

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

СТЕНОГРАММА

заседания 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
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)
от 27 мая 2026 г. (протокол № 4)

Защита диссертации Кондратьева Арсения Михайловича
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
«Теплофизические свойства флюидов металлов и углерода в широкой области состояний
на плоскости давление - удельный объем»
Специальность 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 24.1.193.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2).
Протокол № 4 от 27 мая 2026 г.

Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 11.04.2012 г. № 105/нк в составе 31 человека. На заседании присутствуют 28 человек, из них 12 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 13 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – председатель диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02) д.ф.-м.н. профессор, академик РАН Петров Олег Федорович

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02) к.ф.-м.н. Тимофеев Алексей Владимирович

1.	Петров О.Ф.	д.ф.-м.н. профессор, академик РАН	1.3.9, техн. науки	Присутствует
2.	Андреев Н.Е.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.9, физ.-мат. науки	Присутствует
3.	Храпак А.Г.	д.ф.-м.н. профессор	1.3.14, физ.-мат. науки	Присутствует
4.	Тимофеев А.В.	к.ф.-м.н.	1.3.9, физ.-мат. науки	Присутствует
5.	Агранат М.Б.	д.ф.-м.н.	1.3.14, техн. науки	Подключен
6.	Амиров Р.Х.	д.ф.-м.н., с.н.с.	1.3.9, физ.-мат. науки	Подключен
7.	Апфельбаум Е.М.	д.ф.-м.н.	1.3.14, техн. науки	Присутствует
8.	Беляев И.А.	к.т.н.	1.3.14, физ.-мат. науки	Присутствует
9.	Вараксин. А.Ю.	д.ф.-м.н. профессор, академик РАН	1.3.14, физ.-мат. науки	Присутствует
10.	Васильев М.М.	д.ф.-м.н.	1.3.9, техн. науки	Присутствует
11.	Васильев М.Н.	д.т.н., профессор	1.3.14, техн. науки	Присутствует
12.	Василяк Л.М.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.9, техн. науки	Присутствует

13.	Гавриков А.В.	д.ф.-м.н., доцент	1.3.9, техн. науки	Присутствует
14.	Голуб В.В.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.14, техн. науки	Подключен
15.	Грязнов В.К.	д.ф.-м.н., с.н.с.	1.3.14, физ.-мат. науки	Подключен
16.	Дьячков Л.Г.	д.ф.-м.н.	1.3.9, техн. науки	Присутствует
17.	Еремин А.В.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.14, физ.-мат. науки	Присутствует
18.	Зеленер Б.Б.	д.ф.-м.н.	1.3.9, техн. науки	Присутствует
19.	Зобнин А.В.	д.ф.-м.н.	1.3.9, техн. науки	Присутствует
20.	Иосилевский И.Л.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.9, физ.-мат. науки	Присутствует
21.	Киверин А.Д.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.14, физ.-мат. науки	Присутствует
22.	Лагарьков А.Н.	д.ф.-м.н., профессор, академик РАН	1.3.9, физ.-мат. науки	Отсутствует
23.	Левашов П.Р.	д.ф.-м.н., доцент	1.3.14, физ.-мат. науки	Присутствует
24.	Ломоносов И.В.	чл.-корр. РАН, д.ф.- м.н., профессор	1.3.14, техн. науки	Отсутствует
25.	Норман Г.Э.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.9, физ.-мат. науки	Присутствует
26.	Пикуз С.А.	к.ф.-м.н.	1.3.9, физ.-мат. науки	Подключен
27.	Савватимский А.И.	д.т.н.	1.3.14, техн. науки	Подключен
28.	Стегайлов В.В.	д.ф.-м.н., доцент	1.3.9, техн. науки	Отсутствует
29.	Трухачев Ф.М.	д.ф.-м.н.	1.3.14, техн. науки	Присутствует
30.	Филиппов А.В.	д.ф.-м.н., профессор	1.3.9, физ.-мат. науки	Присутствует
31.	Яньков Г.Г.	д.т.н., с.н.с.	1.3.14, физ.-мат. науки	Подключен

ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации научного сотрудника лаборатории № 16 – широкодиапазонных уравнений состояния Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) Кондратьева Арсения Михайловича на тему «Теплофизические свойства флюидов металлов и углерода в широкой области состояний на плоскости давление - удельный объем». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Диссертация выполнена в лаборатории № 16 – широкодиапазонных уравнений состояния ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, jiht.ru).

Научный руководитель:

Рахель Анатолий Дмитриевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории №16 – широкодиапазонных уравнений состояния Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Пикуз Сергей Александрович - гражданин РФ, доктор физико-математических наук, высококвалифицированный главный научный сотрудник Отдела физики высоких плотностей энергии Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН; Россия, г. Москва, Ленинский проспект, д. 53).

Николаев Дмитрий Николаевич – гражданин РФ, кандидат физико-математических наук, заведующий Лабораторией высоких динамических давлений Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН; Россия, 142432, г. Черноголовка, г. о. Черноголовка, Московская область, проспект академика Семенова, д. 1).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина Российской академии наук (ИФВД РАН; Россия, 142190, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, стр. 14).

На заседании присутствуют официальные оппоненты д.ф.-м.н. Пикуз С.А. и к.ф.-м.н. Николаев Д.Н., научный руководитель Кондратьева А.М. к.ф.-м.н. Рахель А.Д.

СТЕНОГРАММА

Председатель

Уважаемые коллеги, мы начинаем работу нашего диссертационного совета. Сейчас у нас к рассмотрению представлена диссертация Кондратьева Арсения Михайловича на тему «Теплофизические свойства флюидов металлов и углерода в широкой области состояний на плоскости давление – удельный объем». Диссертация представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Слово Алексею Владимировичу.

Ученый секретарь

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

Председатель

Есть ли вопросы к Алексею Владимировичу? Если нет, то, Алексей Владимирович, спасибо. Слово предоставляется Арсению Михайловичу для изложения основных результатов и положений диссертации.

Кондратьев А.М.

Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Кондратьева А.М. имеется в деле).

Председатель

Арсений Михайлович, спасибо. Так, переходим к обсуждению. Кто хотел бы задать вопрос? Пожалуйста, Михаил Николаевич.

Васильев М.Н.

Вы рассказали об экспериментальных результатах, но никакой интерпретации экспериментальных результатов по смене знака температурного коэффициента электропроводности Вы не озвучили. Возможно, в тексте диссертации есть, но хотелось бы их услышать. Как вы объясняете?

Кондратьев А.М.

Такое замечание было у ведущей организации. Эффект, конечно, имеет отношение к переходу в неметаллическое состояние. Смена знака достаточно характерный эффект. Вообще говоря, это вопрос открытый, на него нет точного ответа, как именно эффект смены знака соотносится с переходом металла-неметалл. По нашим представлениям, при этой плотности металл переходит в так называемое сильно коррелированное металлическое состояние, а сам переход металл-неметалл происходит при нескольких больших значениях относительно объема, которые по нашим оценкам соответствуют критическому объему.

Васильев М.Н.

То есть получается, что это другое вещество, если следовать этой логике?

Кондратьев А.М.

В каком смысле? Свинец остается свинцом.

Васильев М.Н.

В самой структуре материала при этом что-то меняется. Если я правильно понял Ваш ответ.

Кондратьев А.М.

Это сверхкритический флюид. Да, происходят изменения в электронной подсистеме.

Васильев М.Н.

Хорошо.

Председатель

Еще вопросы, пожалуйста. Да, пожалуйста, Леонид Михайлович.

Василяк Л.М.

Скажите, пожалуйста, какова воспроизводимость ваших данных от эксперимента к эксперименту? Поскольку у вас поверхность кварца или сапфира, у сапфира, наверно хорошая, она разная, вы там заливаете клеем, как-то прижимаете. И один эксперимент сделали и другой, скажем, на сапфире и на стекле. Вопрос заключается в следующем. На одном и том же материале и на разных материалах с разными толщинами. Воспроизводится ли это результат?

Кондратьев А.М.

Это хороший вопрос. Во-первых, мы всегда делаем как минимум по паре экспериментов с одинаковыми параметрами. Здесь, на этой картинке, пунктирная и сплошная линия – это два разных эксперимента с одинаковыми практически начальными параметрами. Что касается использования двух разных оконных материалов, сапфира и кварцевого стекла, для определения, скажем так, для себя даже, точности нашей экспериментальной методики, проводились эксперименты, в которых исследуемый образец помещался между сапфиром и кварцевым стеклом. С помощью двух интерферометров одновременно измерялись смещения измеренные и с помощью сапфира, и с помощью кварцевого стекла. Оказалось, что в пределах нашей погрешности они согласуются.

Василяк Л.М.

Спасибо.

Председатель

Вопросы еще, пожалуйста? Так, у меня вопрос. Что касается графита и жидкого углерода. Здесь два вопроса. Во-первых, в чем Ваше достижение здесь, как вы оцените? И второй вопрос, это сравнение с результатами, полученными в других группах. Что Вы можете сказать по этому поводу?

Кондратьев А.М.

Главное отличие нашей экспериментальной методики, от других методик, которые ранее применяли для исследования графита и жидкого углерода, заключается в том, что в наших экспериментах мы контролируем все термодинамические параметры, которые полностью характеризуют состояние образца. До нас таких экспериментов сделано не было, поэтому представляет сложность иногда даже просто сравниться с другими экспериментами, потому что там неизвестно, например, давление, или если известно давление, то непонятно, насколько однородно образец нагревался при этом, и неизвестна плотность в процессе.

Председатель

Хорошо, спасибо. Есть ли еще вопросы? Если нет, то спасибо.

Кондратьев А.М.

Спасибо.

Председатель

Так, теперь слово предоставляется научному руководителю, Рахелю Анатолию Дмитриевичу. Пожалуйста, Анатолий Дмитриевич.

Рахель А.Д.

Выступление научного руководителя не стенографируется. Положительный отзыв Рахеля А.Д. имеется в деле.

Председатель

Хорошо, Анатолий Дмитриевич, спасибо. Так, теперь слово Алексею Владимировичу.

Ученый секретарь

Дорогие коллеги, в деле у нас имеется заключение организации, в которой выполнялась работа, Объединенный институт высоких температур. Если позволите, не буду полностью во всех деталях зачитывать заключения и последующие отзывы и части, в которых обсуждается диссертация, содержание диссертации, потому что мы только что заслушали соискателя, а буду концентрироваться на замечаниях, которые высказаны к диссертации. В заключении организации, где выполнялась работа, ОИВТ РАН, заключение положительное, и в заключении работа Арсения Михайловича Кондратьева рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Также в деле имеется отзыв ведущей организации, который составлен Валентином Николаевичем Рыжовым, членом-корреспондентом РАН доктором физ.-мат. наук, и утвержден академиком Вадимом Вениаминовичем Бражкиным, директором ИФВД РАН 6 мая 2026 года. В отзыве, опять же, имеется весь классический разбор диссертации, актуальность, новизна, значимость научная и практическая значимость, а также отмечены четыре замечания.

1. Для экспериментов со свинцом и с СВЭС не даются оценки температур, достигаемых в экспериментах. Так, из приведенных данных для свинца можно видеть, что в значительной части экспериментов достигаются величины давления и относительного объема, которые в несколько раз превышают соответствующие величины в критической точке. Грубая оценка показывает, что в таком случае температура в этих экспериментах может в десятки раз превышать температуру в критической точке и может достигать величин порядка 100 тысяч Кельвин. Температура критической точки свинца приблизительно равна 6 тысячам Кельвин. Если такие высокие температуры действительно достигаются в экспериментах, то встает вопрос о том, насколько сильным будет их влияние на полученные результаты, так как в таком случае, например, уже нельзя пренебрегать теплопотерями излучением.

2. На зависимости коэффициента Грюнайзена от относительного объема для свинца и СВЭС видно, что при сравнительно больших величинах относительного объема, отношение больше чем 3–5, значение коэффициента Грюнайзена стремится к значению близкому к 1/3, что ниже идеально-газового значения 2/3. Это отличие не обсуждается в диссертации.

3. В диссертации показаны интерферограммы, полученные с помощью двухканального интерферометра в одном из экспериментов со свинцом. На этих

интерферограммах отчетливо видна модуляция, причем эта модуляция отличается для разных каналов. При этом не указывается причина возникновения этой модуляции и не рассматривается ее влияние на результаты измерения объема и давления, которые выполняются с помощью интерферометра.

4. Обнаруженный эффект смены знака температурного коэффициента электросопротивления для свинца и СВЭС не обсуждается с точки зрения отношения этого эффекта к переходу металл-неметалл.

И заканчивается отзыв ведущей организации фразой, что все перечисленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей значимости диссертационной работы. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным в пункте 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Кондратьев Арсений Михайлович, заслуживает присуждение ученой степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Эта же фраза повторяется и в других отзывах. Если позволите зачитывать ее повторно не буду.

Также нам поступило четыре отзыва на автореферат по рассматриваемой диссертации.

(Первый отзыв) Первый отзыв был получен от кандидата физ.-мат. наук, руководителя направления группы неразрушающих теплофизических методов исследования Испытательного центра АО «НИИГрафит» Антона Анатольевича Белогорова. Белогорова, прошу прощения. И дальше цитирую в отзыве часть, относящуюся к замечаниям.

1. В качестве замечания следует отметить отсутствие в автореферате информации об исследованных образцах свинца и эвтектического сплава в части происхождения (марка, изготовитель) элементного состава, наличия примесей.

2. Нет данных о возможной неоднородности поверхности образцов, шероховатости.

3. Отсутствуют прямые экспериментальные данные измерения тока, напряжения и смещения от времени.

4. Для таких экспериментов было бы неплохо проводить анализ вещества после эксперимента.

5. Методика достаточно интересная, но требует, на мой взгляд, дополнительной верификации.

(Второй отзыв) Второй отзыв на автореферат получен от кандидата физ.-мат. наук, доцента кафедры молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества Физического факультета МГУ им. Ломоносова Льва Александровича Благонравова. Зачитываю часть, относящуюся к замечаниям.

1. Отмечая высокую квалификацию автора в части реализации сложной методики измерений в труднодоступной области состояния и получения новых важных результатов, хотелось бы сделать некоторые замечания в отношении подачи этого материала. Дело в том, что в работе, посвященной изучению высокотемпературных свойств материалов, температура, как таковая, в работе не участвует. В порядке дискуссии можно сделать предположение о возможности оценки температуры, используя уравнение состояния, на которое автор неоднократно ссылается. При этом результаты, связанные с изменением знака температурного коэффициента удельного сопротивления, были бы более убедительными.

2. Для определения давления автор использует уравнение состояния материала пластин оконного блока. При прочтении автореферата остаются без ответа некоторые естественно возникающие вопросы. В частности, на рисунке 6 показано семейство кривых, описывающих зависимость давления от приведенного объема. При этом не указано по какому параметру различаются кривые семейства. Не пояснен немонотонный

характер зависимости и наличие максимума. Автору следовало бы это прокомментировать.

Отзыв положительный.

(Третий отзыв) Третий отзыв получен от доктора физ.-мат. наук, ведущего научного сотрудника Лаборатории фазовых переходов в сильнокоррелированных и неупорядоченных системах ИФВД РАН Юрия Дмитриевича Фомина. Отзыв положительный, без замечаний.

(Четвертый отзыв) Четвертый отзыв получен от доктора физмат-наук, профессора, руководителя научного направления теплофизические свойства веществ ИТ СО РАН Сергея Всеволодовича Станкуса. Остановлюсь на замечаниях, зачитаю их.

1. Первое замечание. Следовало бы более подробно описать методику измерения давления в проведенных экспериментах. Фразы «давление в образце $P(t)$ определяется по измеренной зависимости $X(t)$ и уравнению состояния оконного материала» явно недостаточно для ее понимания.

2. Второе замечание. В целом, в автореферате практически все результаты представлены в виде графиков. Отсутствуют таблицы и аппроксимационные уравнения, что затрудняет практическое использование полученных данных. Например, в заключении указано, что в работе были определены скачки исследованных свойств при плавлении углерода в зависимости от давления. Однако в автореферате такие данные отсутствуют. Хотя эти важные физические величины позволяют судить об изменении структуры углерода при переходе к жидкому состоянию.

Отзывы на автореферат закончены. Отмечаю, что все отзывы положительные.

Председатель

Алексей Владимирович, спасибо. А теперь слово Арсению Михайловичу для ответа на замечания.

Кондратьев А.М.

Начну с ответов на замечания ведущей организации.

Первое замечание касалось температуры. В ведущей организации предположили, что температура будет достигать 100 тысяч Кельвин. В нашей работе по свинцу, которая вышла в ЖЭТФ в 2024 году, где опубликованы результаты диссертационной работы, проводился расчет температуры с помощью химической модели плазмы. Этот расчет показал, что температура не превышает в наших экспериментах 60 тысяч градусов. Но, кроме того, в этой же статье показано, что эта величина, 60 тысяч градусов, несколько завышена, и в реальности температура в наших экспериментах не превышает 40 тысяч. Причем это величина для наиболее энергичных экспериментов из нашей работы. Имея в виду такую температуру, можно оценить теплопотери излучением на максимум с помощью закона Стефана-Больцмана. Оказывается, что для самых энергичных экспериментов с самой большой температурой к концу эксперимента они не превышают 5%, что укладывается в нашу погрешность и не сказывается на общем результате работы.

Второе замечание по поводу коэффициента Грюнайзена, что он меньше $2/3$ как для идеального газа. В той же работе в журнале ЖЭТФ 2024 года, показано, проведены оценки, что для идеальной плазмы, в которой происходит ионизация, коэффициент Грюнайзена будет принимать значение меньше $2/3$. Поэтому низкие относительно идеально-газовой величины значения параметра Грюнайзена определяются ионизацией, происходящей в наших экспериментах

Замечание (третье), которое касается интерферограмм. Имеется в виду вот этот рисунок из диссертации (рисунок 2.9). Показаны две интерферограммы, полученные с помощью двухканального интерферометра. Интерферограмма сверху – в ней интерферометр был наведен на центральную часть образца, а нижняя интерферограмма – в ней второй канал интерферометра был наведен на образец со смещением около двух с

половиной миллиметров от центра. Мы этот вопрос изучали экспериментально. Дело в том, что в наших экспериментах в пластине оконного материала, на которую давит расширяющийся образец, возникают самые разнообразные упругие волны, которые изучались в работе коллег, в том числе, научного руководителя, опубликованной в 2025 году. Появление этих волн может вызывать небольшое отклонение луча интерферометра, который распространяется по пластине оконного материала, за счет чего, отражаясь от зеркала, меньшая часть луча попадает обратно в коллиматор, что приводит к изменению интенсивности объектного луча. А интерферометр у нас построен по схеме Майкельсона, где есть опорный луч, интенсивность которого постоянна, и за счет такого эффекта может меняться интенсивность объектного луча. Кроме того, из-за вот этих волн может меняться немного поляризация объектного луча, что также выглядит как модуляция. Однако характерное время модуляции гораздо меньше времени между экстремумами, вызванными интерференцией. За счет этого оказывается, что влияние минимально. И, например, по этим двум интерферограммам было определено смещение для этого эксперимента. Результат представлен на графике справа (рисунок 2.10 диссертации). Здесь смещение поверхности уже от энтальпии для этого эксперимента со свинцом. Видно, что на протяжении всего эксперимента смещения практически совпадают. Смещения, определенные по вот этим двум интерферограммам.

Замечание (четвертое), которое касается смены знака температурного коэффициента электросопротивления. Как я уже комментировал, вопрос о механизме этого перехода в жидких металлах остается открытым, но наша точка зрения заключается в том, что в момент смены знака металл переходит в так называемое сильное коррелированное состояние, и при этом сам переход металл-неметалл происходит при нескольких больших значениях относительно объема, который по нашим оценкам соответствует объему в критической точке.

Дальше перейду к ответам на замечания, поступившие на автореферат. Начну с замечаний Сергея Всеволодовича Станкуса.

Первое замечание: следовало бы более подробно описать методику измерения давления. Конечно, из этой фразы (фраза из автореферата, приведена в отзыве Станкуса С.В.) сложно понять, как измеряется давление. Согласен. Но дело в том, что в автореферате основной упор был сделан на представление экспериментальных данных, полученных в работе, а методика изменения давления была уже ранее опубликована в ряде наших работ и на защиту она не выносится.

Второе замечание, которое касается представления результатов в виде графиков. Опять же, из-за того, что экспериментальных данных было получено достаточно много, а объем автореферата ограничен, было принято решение наиболее компактным образом продемонстрировать полученный результат, то есть в виде графиков. При этом, если нужно, то сейчас не составляет особого труда оцифровать графики и получить данные. При этом в диссертации имеются таблицы с экспериментальными данными, которые суммарно занимают 7 страниц.

Замечания Благодирова Л.А. из МГУ. Первое замечание по поводу возможности оценки температуры по уравнению состояния. Дело в том, что по полученным в наших экспериментах данным, можно построить только калорическое уравнение состояния, потому что температура в них не измеряется. Поэтому, к сожалению, температуру таким образом оценить не можем.

Второе замечание. Показано семейство кривых, это зависимости давления от относительно объема. Не указано по какому параметру различаются, и не приводятся причины появления максимума. Как я уже говорил, каждая кривая представляет собой какой-то отдельный эксперимент, и эти кривые различаются из-за того, что начальные параметры эксперимента для них отличаются. То есть меняется толщина фольги, меняется оконный материал пластин, между которыми вклеен образец, и зарядное напряжение на батарее конденсаторов. А максимум давления возникает из-за того, что процесс у нас

импульсный, имеется максимум тока, из-за чего в эксперименте у нас есть максимум мощности, а мощность напрямую связана с давлением, поэтому и на зависимости давления появляются максимумы.

Теперь замечания, которые поступили из НИИГрафита. Первое замечание по поводу состава образцов. Это правильное замечание, стоило это в автореферате указать. Использовался свинец марки С2С и С0000 с соответствующим содержанием свинца. Для изготовления эстетики, которую мы изготавливали непосредственно у нас в лаборатории, использовался свинец марки С2С и висмут Ви00 с указанным массовым содержанием висмута.

Замечания о неоднородности и шероховатости. Фольги прокатывались непосредственно в лаборатории с помощью ювелирных вальцов, и шероховатость поверхности определяется шероховатостью вальцов, которые имели 9 класс шероховатости, то есть шероховатость не более 0,3 мкм. С учетом того, что толщина образцов наших составляет десятки микрон, это не влияет существенным образом на результаты. Ну и, естественно, на наличие каких-то макроскопических дефектов тоже всегда образцы проверяются.

Следующее замечание. Отсутствуют прямые экспериментальные данные измерения тока и напряжения. Они, во-первых, имеются в ряде работ, опубликованных ранее, в том числе и тех, которые вошли в диссертацию. Интерферограммы также представлены в диссертации. Но и, кроме того, измерения тока и напряжения выполняются достаточно стандартными методами, и было решено их в автореферат не включать.

Следующее замечание. Анализ веществ после эксперимента, к сожалению, у нас невозможен, потому что образцы полностью разрушаются в результате эксперимента, и там ничего анализировать.

И замечание по поводу дополнительной верификации. Всегда, конечно, нужно стараться насколько это возможно определить свои погрешности. Мы в работе своей постарались это сделать. К настоящему времени разработали методику измерения скорости ударных волн, достаточно тщательно оценили свои погрешности, и всегда старались делать эксперименты парами для того, чтобы исключить выбросы. На этом все.

Председатель

Хорошо, спасибо. Теперь слово предоставляется официальному оппоненту, доктору физ.-мат. наук Пикузу Сергею Александровичу. Дистанционно будет Сергей Александрович подключаться.

Пикуз С.А.

Выступление оппонента не стенографируется. Положительный отзыв Пикуза С.А. имеется в деле.

Председатель:

Сергей Александрович, спасибо. Теперь слово предоставляется Арсению Михайловичу для ответа на заключение.

Кондратьев А.М.

Первое замечание, которое касается размера обзорной главы. Действительно она получилась достаточно большой. Во-первых, это из-за того, что представлены результаты для трех существенно различных веществ. К тому же большую часть главы занимает обзор на литературные данные по графиту, а по графиту очень много литературы. И хотелось продемонстрировать, чем же качественно отличаются полученные в диссертации данные от имеющихся в литературе. Поэтому достаточно много было написано на этот счет.

Замечание по поводу отсутствия ключевых осциллограмм – это совершенно правильное замечание. Если я могу обосновать отсутствие осциллограмм в автореферате, то, что их нет в диссертации, это мое упущение.

Замечание по поводу того, что описание методики разбросанного по главам. Дело в том, что рисунок 2.8 – это рисунок, который демонстрирует схему экспериментальной установки. И для того, чтобы его не перегружать деталями, поскольку подавляющее большинство экспериментов проводилось на установке именно с такой схемой, на рисунке 3.5 показана схема измерения скорости слабых ударных волн, которую я в докладе уже показывал. Поскольку это в каком-то смысле дополнительное исследование, дополнение к основной установке, то отдельно была показана эта методика.

Насчет отличия давления. Я старался в легендах к рисункам не перегружать их какими-то мелкими степенями. Поэтому давления указаны в атмосферах и гигапаскалях. Но, вероятно, стоило в одних и тех же величинах указать.

Председатель

Спасибо. Слово предоставляется оппоненту кандидату физ.-мат. наук Николаеву Дмитрию Николаевичу.

Николаев Д.Н.

Выступление официального оппонента не стенографируется. Положительный отзыв Николаева Д.Н. имеется в деле.

Председатель

Спасибо. Арсений Михайлович, Вам слово для ответа.

Кондратьев А.М.

Насчет терминологии. Термин акустический импеданс иногда используется в литературе для обозначения произведения плотности среды на скорость звука в ней. Как я обнаружил, например, в известной книге Зельдовича и Райзера по физике ударных волн, акустический импеданс определяется именно таким образом. И таким же образом этот термин используется в диссертации. А волновой импеданс мы чаще используем по отношению к электромагнитным явлениям, потому что они у нас тоже имеются.

Второе замечание по поводу того, что не рассматривалась возможность влияния профиля ударной волны в образце, из-за того, что она возникает за счет воздействия лазерного. Это следовало поместить в диссертацию. Дело в том, что диаметр пятна на поверхности образца облучаемого импульсным лазером в экспериментах был не менее 1 миллиметра. В некоторых экспериментах достигал даже двух. При этом диаметр луча интерферометра составлял около 0,3 миллиметра. Если учесть, что импульсный лазер имеет гауссово распределение интенсивности, то нетрудно показать, что в пределах 0,3 миллиметра неоднородность интенсивности будет иметь величину порядка 10%. Это существенным образом не повлияет на измеряемые величины, особенно с учетом того, что в экспериментах со слабыми ударными волнами погрешность измерения, в том числе давления, может достигать 20%.

И замечание по поводу интерпретации проведенных экспериментов. Тут стоит отметить, что, во-первых, в нашей экспериментальной сборке между пластинами оконного материала и образцом имеется тонкий слой клея, толщина которого порядка микрона. При этом луч интерферометра отражается от диэлектрического зеркала, нанесенного на поверхность пластины оконного материала, то есть между зеркалом и непосредственно образцом имеется тонкий слой клея, и в момент, когда волна выходит на поверхность образца, она взаимодействует не непосредственно с зеркалом, с помощью которого измеряется смещение и давление, она демпфируется тонким слоем клея, который имеет достаточно хорошую сжимаемость. Это может несколько уменьшать

давление. С другой стороны, если слоем клея пренебречь и считать, что имеется идеальный контакт между пластиной и образцом, то, поскольку мы знаем и импеданс пластины оконного материала и исследуемого вещества, поскольку плотность и скорость звука в нем измеряем. Вернее, скорость звука мы можем определить по нашим измерениям термодинамических величин. Поэтому можно внести поправку в акустическом приближении, потому что у нас скорость ударной волны слабо отличается от звука. Эта поправка несколько изменяет давление, но оказывается, что внесение этой поправки сказывается в пределах наших 20% точности измерения давления. И, таким образом, на выводы, которые сделаны с помощью этой методики, внесение такой поправки не повлияет.

Председатель

Спасибо, Арсений Михайлович. Теперь у нас есть время для дискуссий. Пожалуйста, кто хотел бы выступить?

Апфельбаум Е.М.

Так как второго соискателя (Кондратьева А.М.) я знаю тоже достаточно давно, как и первого, более того, первая работа у него в списке литературы – я там соавтор, то могу высказаться по поводу этой работы. С работой этой группы я знаком давно. Они являются частью большого направления, которое ведет именно наш институт по измерению теплофизических свойств веществ. И я считаю, что эта группа сама по себе является лидером не только в нашей стране, но и в мире. А Арсений является достойным ее представителем. Вы сами слышали, что он разработал сам часть экспериментальной установки, связанной с двухканальным интерферометром. Он провел целый ряд новых измерений. Причем стоит отметить, что измерения по свинцу, когда я выступал по свинцу лет 10 назад, думал, что свинец померен полностью, но выяснилось, что нет. Их работы были первыми, и в тот момент не с кем было сравниваться, потому что никаких других данных не было. Я считаю, что эти данные очень полезны и достоверны, и предлагаю голосовать за.

Председатель

Спасибо. Еще, пожалуйста. Павел Ремирович.

Левашов П.Р.

Дорогие коллеги, с экспериментом, который рассказывал соискатель, я знаком больше 25 лет, и могу сказать, что наша группа всегда интересовалась этими данными, мы проводили интерпретации этих данных. У нас есть несколько статей в которых мы дискутируем по поводу достоверности и так далее. Что важно отметить, это то, что установка, о которой идет речь, она уникальна не только для России, но и в мире она единственная такая установка. Это значит, что любые данные, которые авторы получают на этой установке, они сразу попадают в высокорейтинговый журнал. И в этом смысле у нас в институте серьезный приоритет в этой области. Это важно отметить. Существенно еще то, что это продолжение давних работ, пионерских работ Сергея Владимировича Лебедева, Александра Ивановича Савватимского. И вот эта школа, которая у нас сейчас в институте действует, она фактически задает стандарты в области эксперимента по электровзрыву. Это без преувеличений так и есть. Поэтому я всячески поддерживаю работу и всем предлагаю голосовать за

Председатель

Есть ли еще?

Я тоже хотел бы сказать. Очень важна работа экспериментатора. Если на эту тему рассуждать, буквально несколько недель назад, мне попалась брошюра издательства

«Знание», и там были избранные выступления Петра Леонидовича Капицы. Относились они к 60-м годам. И он рассказывал там много, у него были такие тематические на тему, так сказать, науки и техники, и вот один из таких тезисов был в те времена, что очень многие молодые люди идут заниматься теоретической физикой, и очень мало кто идёт в эксперимент. 60-е годы! Этому объяснение, что эксперименты – это всегда огромный объём рутинной работы, тогда как в теорфизике, по крайней мере тогда так виделось, результат человек сразу видит, публикуется. А здесь есть скрытый период, латентный, когда идет работа та самая, тщательная, а публикаций нет. Конечно, очень здорово, что сегодня представлена работа многолетняя. Выполнен, безусловно, объем работ гигантский, который мы здесь можем оценить, но он остается за кадром. Здорово, что есть молодежь, которая преемственность нам всем обеспечивает, создает. И те компетенции, те достижения, которые были за эти десятилетия, они не уходят, они продолжаются, и очень хорошие публикации идут. Поэтому работу, конечно, только поддерживаем. Спасибо.

Есть ли еще желающие высказаться? Если нет, тогда Арсений Михайлович.

Кондратьев А.М.

Коллеги, я хотел бы поблагодарить наш научный коллектив, в частности научного руководителя, за поддержку и наставления, которые оказаны за это время, которые позволили эту работу проделать. Также хотел бы выразить благодарность Коробенко Виктору Николаевичу и Капильному Александру Григорьевичу, тоже членам нашего коллектива. Они научили меня делать эксперимент, много ценных советов давали. Без них бы, конечно, этой работы не было. Хотел бы поблагодарить всех, кто читал мою диссертацию, черновики, делал правки и находил ошибки. Это существенно позволило ее улучшить. Также, конечно, хочу поблагодарить диссертационный совет за возможность представить сегодня работу. И хочу поблагодарить институт за то, что в нем созданы условия, которые позволили эту работу выполнить. И, кроме того, конечно, хочу поблагодарить своих родных, близких, друзей, которые поддерживали меня на протяжении большого периода времени.

Председатель

Спасибо. Мы переходим сейчас к голосованию. У нас еще два вопроса сегодня, которые мы должны рассмотреть, прежде чем мы разойдемся окончательно.

Ученый секретарь

Это относится к членам диссертационного совета. Дорогие коллеги, наше заседание проводится в очно-дистанционном комбинированном режиме, поэтому согласно положению голосование проводится с использованием информационных и коммуникационных технологий. На сайте ОИВТ РАН в разделе диссертационные советы или по ссылке Вам можно войти на сайт под своим логином и паролем и проголосовать по поводу присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук Кондратьеву Арсению Михайловичу по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Проголосовать можете со своего устройства или с компьютера, который предоставляет диссовет. Прошу проголосовать.

(Проводится процедура тайного голосования)

Председатель

Уважаемые коллеги! Голосование завершено, результаты у Алексея Владимировича.

Ученый секретарь

Дорогие коллеги, голосование завершено. Всего присутствовало на заседании 28 членов диссертационного совета, в том числе докторов наук по профилю

рассматриваемой диссертации 13, очно присутствовал 21 член диссертационного совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 8. Онлайн присутствовало 7 членов диссертационного совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 5. Получено 28 голосов, 28 за, 0 против, 0 испорченных.

Председатель

Хорошо. Есть ли вопросы, замечания?

Мы должны утвердить. Кто за? Против? Воздержались? Нет.

(Протокол счетной комиссии утвержден единогласно).

Спасибо большое, теперь можно поздравить.

У нас еще заключение. Есть замечания, пожелания?

(Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения).

Есть ли у кого-то по проекту заключения замечания, предложения? Уже передали, хорошо. Тогда будем утверждать. Кто за то, чтобы принять с замечаниями? Против? Воздержался? Нет. Спасибо.

(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 27.05.2026г. № 4

О присуждении Кондратьеву Арсению Михайловичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Теплофизические свойства флюидов металлов и углерода в широкой области состояний на плоскости давление - удельный объем» по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 18.03.2026г., (протокол заседания № 2) 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.

Соискатель Кондратьев Арсений Михайлович 1989 года рождения, в 2013 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Работает в должности научного сотрудника лаборатории №16 – широкодиапазонных уравнений состояния Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

В 2017 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории №16 – широкодиапазонных уравнений состояния Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Научный руководитель кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории №16 – широкодиапазонных уравнений состояния Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук Рахель Анатолий Дмитриевич.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, высококвалифицированный главный научный сотрудник Отдела физики высоких плотностей энергии Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук Пикуз Сергей Александрович;
- кандидат физико-математических наук, заведующий Лабораторией высоких динамических давлений Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук Николаев Дмитрий Николаевич дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина Российской академии наук в своем положительном заключении, составленном членом-корреспондентом Российской академии наук, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником Лаборатории фазовых переходов в сильно коррелированных и неупорядоченных системах Рыжовым В.Н. (утвержденном 06.05.2026 г. директором академиком Бражкиным В.В.) указала, что научная значимость работы определяется в первую очередь новизной полученных результатов. Данные, полученные для свинца и свинцово-висмутового эвтектического сплава позволили построить термодинамически согласованные уравнения состояния этих веществ в широких интервалах давления и относительного объема, а также оценить критические плотности перехода в неметаллическое состояние. Эти данные могут стать основой для построения теории металлов в области сверхкритических состояний, построения теории неидеальной плазмы и выяснения механизма перехода металл-неметалл. Данные, полученные для графита и жидкого углерода, могут быть использованы для проверки моделей и потенциалов, используемых в компьютерном моделировании этих веществ

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы в научных центрах и организациях, в которых проводятся работы по изучению теплофизических свойств веществ, а также работы по атомной тематике и связанными с ней проблемами, например в Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Институте теплофизики УрО РАН, Институте физики прочности и материаловедения им. В.Е. Панина СО РАН, Физико-энергетическом институте имени А.И. Лейпунского, Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ», ВНИИТФ, ВНИИЭФ, ОКБ «Гидропресс», НИКИЭТ имени Н.А. Доллежала, АО «НИИграфит».

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ:

1. Апфельбаум, Е. М. Изучение плотной плазмы свинца / Е. М. Апфельбаум, А. М. Кондратьев, А. Д. Рахель // Журнал экспериментальной и теоретической физики. — 2024. — Т. 165, № 6. — С. 876–888;

2. Kondratyev, A. M. Measurements of shock-propagation velocities in liquid lead across the metal-nonmetal transition range / A. M. Kondratyev, A. D. Rakhel // Physical Review B. — 2023. — Vol. 107. — Art. 195134;

3. Kondratyev A. M. Metal–non-metal transition in lead–bismuth eutectic / Kondratyev A. M., Korobenko V. N., Rakhel A. D. // Journal of Physics: Condensed Matter. — 2022. — Vol. 34. — Art. 195601;

4. Кондратьев, А. М. Термодинамические функции и удельное сопротивление флюида свинца в области перехода металл — неметалл / А. М. Кондратьев, В. Н. Коробенко, А. Д. Рахель // Журнал экспериментальной и теоретической физики. — 2018. — Т. 154. — С. 1168–1182;

5. Kondratyev, A. M. Direct measurements of thermal expansion and the volume change upon melting for graphite / A. M. Kondratyev, V. N. Korobenko, A. D. Rakhel // Carbon. — 2016. — Vol. 100. — P. 537–539;

6. Kondratyev, A. M. Experimental study of liquid carbon / A. M. Kondratyev, V. N. Korobenko, A. D. Rakhel // Journal of Physics: Condensed Matter. — 2016. — Vol. 28. — Art. 265501.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (д.ф.-м.н., профессор Станкус С.В.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- Следовало бы более подробно описать методику измерения давления в проведенных экспериментах. Фразы «Давление в образце $P(t)$ определяется по измеренной зависимости $X(t)$ и уравнению состояния оконного материала» явно недостаточно для ее понимания.

- В целом, в автореферате практически все результаты представлены в виде графиков. Отсутствуют таблицы и аппроксимационные уравнения, что затрудняет практическое использование полученных данных. Например, в Заключение указано, что в работе были определены скачки исследованных свойств при плавлении углерода в зависимости от давления. Однако, в автореферате такие данные отсутствуют, хотя эти важные физические величины позволяют судить об изменении структуры углерода при переходе к жидкому состоянию.

2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина Российской академии наук (д.ф.-м.н. Фомин Ю.Д.) – отзыв положительный, без замечаний.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (к.ф.-м.н., доцент Благоданов Л.А.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- В работе, посвящённой изучению высокотемпературных свойств материалов, температура как таковая в работе не участвует. В порядке дискуссии можно сделать предположение о возможности оценки температуры, используя уравнение состояния, на которое автор неоднократно ссылается. При этом результаты, связанные с изменением знака температурного коэффициента удельного сопротивления, были бы более убедительными.

- На рис. 6 показано семейство кривых, описывающих зависимость давления от приведённого объёма. При этом не указано, по какому параметру различаются кривые семейства. Не пояснён немонотонный характер зависимости и наличие максимума. Автору следовало бы это прокомментировать.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н. Пикуз Сергей Александрович является ведущим ученым в области физики высоких плотностей энергии и крупным специалистом по методике взрывающихся проволок. В частности, им была предложена широко известная схема Х-пинча. Так как использованная в диссертации методика по своему принципу близка к методике взрывающихся проволок, д.ф.-м.н. Пикуз С.А. может дать квалифицированную и объективную оценку представленным экспериментальным результатам.

1. Пикуз С.А., Тиликин И.Н., Романова В.М., Мингалеев А.Р., Шелковенко Т.А. Развитие неустойчивостей в тонких алюминиевых фольгах, взрываемых на генераторе с током до 10 кА // Физика плазмы, Т. 50, № 7, с. 744–752, 2024;

2. Романова В.М., Тиликин И.Н., Тер-Оганесян А.Е., Мингалеев А.Р., Шелковенко Т.А., Пикуз С.А. Электрический взрыв тонких проводников (смена парадигмы) // Физика плазмы, Т. 50, № 9, с. 1062–1075, 2024;

3. Shelkovenko T.A., Tilikin I.N., Pikuz S.A., Mingaleev A.R., Romanova V.M., Atoyana L., Hammer D.A. Explosion dynamics of thin flat foils at high current density // *Matter and radiation at extremes*, Vol. 7, p. 055901, 2022.

- к.ф.-м.н. Николаев Дмитрий Николаевич является признанным специалистом в области физики экстремальных состояний вещества и ударно-волновых методов изучения свойств веществ. Это позволяет ему квалифицированно оценить как полученные экспериментальные результаты, так и методику генерации и измерения скорости слабых ударных волн, разработанную в рамках диссертационной работы.

1. Кулиш М.И., Николаев Щ.Н., Дудин С.В., Минцев В.Б. Пирометрическая методика во взрывном эксперименте // *Приборы и техника эксперимента*, № 6, с. 64–75, 2025;

2. Mochalova V.M., Utkin A.V., Nikolaev D.N., Savinykh A.S., Garkushin G.V., Kapasharov A.T., Malkov G.V. Shock response of two epoxy resins at up to 330 GPa pressure // *Journal of Applied Physics*, V. 136, № 4, p. 045902-1–045902-10, 2024;

3. Mochalova V.M., Utkin A.V., Nikolaev D.N. Shock response of unidirectional carbon polymer composite up to pressures of 200 GPa // *Journal of Applied Physics*, V. 133, № 24, p. 245902-1–245902-9, 2023.

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина Российской академии наук является профильной организацией, специализирующейся на проведении экспериментальных и теоретических исследований фундаментальных свойств вещества: структуры, электронных свойств, устойчивости и фазовых превращений при высоких давлениях. Данная организация выбрана потому, что в ней на протяжении десятилетий ведутся работы по исследованию графита и жидкого углерода, что также является одной из тем диссертационной работы. Организация обладает высокой научной репутацией и авторитетом в области изучения фундаментальных и прикладных аспектов физики вещества, находящегося под высоким давлением, что гарантирует независимую и непредвзятую оценку диссертационной работы. Специалисты института обладают подтвержденным опытом проведения экспертных оценок и участия в научных комиссиях, что обеспечивает высокие стандарты экспертизы и объективность оценки.

1. Циок О.Б., Бражкин В.В., Бычков Е., Тверьянович А.С. Экспериментальные исследования перехода жидкость - стекло для AS2S3 при высоких гидростатических давлениях до 5 ГПа // *ЖЭТФ*, Т. 168, № 3, с. 390–400, 2025;

2. Fomin Yu.D., Tsiok E.N., Ryzhov V.N. Melting and sublimation of graphene and silicene // *Physics of complex systems* Vol. 5, No. 4, p. 172–176, 2024;

3. Kondrin M.V., Brazhkin V.V., Lebed Y.B. Extended defects in graphene and their contribution to the excess specific heat at high temperatures // *Physical review letters*, Vol. 126, No. 16, p. 165501, 2021.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- получены экспериментальные зависимости удельной энтальпии и удельного электросопротивления свинца от давления и относительного объема для интервала давлений 0,4–4,5 ГПа и интервала значений относительного объема $V/V_0 = 1–18$ (V_0 – удельный объем свинца при нормальных условиях);

- получены экспериментальные зависимости удельной энтальпии и удельного электросопротивления свинцово-висмутового эвтектического сплава в жидком состоянии от давления и относительного объема в интервале давлений 0,4–5 ГПа и значений относительного объема $V/V_0 = 1–8$;

- для свинца и свинцово-висмутовой эвтектики обнаружен эффект, заключающийся в смене знака изохорического температурного коэффициента сопротивления с положительного на отрицательный при увеличении относительного

объема, причем это происходит при определенном значении относительного объема. Для свинца это значение равно 2,7, а для свинцово-висмутовой эвтектики 2,4;

- разработана методика измерения скорости слабых ударных волн в жидких металлах пониженной плотности в экспериментах со взрывающимися фольгами;

- полученные экспериментальные зависимости удельной энтальпии и удельного электросопротивления графита и жидкого углерода от давления и относительного объема вблизи линии плавления для диапазона давлений 0,5–1,5 ГПа. получены величины скачков плотности, удельного электросопротивления и энтальпии при плавлении графита для указанного диапазона давлений.

Научная новизна исследования заключается в том, что полученные в диссертации экспериментальные данные позволили обнаружить качественный эффект, заключающийся в смене знака изохорического температурного коэффициента электросопротивления свинца и свинцово-висмутового эвтектического сплава с положительного на отрицательный при понижении плотности. Установлено, что это происходит при определенном значении относительного объема. Для свинца это значение равно 2,7, а для свинцово-висмутового эвтектического сплава 2,4. Ранее в литературе отсутствовали данные о наличии качественного эффекта такого рода для свинца и свинцово-висмутового эвтектического сплава. Кроме того, в литературе отсутствовали экспериментальные данные по теплофизическим свойствам этих веществ в широкой области состояний, исследованной в диссертации. Впервые проведены измерения скорости распространения слабых ударных волн в жидком свинце в широком диапазоне давления и плотности. Экспериментальные данные, полученные для графита и жидкого углерода позволили определить знак изохорического температурного коэффициента сопротивления для этих веществ. В исследованной в диссертации области состояний для графита этот коэффициент оказался положительным, а для жидкого углерода отрицательным.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- экспериментальные данные, полученные в настоящей работе для свинца и свинцово-висмутового эвтектического сплава могут быть использованы для верификации результатов, полученных путем компьютерного моделирования, для проверки и корректировки таких моделей;

- также эти данные могут стать основой для теоретического описания свойств металлов в сверхкритической области, построения теории неидеальной плазмы и выяснения механизма перехода металл-неметалл.

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

- свинец и свинцово-висмутовый эвтектический сплав широко используются в различных технологических процессах. Свинец, например, используется в качестве теплоносителя в перспективном реакторе на быстрых нейтронах БРЕСТ, а свинцово-висмутовая эвтектика в реакторах типа СВБР. Полученные данные могут быть использованы для моделирования аварийных ситуаций, когда локально могут достигаться параметры состояния теплоносителя значительно превышающие нормальные величины;

- графит широко используется в науке и технике. Для атомной отрасли полученные в диссертации данные могут быть актуальны, поскольку графит используется в качестве конструкционного материала. Также данные могут найти применение в аэрокосмической сфере, где углерод используется, например, для производства сопел. Кроме того, полученные результаты могут способствовать оптимизации ряда технологических процессов, включая синтез алмазов из графита, производство аморфного углерода и лазерную обработку графитовых материалов.

Полученные результаты могут быть полезны для научных институтов и организаций, которые изучают теплофизические свойства веществ или работают в сфере атомной энергетики и смежных областях. В список таких организаций входят: РФЯЦ-

ВНИИТФ, РФЯЦ-ВНИИЭФ, Физико-энергетический институт им. Лейпунского, НИИГрафит, ОКБ «Гидропресс», НИКИЭТ имени Н.А. Доллежала, Институт теплофизики СО РАН и УрО РАН, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Московский инженерно-физический институт.

Оценка достоверности результатов показала, что в диссертации была проведена необходимая для надежного определения погрешностей работа. В частности было проведено сравнение полученных результатов с надежными литературными данными. Для оценки погрешности полученных результатов в области, где литературные данные отсутствуют, специально была разработана оригинальная экспериментальная методика по измерению скорости слабых ударных волн в исследуемом материале, которая позволила достоверно оценить систематическую погрешность измерений в этой области состояний. Также в рамках диссертационной работы был создан двухканальный интерферометр, с помощью которого были получены экспериментальные свидетельства одномерности теплового расширения образцов, что является важной особенностью используемой экспериментальной методики.

Личный вклад соискателя состоит в развитии экспериментальной методики взрывающихся фольг, постановке и проведении экспериментов. Для реализации методики соискателем была создана электроимпульсная экспериментальная установка. Подготовка и проведение экспериментов на этой установке также осуществлялись соискателем. Автор принимал непосредственное участие в анализе и интерпретации полученных результатов. Апробация результатов исследования проводилась на 12 российских и международных конференциях и симпозиумах. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены при определяющем участии автора.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Кондратьев Арсений Михайлович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с частью замечаний и привел собственную аргументацию на остальные.

На заседании от 27.05.2026г. диссертационный совет постановил 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 Кондратьеву Арсению Михайловичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) в количестве 28 человек, из них очно: 11 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 8 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, дистанционно: 1 доктор наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 5 доктора наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 28, против 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)
Академик РАН

Петров О.Ф.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)
к.ф.-м.н.

Тимофеев А.В.

27.05.2026 г.