

Зам. председателя совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 24.1.193.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук  
д.ф.-м.н. Андрееву Н.Е.  
от д.ф.-м.н. Медведева Сергея Павловича

### Заявление

Я, доктор физико-математических наук **Медведев Сергей Павлович**, являюсь главным научным сотрудником Лаборатории гетерогенного горения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (119991, Москва, ул. Косыгина, 4).

Согласен быть официальным оппонентом по защите диссертации **Ростилова Тимофея Андреевича** на тему: «**Экспериментальное исследование особенностей распространения ударных волн в средах с заданной пористостью**» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

Дата 09.12.2021 г. подпись ММ

**Сведения**  
об официальном оппоненте

Фамилия, имя, отчество	Медведев Сергей Павлович
Гражданство	РФ
Ученая степень	Доктор наук
Отрасль науки	Физико-математические науки
Специальность	01.04.17 - Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества
Ученое звание	-
Должность	Главный научный сотрудник
Место работы	Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН)
Организационно-правовая форма	ФГБУН
Ведомственная принадлежность	Минобрнауки России
Структурное подразделение	Лаборатория гетерогенного горения
Адрес электронной почты	s_p_medvedev@chph.ras.ru
Телефон	+7 (495) 939-73-02

**СПИСОК**

опубликованных работ в рецензируемых научных изданиях официального оппонента по защите диссертации Ростилова Тимофея Андреевича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему: «Экспериментальное исследование особенностей распространения ударных волн в средах с заданной пористостью», по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

№	Название публикации	Тип	Соавторы	Выходные данные	Перечень ВАК
1	Моделирование взаимодействия сферической ударной волны со слоем насыпного материала в конической ударной трубе	Научная статья	Хомик С.В., Гук И.В., Иванцов А.Н., Медведев С.П., Андержанов Э.К., Михайлин А.И., Сильников М.В., Тереза А.М.,	Химическая физика, Т. 40, № 8, С. 63-69, 2020	Да
2	Shock wave and radiation at explosion of spherical HE charge inside a tube filled with xenon	Научная статья	Anderzhanov E.K., Medvedev S.P., Tereza A.M., Khomik S.V., Khristoforov B.D.	Journal of Physics: Conference Series, V. 1686, 012074, 2020	Да
3	Simulation of shock wave produced by detonation of high-explosive charge in a conical shock tube	Научная статья	Medvedev S.P., Khomik S.V., Ivantsov A.N., Anderzhanov E.K., Tereza A.M., Silnikov M.V., Mikhailin A.I.	Journal of Physics: Conference Series, V. 1686, 012084, 2020	Да
4	Reduction of detailed kinetic mechanisms for	Научная статья	Tereza A.M., Agafonov G.I.,	Journal of Physics:	Да

	pyrolysis, combustion, and detonation modeling		Betev A.S., Medvedev S.P.	Conference Series, V. 1686, 012086, 2020	
5	Chemiluminescence of electronically excited species during the self-ignition of acetylene behind reflected shock waves	Научная статья	Tereza A.M., Medvedev S.P., Smirnov V.N.	Acta Astronautica, V. 181, P. 612-619, 2021	Да
6	Self-ignition and pyrolysis of acetone behind reflected shock waves	Научная статья	Tereza A.M., Medvedev S.P., Smirnov V.N.	Acta Astronautica, V. 176, P. 653-661, 2020	Да
7	Исследование взрывозащитных покрытий в цилиндрических и конических ударных трубах	Научная статья	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.	Химическая физика, Т. 39, № 12, С. 24-28, 2020	Да
8	Особенности течения в конической ударной трубе	Научная статья	Медведев С.П., Иванцов А.Н., Михайлин А.И., Сильников М.В., Тереза А.М., Хомик С.В.	Химическая физика, Т. 39, № 8, С. 3-8, 2020	Да
9	Interaction of blast waves with helium-filled rubber balloons	Научная статья	Medvedev S.P., Khomik S.V., Cherepanova T.T., Agafonov G.L., Cherepanov A.A., Mikhalkin V.N., Betev A.S., Kiverin A.D., Petukhov V.A., Yakovenko I.S.	Journal of Physics: Conference Series, V. 1147, 012021, 2019	Да
10	Критические условия трансформации плоской детонационной волны в цилиндрическую	Научная статья	Михалкин В.Н., Медведев С.П., Маилков А.Е., Хомик С.В.	Химическая физика, Т. 38, № 8, С. 52-57, 2019	Да

Сведения верны

Ученый секретарь ФИЦ ХФ РАН,  
к.ф.-м.н.



 Медведев С.П.

 Ларичев М.Н.

09 декабря 2021 г.

## Отзыв

официального оппонента

на диссертационную работу Ростилова Тимофея Андреевича **«Экспериментальное исследование особенностей распространения ударных волн в средах с заданной пористостью»** на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

Работа посвящена экспериментальному исследованию свойств сферопластиков, одного из широко используемых композитных материалов, при ударном воздействии. Появление новых материалов всегда лежит в основе новых возможностей в технике и технологиях. Сферопластики же имеют одно из лучших соотношений плотности и прочностных характеристик. Кроме этих композитов, в работе изучены свойства материала, представляющего собой каркас из полых микросфер, промежутки которых заполнены водой. Этот материал является в некотором роде родственным сферопластикам, поскольку оба вещества содержат микросферы. Сравнивая полученные результаты, автор делает ряд выводов о влиянии тех или иных параметров среды, содержащей микросферы, на её отклик на ударную нагрузку.

Также в диссертации исследованы аспекты распространения ударных волн в прессованном порошке из наночастиц никеля в области давлений, при которых формируется двух-волновая конфигурация с выделением волны-предвестника. Особое внимание уделено рассмотрению влияния двух-волновой конфигурации на результаты экспериментов и расчетов.

Надёжные экспериментальные данные о свойствах микросферических сред и нанопористых материалов в области нагрузок ударного сжатия до нескольких гигапаскалей необходимы для верификации имеющихся и создания новых численных моделей, описывающих распространение ударных

волн в них. В этой связи данное исследование обладает и **новизной**, и **актуальностью**, поскольку указанные типы материалов применяются при решении широкого спектра практических и научных задач.

Работа представляет собой текст на 123-х страницах, структурно состоящий из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка цитируемой литературы и списка публикаций автора в журналах и трудах конференций.

**Введение** посвящено постановке и обоснованию тех задач, которые автор решал в ходе своей работы, также приводится литературный обзор.

**В главе 1** рассмотрены методики экспериментов и расчетов, которые затем автор использует в последующих главах, посвященных исследованиям конкретных веществ. Автор описывает принципы работы экспериментального оборудования, на котором проводил работу: одноступенчатой баллистической установки Стрела-2М и квадратурного неравноплечного интерферометра VISAR.

**Глава 2** посвящена результатам экспериментов по одноосному ударному нагружению двух типов сферопластиков (отличающихся концентрацией стеклянных микросфер) и полимеризованной эпоксидной смолы, служившей для них матрицей. Приведена методика расчетов параметров вещества за фронтом ударной волны в случае формирования двухволновой конфигурации, которая наблюдалась в экспериментах со сферопластиками. Полученные данные по трем веществам позволяют проследить, как концентрация микросфер влияет на ударные адиабаты веществ. Например, был продемонстрирован аномальный вид ударной адиабаты высоконаполненного сферопластика.

Измерение и расчет параметров, характеризующих фронты ударных волн, на основе полученных профилей ударных волн (профилей скорости тыльных поверхностей образцов) позволили автору построить ряд степенных соотношений, связывающих эти параметры.

Данные по ударной сжимаемости смеси микросфер с водой представлены в **главе 3**. На основании этих данных, сведений по сфероэластикам из главы 2 и информации, опубликованной в литературе по другим типам сфероэластикам и чистым микросферам, сделаны выводы о том, как тип матрицы и концентрация микросфер влияют на процесс ударного сжатия среды, содержащей микросферы.

**В главе 4** приводятся результаты экспериментов с нанопористым никелем. Автор показывает, что сложная структура профиля ударной волны в этом материале связана с неоднократным переотражением волны-предвестника между торцом образца (изменение скорости которого регистрировалось VISAR) и пластической ударной волной. Выполнена оценка, показывающая, как меняется скорость пластической ударной волны при взаимодействии с отраженным предвестником.

**В заключении** перечислены ключевые результаты, полученные по итогам исследований.

**Автореферат** в полной мере отражает основное содержание работы и удовлетворяет требованиям ВАК РФ.

#### **Научная и практическая значимость работы**

Исследование выполнено одним из наиболее современных и информативных методов, методом лазерной интерферометрии. Применена схема интерферометра VISAR, которая с высокой точностью позволяет измерить скорость поверхности изучаемого образца после выхода на неё волны ударного сжатия, вызванной плоским ударом.

Достоинством работы является основательный подход при исследовании эпоксидных сфероэластиков: исследованы свойства эпоксидной смолы без микросфер, средне- и высоконаполненные образцы. Это позволило не только построить ударные адиабаты трёх материалов, но и выявить тенденции изменения их вязких свойств в зависимости от давления сжатия и содержания микросфер. Кроме того, при достаточно низких давлениях ( $\sim 0.2$

ГПа) для высоконаполненного сферопластика был обнаружен тепловой эффект при ударном сжатии пористого тела, рассмотренный ещё в известной монографии Я.Б. Зельдовича и Ю.П. Райзера.

В работе автор приводит данные не только по конечным состояниям вещества за фронтами предвестников и пластических ударных волн, но и характеризует структуру фронтов волн. Таким образом, предпринимается попытка описать динамику перехода вещества из невозмущенного в ударно-сжатое состояние. Соотношения, полученные на основе анализа фронтов, могут как напрямую использоваться в расчетных моделях, так и быть опорой при теоретическом рассмотрении ударного сжатия пористых полимеров.

Описание структуры фронта ударной волны в нанопористом никеле представляет собой осмысленную картину того, какие процессы имеют место быть в этом веществе при ударном сжатии, и вполне может быть применено при рассмотрении особенностей распространения ударных волн в других нанопористых веществах.

Результаты, полученные автором, могут быть полезны для организаций, занимающихся разработками композитов и наноматериалов: ФИЦ ХФ РАН, НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей», НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ, РТУ МИРЭА, МАИ, АО «ИНУМиТ», НИ ТПУ, ООО «НИИКАМ».

### **Апробация результатов**

Основные результаты работы были доложены автором на нескольких российских и международных конференциях. При подготовке диссертации автором опубликовано 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, 2 из которых индексируются в базе Web of Science.

### **Перечень замечаний**

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.

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.

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».

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.

Все перечисленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей значимости диссертационной работы – ценность, актуальность и научная новизна полученных в работе результатов сомнений не вызывает.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г. (ред.11.09.2021г.), а ее автор Т.А. Ростиллов заслуживает



присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

Отзыв составил доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Лаборатории гетерогенного горения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук Медведев Сергей Павлович.

Официальный оппонент,  
д.ф.-м.н., главный научный  
сотрудник ФИЦ ХФ РАН  
119991, Москва, ул. Косыгина, 4  
+7 (495) 939-73-02, s\_p\_medvedev@chph.ras.ru

Медведев С.П.

Ученый секретарь ФИЦ ХФ РАН  
к.ф.-м.н.  
119991, Москва, ул. Косыгина, 4  
тел. +7 (495) 939-72-09. mlarichev@chph.ras.ru



Ларичев М.Н.  
09.12.2021 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (119991, Москва, ул. Косыгина, 4, тел.: +7 (499) 137-29-51, www.chph.ras.ru, e-mail: icp@chph.ras.ru)