – концентрации и компоненты – стекло и матрица одинаковы, то видно, что всё такие адиабаты – они расходятся. Но... такой вывод то, что да адиабаты они отличаются. Просто с этим... нужно понимать, что, исследуя в дальнейшем вещество с калиброванными микросферами, я получу несколько другой результат. Вот то, что могу сказать по этому поводу. Является ли это ответом на ваш вопрос?

Вараксин А.Ю.

Да, спасибо. Понятно, да, а вообще размеры допустим – будет другой размер. Вот ваша физика, вот насколько... чтобы так, чтобы немного представить, т.е. вместо 80-ти будет там два раза меньше или в два раза больше.

Ростилев Т.А.

Ну вот... да. Благодарю за вопрос. Такое тоже есть, вот адиабаты – Уэйрик, 91-й год. Получается параметры очень близки к СФ27, т.е. они очень близки по плотности – у нас СФ27 это  $0.9 \text{ г/см}^3$ , у Уэйрика, если я не ошибаюсь,  $0.94 \text{ г/см}^3$ , микросферы маленькие 30 микрон. Я прошу прощения, на слайде это плохо видно, но допустим, можно сделать такой вывод, что сферопластики с одинаковой матрицей и одинаковым материалом микросфер... их адиабаты близки, но всё равно различаются некоторым образом. То есть как бы... новое вещество, пускай оно отличается параметрами частиц, но всё равно адиабата будет немножко другая. Ну это просто нужно... иметь с этим дело и понимать, что так и есть.

Председатель

По Zoom был вопрос. Александр Иванович, задавайте.

Савватимский А.И. (Zoom)

Скажите пожалуйста, относительно порошков никеля. Вы отмечали, в четвертой главе, что температура возрастает за счет трения. Вы не могли бы дать оценку насколько вот эта вот величина порошка влияет на температуру, ну относительно температуры плавления, там порядка 1900 кельвинов. За счет трения какая будет добавка? У вас же было (неразборчиво) если сравнить их с микропорошками эта добавка насколько велика в температурных терминах вы можете назвать?

Ростилев Т.А.

Просто, то, о чем вы говорите – это я именно ссылаясь на эти данные, вот в работе, которая сейчас происходит в целом для исследования никеля в широком диапазоне давлений. Я здесь могу только сказать то, что данные по адиабате именно нанопористого никеля – они не вошли в диссертацию, но они вошли в публикацию, которая сейчас выйдет, и там мы можем сказать, что адиабата имеет не аномальный вид и точного ответа о том, как влияет размер частиц именно на разогрев... т.е. не определено как это влияет на разогрев в ударных волнах – его пока не было получено. Эта работа только ведется.

Савватимский А.И. (Zoom)

Спасибо.

Председатель

Есть ли ещё вопросы? Если вопросы исчерпаны, то слово предоставляется научному руководителю диссертанта Зиборову Вадиму Серафимовичу.

## Зиборов В.С.

*(выступление научного руководителя не стенографируется. Отзыв научного руководителя к.ф.-м.н. Зиборова В.С. имеется в деле)*

## Председатель

Спасибо. Сейчас слово предоставляется ученому секретарю нашего совета Михаилу Михайловичу Васильеву для оглашения письменных отзывов различных организаций.

## Ученый секретарь

Уважаемые коллеги, в деле имеется отзыв ведущей организации, а также отзывы, полученные на разосланный соискателем автореферат. Отзыв ведущей организации, не буду зачитывать его целиком, он на большом количестве листов, остановлюсь на структуре и замечаниях, которые были сделаны. Ведущей организацией выступал Национальный ядерный университет «МИФИ». Отзыв содержит обсуждение структуры и объема диссертации, обсуждение актуальности и научной новизны работы, представленной Тимофеем Андреевичем, теоретическую и практическую значимость, а также личный вклад автора. Вместе с тем в отзыве сделаны ряд замечаний:

1. Не проведено сравнения полученных в опытах с ударными волнами параметров упругого предвестника с их значениями при статическом нагружении.
2. Полученные в работе экспериментальные ударные адиабаты сложных неоднородных сред не сопоставлены с математическими моделями.
3. В работе присутствует объективный недостаток математической сложности: не приведены математические модели, описывающие процессы в релаксационных зонах ударных волн, не используется математический аппарат дифференциальных уравнений.

Тем не менее отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку рассматриваемой диссертации, а соискатель соответствует требованиям положения 842 о порядке присуждения ученых степеней, а её автор Тимофей Андреевич заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата наук по специальности «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Отзыв подготовлен заведующим кафедрой Химической физики НИЯУ МИФИ Губиным, подписан директором Института Лазерных и Плазменных технологий Кузнецовым и председателем совета по аттестации и подготовке научно-педагогических кадров Кудряшовым.

Помимо отзыва ведущей организации в деле имеются отзывы, поступившие на автореферат. Четыре отзыва, все положительные, ряд из них имеет замечание.

1. Отзыв института проблем химической физики Российской академии наук, составленный старшим научным сотрудником Лаборатории реологических свойств конденсированных сред при импульсных воздействиях, к.ф.-м.н. Савиных Андреем Сергеевичем – отзыв положительный и без замечаний.
2. Отзыв, поступивший из Центрального института авиационного моторостроения имени Баранова, подписанный старшим научным сотрудником отдела Неравновесных физико-химических процессов в газовых потоках, к.ф.-м.н. Кулешовым Павлом Сергеевичем – отзыв положительный и 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. Третий отзыв поступил из Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. Мержанова Российской академии наук, подписанный заведующим лабораторией физического материаловедения, ведущим научным сотрудником, к.т.н. Сычевым Александром Евгеньевичем – отзыв положительный, есть замечания:

- 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. Наконец четвертый отзыв поступил из Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», составлен и подписан ведущим научным сотрудником Курчатовского комплекса ядерных транспортных энергетических технологий к.т.н. Даничевым Владимиром Владимировичем – отзыв положительный, имеются замечания:

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

2. 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.

Это все замечания, спасибо.

#### Председатель

Тимофей Андреевич, у вас есть возможность ответить на замечания, сформулированные в письменных отзывах.

#### Ростилев Т.А.

1. *(не проведено сравнения полученных в опытах с ударными волнами параметров упругого предвестника с их значениями при статическом нагружении)*. Первое, касательно замечаний ведущей организации по поводу сравнения с данными по статическому нагружению. Я здесь ограничусь только общей оценкой – то, что при динамической нагрузке микросферы в сферопластиках, они разрушаются при давлениях в два, три раза больших, чем они разрушаются при квазистатическом нагружении. Это как бы упущение то, что я не добавил эти данные. Могу дать такой ответ то, что, как я сказал несколько раз, предел упругости Гюгонио превышает те значения давления, при которых микросферы разрушаются при нединамическом нагружении.

2. *(полученные в работе экспериментальные ударные адиабаты сложных неоднородных сред не сопоставлены с математическими моделями)*. Что касается замечания о моделях. Первостепенная задача работы была в том, чтобы дать качественные ответы на те вопросы, которые мы ставили в рамках тех исследованных диапазонов давлений. Работая над анализом данных, я рассматривал, например, модель Хермана или модель Пи-Альфа, которые используются для описания ударной сжимаемости пористых сред. Но тут, что меня, как бы остановило в этой задаче, чтобы не идти дальше – тут существует такая большая проблема то, что модель Хермана – там необходимы данные по ударной сжимаемости сплошного тела. На самом деле эпоксидная смола, она не является непористым аналогом сферопластика. Дело в том, что частицы... есть массовая доля стекла в образцах и по идее для каждого из типов сферопластика будет свое сплошное вещество. И чтобы использовать, например, модель Хермана, известную также как Пи-Альфа модель, нужно было бы проводить эксперименты со сплошным композитом из эпоксидной смолы и частиц кварца и это было просто тем временным препятствием,



которое нас остановило в первую очередь. Я могу только сказать, что работа по этому направлению не закончена, но в рамках диссертации – диссертации, которая посвящена в первую очередь обсуждению экспериментов – она не была выполнена.

3. *(в работе присутствует объективный недостаток математической сложности: не приведены математические модели, описывающие процессы в релаксационных зонах ударных волн, не используется математический аппарат дифференциальных уравнений)*. Там было замечание про использование математического аппарата для описания процессов, тех процессов, которые имеют место быть при ударном сжатии пористых сред. Здесь ответ примерно такой же – то, что моя цель... мне было интересно получить максимум из эксперимента и дать качественный ответ.

4. *(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))*. Что касается отзыва из ЦИАМ по поводу несоответствия давления друг другу. Да, есть такая проблема при работе со сплошными и пористыми телами. У нас эксперименты проводились на метательной установке, диапазон скоростей ударника от порядка 200 м/с до 1 км/с, но проблема в том, что, используя этот диапазон скоростей для разных материалов, мы покрываем разный диапазон давлений. То есть как это допустим видно то, что для СФ55, синий график, диапазон давлений он наиболее... во-первых наименьшие значения давления, они ниже, чем другие. Это связано с тем, что ударом пористые среды нагрузить до необходимого давления просто сложнее и допустим, чтобы СФ55 нагрузить до 2 ГПа скорее всего эти эксперименты пришлось бы проводить... используя эксперименты на взрывных камерах с подрывом ВВ и так далее. Просто такова особенность метода к сожалению – то, что подавлению мы так ограничены. Малое количество исследуемых значений пористости – то, что указали то, что для наноникеля всего два эксперимента – опять же эксперимент сложный и времязатратный, тут все задачи покрыть, к сожалению, невозможно. Опять же отмечу, что по сферопластикам мы ещё будем работать в дальнейшем, но пока есть тот результат, который мы получили за время подготовки диссертации.

5. *(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)*. И по поводу применимости этих композитов в качестве моделей – ну тут уже обсуждался вопрос о том, как эти данные соотносятся с практикой. Я отмечу то, что эпоксидные сферопластики со стеклянными микросферами – это часто используемая композиция этого композитного материала. И, в целом, некоторые сведения для других типов сферопластиков можно получить из работы просто анализируя параметры адиабат и как они меняются с ростом частиц.

6. *(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)*. Что касается отзыва из Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения о том, что диапазон давлений недостаточно широк. Здесь, к сожалению, опять должен отметить то, что на пушке мы ограничены. И большие, к сожалению, давления – нужно использовать другие эксперименты, на другой экспериментальной технике – всё упирается во время. Здесь просто короткий комментарий что, например, если бы мы исследовали СФ27 при повышенных давлениях, то не исключено, что адиабата тоже будет иметь аномальный вид

при более высоких давлениях. Это не исследовано и, возможно, будет исследовано только в будущем.

7. (на Рис. 1, 5, 7 и 9 временная шкала (Время) имеет отрицательные значения, что не корректно). Касательно профилей и временной шкалы – то, что тут на графиках отображена зона меньше нуля – я ориентировался на книгу Канеля Геннадия Исааковича, где подобным образом отображались профили. Такой комментарий по этому вопросу.

8. (отсутствуют микрофотографии средненаполненного сферопластика (“СФ27” в терминологии автора) – их сравнительный анализ с микрофотографиями высоконаполненного сферопластика (“СФ55”) мог быть наглядно подчеркнуть структурные отличия этих двух композитов). По поводу микрофотографий, отзыв из Курчатовского института. То, что они отсутствуют – это упущение, но какого-то глубокого анализа... наверное, можно было показать читателю, что эти сферопластики действительно отличаются. Например, в случае СФ55 частицы, поскольку их много, касаются друг с другом – и это также оказывает определенное влияние на ударную сжимаемость вещества... Просто они не были сделаны.

9. (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). По поводу графиков, я так понимаю это больше техническое замечание о переусложненности.

Я так понимаю, на все зачитанные замечания я ответил.

#### Председатель

Если так, то мы можем приступить к следующему пункту нашей программы. И слово... Разрешите предоставить слово официальному оппоненту - Медведеву Сергею Павловичу из центра химической физики РАН.

#### Медведев С.П.

*(выступление официального оппонента не стенографируется. Отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Медведева С.П. имеется в деле)*

#### Председатель:

Спасибо, Сергей Павлович. У вас есть возможность ответить на замечания.

#### Ростилев Т.А.

1. (В работе значительное внимание уделяется степенным зависимостям в форме соотношения Суигла-Греди, полученным автором для сферопластиков и эпоксидной смолы (параграф 2.4). Расхождение между результатами по эпоксидной смоле и известными данными по металлам автор связывает с различиями в процессах пластической деформации между этими типами веществ. При этом не приводится более глубокого объяснения, построенного на более детальном рассмотрении тех процессов, которые имеют место быть при пластической деформации полимера). Касательно первого замечания по поводу эпоксидной смолы и законе четвертой степени. Я уже отмечал, что для металлов существуют теоретические воззрения, разрабатываются, чтобы подтвердить или опровергнуть существование этой зависимости. Для эпоксидных смол, я ограничусь только общими словами то, что, анализируя закон четвертой степени, в случае металлов рассматриваются дислокации, как носители пластической деформации. Но в случае полимеров пластическая деформация в этом сложном типе материалов, она связана с тем, что макромолекулы, которые формируют полимер, изменяют взаимное

положение, то, что изменяют взаимное положения звенья, формирующие макромолекулу. Ну это вот только те общие слова, которыми можно ограничиться. Просто подчеркну, что наш результат требует дальнейшей и верификации и теоретического осмысления, но это всё будет только в дальнейшем.

2. *(Автор проводит сравнение своих экспериментальных данных по средам, содержащим микросферы, с теми, что представлены в литературе по тому же и некоторым другим типам пористых веществ. Однако, при этом он не рассматривает существующие и хорошо известные модели, описывающие поведение пористых сред при ударном сжатии).* Что касается замечаний опять же о моделях, да, действительно не было сделано. Я здесь ещё раз подчеркну, что материал действительно сложный. Это не просто пористое тело, поры которого связаны с наличием газовых пустот внутри образца, а с тем, что газовые пустоты формируются частицами другого материала. Это тройная задача – во-первых, понимать взаимодействие... как сжимается... взаимодействие матрицы и стекла в ударной волне и как поры при этом закрываются. Это те задачи, которые... мы двигаемся в направлении, чтобы дальше разрабатывать эту тему в том числе и привлекать моделирование.

3. *(К недостаткам текста также стоит отнести некоторую неточность в терминологии, к примеру, «ударно-волновые свойства материала», что гораздо яснее для читателя было бы, например, заменить на: «свойства материала при нагрузке ударом»).* Касательно “ударно-волновых свойств” и “свойств при ударном сжатии”. Я не первый раз слышу такой комментарий касательно этой работы. Мне Борис Денисович (Янковский), он здесь, он говорил, что “ударно-волновые свойства” – это вульгарно. Но с другой стороны “ударно-волновых свойств” при описании результатов подобных работ, такое словосочетание используется, но критику я тоже понимаю.

4. *(При постановке задачи во Введении складывалось ощущение, что, рассматривая результаты по ударной сжимаемости смеси микросферы - вода (Глава 3), автор уделит большое внимание сравнению свойств этого материала с известными данными по эмульсионным взрывчатым веществам. Однако, автор ограничивается лишь несколькими общими наблюдениями касательно этого вопроса).* Из головы вылетел четвертый, Сергей Павлович.

Медведев С.П.

Про эмульсионные.

Ростилев Т.А.

Задача эта, она была поставлена при создании интерферометра и начале этой работы Канелем Геннадием Исааковичем, он предложил такое вещество. В принципе сложно работать с такими средами, потому что – это жидкость, это порошок, трудно готовить образцы. И она из того, что... из чисто модели эмульсионного ВВ, вещества которого не детонирует, но имеет похожие параметры как эмульсионное ВВ, она выросла в ходе эволюции это задачи к тому, чтобы понять, как формируются предвестники в средах с микросферами. Я в диссертации коснулся этого вопроса по поводу эмульсионных ВВ, но действительно не глубоко и больше сравнивал свои данные со сферопластиками. Все.

Председатель

Теперь разрешите предоставить слово второму официальному оппоненту  
Спасибо, большое. Слово предоставляется официальному оппоненту – Александру Васильевичу Уткину из Института проблем химической физики.

Уткин А.В.

*(выступление официального оппонента не стенографируется. Отзыв официального оппонента к.ф.-м.н. Уткина А.В. имеется в деле)*

Председатель

Спасибо большое, Александр Васильевич. Вы теперь можете и на эти замечания ответить.

Ростилов Т.А.

1. *(следовало бы уточнить, почему двухволновая конфигурация называется упруго-пластической волной. Эта терминология, возможно, приемлема, но тогда необходимо показать, что сферопластики при низких давлениях являются упругими средами, которые характеризуются объёмной сжимаемостью и модулем сдвига, а предвестник распространяется с продольной скоростью звука).* По поводу волн-предвестников. Почему предвестник называют упругой волной. Общее представление такого вещества при ударном сжатии, не все, но некоторые, они в диапазоне определенных давлений могут деформироваться упруго и сжимаемость, ударная сжимаемость вещества в упругой и пластической областях, она разная, и это в динамике приводит к формированию в определенных диапазонах давлений двух волн. Другой вопрос именно при обсуждении пористых сред, почему и действительно ли он упругой, и что за этим стоит. Общий ответ в том, что поры, они могут не разрушаться до определенных давлений ударного сжатия. Но на самом деле наиболее четким и красивым ответом на это было бы просто провести эксперименты с ампулой сохранения, не превышая динамический предел упругости, и посмотреть на вещество, и понять – действительно ли все поры целы или какие-то разрушаются, и если разрушаются, то почему. Кратко так – то, что использовал общепринятую терминологию, возможно я не очень удачно отметил особенности этой терминологии. Но в первом приближении я её принял и называл предвестники упругими и говорил то, что вещества могут выдерживать какую-то нагрузку без разрушения пор.

2. *(в оформлении работы допущены некоторые погрешности. В частности, на Рис.286 не указана точность определения удельного объема для эпоксидной смолы; на Рис.396 следовало бы привести аппроксимацию экспериментальных данных для воды с микросферами, чтобы утверждение об аномальной сжимаемости было очевидно. Выводы в конце глав не всегда кратко и конкретно отражают основные результаты).* По поводу второго замечания. По поводу погрешностей – я понял. А по поводу данных для микросфер с водой я вот попытался исправить на этом слайде, тут видно, что точки при больших давлениях, не смотря на, к сожалению, имеющийся разброс, они также свидетельствуют о том, что у больших давлений больший удельный объем. Ну я вот просто попытался это исправить по крайней мере в рамках презентации. Кратко так.

Председатель

Спасибо. Теперь у нас есть время открыть дискуссию по теме диссертации. И кто хотел бы выступить?

Голуб В.В.

Коллеги, мы услышали очень интересную работу, обстоятельную, по теме, которая вообще на самом деле, такая с моей точки зрения местами загадочная. Существование предвестника и пластическая деформация – вот я когда прочел в Зельдовиче об аномальной адиабате, вообще, честно говоря, там... как-то без всякой конкретики, и я себе плохо представлял, как в реальных случаях вообще может появиться аномальная адиабата. Ну и работ, где была показана аномальная адиабата вот таких диковинных, с моей точки зрения диковинных средах, сферопластиках, их естественно не было. И это вообще,

собственно говоря, первая работа, где этот эффект был обнаружен. Кроме того, насколько это необходимо, во всех задачах защиты и конструктивных элементов это очень важно. И я, собственно говоря, буду голосовать за и призываю всех коллег сделать тоже самое.

Ростилов Т.А.  
Благодарю вас.

Председатель  
Спасибо, Виктор Владимирович. Кто ещё хотел бы выступить.

Долгобородов А.Ю.

Уважаемые коллеги, я хочу призвать вас поддержать Тимофея. Тимофей среди молодых сотрудников, которые были в нашей лаборатории, один из немногих, который сразу включился со всей силы в экспериментальную работу. Это сложная работа. Начинали они с монтажа интерферометра, в который не оценим вклад Тимофея, и много-много вещей сделано по железу. А для экспериментатора это основа работы – это железо, чтобы все было ровно, чтобы все никуда не улетало. Эксперимент, собственно, с ударом, это фактически взрывной эксперимент – он ещё и опасный эксперимент. На самом деле тот массив экспериментальных данных, который включен в эту работу, надо умножать на два. Поскольку вот эти все сферопластики и все неоднородные среды, они очень сильно искажают отражающую поверхность, которая, собственно, и является основной средой, через которую в методе с лазерной интерферометрией получается информация. Образование микроструй и так далее – просто у нас теряется сигнал. Вот два эксперимента по наноникелю, на самом деле насколько я знаю, их порядка пятнадцати. Только вот в последний год удалось добиться того, чтобы можно было достоверно относиться к этим данным и верить им потому, что до этого не получались результаты, в которых экспериментатор сам был уверен в их получении. И Тимофей проявил в этом плане, я с ним не так часто общался, но после того как происходило общение, он с каким-то вопросом подходил, я ему объяснял и через некоторое время – я удивляюсь просто, сейчас такой молодежи редко встретишь – он отвечал на те вопросы, которые сам мне задавал, но уже с собственной точки зрения, потом можно было с ним уже обсуждать дальше. В общем я считаю, что для ИВТана такие вот люди, как Тимофей, они очень ценные и не только, как диссертант, но в данном случае мы рассматриваем только диссертацию, такие ученые молодые нам очень нужны. Я прошу поддержать его квалификационную работу.

Председатель  
Спасибо.

Ростилов Т.А.  
Спасибо, Александр Юрьевич.

Председатель  
Есть ли ещё желающие принять участие в дискуссии? Если нет, то слово предоставляется Тимофею Андреевичу для заключительного слова.

Ростилов Т.А.  
Я благодарю всех за присутствие и за вопросы. И в первую очередь, Вадим Серафимович, я благодарю вас, потому что без вас этого бы ничего не было, я вам очень благодарен. Благодарен всем, спасибо.

### Председатель

Сейчас наступило время для голосования. Необходимо провести полностью электронное голосование, все члены совета, которые присутствуют и очно здесь в зале, и онлайн, пользуясь функционалом нашего сайта могут свой голос онлайн отдать за присуждение степени соискателю. Ссылка Вам всем была разослана, голосовать можно и с мобильного телефона, и с любого электронного устройства, которое у Вас есть с собой и имеет выход в интернет. Можно зайти на сайт и по этой ссылке проголосовать. Если у вас с собой нет электронного носителя, можно подойти к ноутбуку, который тут стоит в президиуме, ввести свой логин и пароль, и свое волеизъявление привести. Сейчас голосование открыто на сайте, и как таковая счетная комиссия не нужна, все происходит в автоматическом режиме подсчета, так что результат голосования мы с вами узнаем, и я Вам его оглашу. Пожалуйста, прошу приступить к голосованию. *(Проводится процедура тайного голосования).*

### Ученый секретарь

Уважаемые коллеги, все члены диссертационного совета, которые присутствовали сегодня на заседании и в очном режиме и онлайн проголосовали. Всего на защите Ростилова Тимофея присутствовало 20 членов диссертационного совета, из них докторов по профилю защищаемой диссертации – 10, из которых 5 очно. Проголосовало 20 человек, все - «за». Мы должны сначала утвердить результаты, я вижу, что и онлайн члены диссертационного совета поднимают руки. «Против» и воздержавшихся не видно. Вот теперь можете поздравить. *(Протокол голосования утвержден единогласно).*

### Председатель

Теперь мы должны обсудить проект заключения. Есть замечания, пожелания? (Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения). Если больше нет поправок, давайте проголосуем за проект с поправками. Кто «за»? Есть ли возражающие? Нет. Кто воздержался? Нет. Проект принят единогласно. На этом заседание совета заканчивается. *(Проект заключения принят единогласно).*

**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 Ростилеву 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 Ростилев 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., Ростилов Т.А. Экспериментальное исследование характера деформации сферопластиков при ударном сжатии // ФГВ. 2020. Т. 56. № 2. С. 124–129.
3. Зиборов В.С., Ростилов 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. Мерджанова 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., P'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 Ростилеву 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.

