

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра проблем
химической физики и медицинской химии
Российской академии наук



д.х.н. Золотухина Е.В.
«14 марта 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии
Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН)
(142432, Московская обл., г.о. Черноголовка, г. Черноголовка, проспект Академика
Семенова, д. 1, адрес сайта: <https://www.icp.ac.ru/>)

Диссертация «Влияние температуры на откольную прочность и ударную сжимаемость полимеров в слабых ударных волнах» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества выполнена в лаборатории реологических свойств конденсированных сред при импульсных воздействиях Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель, Черепанов Иван Александрович, работал в ФИЦ ПХФ и МХ РАН, в отделе экстремальных состояний вещества, лаборатории реологических свойств конденсированных сред при импульсных воздействиях в должности инженера, а затем младшего научного сотрудника. В настоящее время работает там же в должности младшего научного сотрудника.

Соискатель Черепанов И. А. окончил бакалавриат и магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» в 2017 и 2019 г. соответственно по специальности «Прикладные математика и физика».

С 2019 по 2023 гг. соискатель прошел обучение в очной аспирантуре на факультете фундаментальной физико-химической инженерии Федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по направлению подготовки 01.03.08 Физико-математические науки, специальность «Физика конденсированного состояния». В 2023 г. в качестве экстерна для прохождения промежуточной аттестации был прикреплен (приказ №1734 л (а) от 06.12.2023 г.) в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук по научной специальности 1.3.17. Химическая физика горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Справка об обучении с результатами сдачи кандидатских экзаменов выдана в 2025 г. ФИЦ ПХФ и МХ РАН в качестве подтверждающего документа.

Научный руководитель: Савиных Андрей Сергеевич, кандидат физико-математических наук (01.04.17 – химическая физика, в том числе физика горения и взрыва), ФИЦ ПХФ и МХ РАН, старший научный сотрудник лаборатории реологических свойств конденсированных сред при импульсном воздействии.

По итогам обсуждения диссертации «Влияние температуры на откольную прочность и ударную сжимаемость полимеров в слабых ударных волнах» на заседании секции № 7 Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН принято следующее заключение:

Работа Черепанова И.А. посвящена определению влияния температуры, процессов стеклования и плавления на прочностные свойства ударопрочных полимерных материалов: поликарбоната, АБС-пластика и сверхвысокомолекулярного полиэтилена.

Актуальность темы

Благодаря относительной простоте получения, а также присущим эксплуатационным характеристикам полимеры повсеместно заменяют многие привычные материалы. Сочетание различных свойств, в особенности: низкой плотности, прозрачности, высокой механической прочности и химической стойкости дают конкурентное преимущество перед металлами или керамиками. По этой причине полимерные материалы на сегодняшний день активно используются в авиационной технике, космических аппаратах, а также в качестве конструкционных материалов, в тех областях, где могут быть подвержены высокоскоростным ударам. Среди ряда ударопрочных полимерных материалов отдельно можно выделить поликарбонат и сверхвысокомолекулярный полиэтилен, которые часто применяются в качестве бронезащиты, а также АБС – пластик с возможностью «напечатать» из него многие конструкционные изделия.

Одной из ключевых особенностей полимерных материалов является их высокая чувствительность к температуре, что существенно влияет на прочностные характеристики и, как следствие, на эксплуатационные свойства изделий из полимеров. Поэтому важной фундаментальной проблемой является вопрос о влиянии температуры, в том числе в области перехода из стеклообразного в высокоэластичное состояние (температуры стеклования) или плавления на прочностные характеристики полимерных материалов при

высокоскоростном нагружении. В связи с этим задачи изучения свойств полимеров при интенсивных динамических нагрузках, необходимых для построения адекватных моделей их поведения при высоких скоростях деформирования в широком диапазоне температур являются на сегодняшний день важными и актуальными.

Еще одна причина исследования температурных зависимостей для полимеров заключается в схожести их поведения выше температуры стеклования с теоретическими моделями при высоких скоростях деформации неньютоновских жидкостей. Использование при высокоскоростном ударе таких материалов в качестве жидких бронежилетов повышают актуальность работы.

Новизна и практическая значимость результатов работы

Предложены и отработаны экспериментальные схемы нагрева и охлаждения при высокоскоростном деформировании полимеров с одновременной регистрацией профилей скорости свободной поверхности полимерных материалов в широком температурном диапазоне.

Впервые получены данные об ударной сжимаемости и откольной прочности поликарбоната, АБС-пластика и СВМПЭ при напряжениях сжатия до 1.3 ГПа в области повышенных и отрицательных температур, в которых реализуются различные состояния полимеров.

Полученные в работе экспериментальные данные по ударной сжимаемости и откольной прочности исследованных полимеров в широком диапазоне давлений и температур могут быть использованы для построения моделей деформирования и разрушения полимерных материалов, а также для расчетов сопротивления растягивающим напряжениям в конструкционных изделиях.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность представленных экспериментальных результатов опирается на воспроизводимость массива данных, полученных при ударно-волновом нагружении исследуемых образцов полимерных материалов с использованием апробированного метода регистрации профилей скорости свободной поверхности VISAR и последующем анализе волновых профилей, а также не противоречит данным из литературы.

Результаты работы подвергались многократной независимой положительной экспертизе и опубликованы в ведущем рецензируемом издании, индексируемом в RSCI, относящемся к журналу категории K1 в классификации ВАК Минобрнауки РФ; основные результаты диссертации обсуждались на российских и международных конференциях: Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2025» (г. Москва, 2025), Школа молодых ученых «Закономерности критичности при многомасштабной фрагментации керамик в широком диапазоне интенсивностей нагружения» (г. Пермь, 2024, online), I Всероссийская школа по газодинамике и физике взрыва Национального центра физики и математики (г. Саров, 2023); LXIV Международная конференция «Актуальные проблемы прочности» (г. Екатеринбург, 4 – 8 апреля 2022).

Плановый характер работы

Исследования по теме диссертации выполнены в рамках тематической карты ФИЦ ПХФ и МХ РАН (номера госрегистрации АААА-А19-119071190040-5, 124020600049-8).

Полнота опубликования результатов и ценность научных работ соискателя ученой степени

Всего по материалам диссертации соискателем совместно с соавторами опубликовано 3 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ для защиты диссертаций на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, и 3 тезисов докладов на конференциях разного уровня.

Статьи по результатам работы:

1. Черепанов И.А., Савиных А.С., Гаркушин Г.В., Разоренов С.В. Откольная прочность поликарбоната при температурах 20-185⁰С // Журнал технической физики. 2023. Т. 93. № 5. С 666.
2. Черепанов И.А., Савиных А.С., Гаркушин Г.В., Разоренов С.В. Влияние температуры на ударную сжимаемость и откольную прочность АБС-пластика в слабых ударных волнах // Журнал технической физики. 2024. Т. 94. № 1. С 125.
3. Черепанов И.А., Савиных А.С., Гаркушин Г.В., Разоренов С.В., Жуков А.Н., Черняев Д. А., Панин С.В., Алексенко В.О. Ударная сжимаемость и откольная прочность сверхвысокомолекулярного полиэтилена в широком диапазоне температур // Журнал технической физики. 2026. Т. 96. № 4 С 729.

Все статьи, выполненные в соавторстве, процитированы в диссертации в соответствии с п. 14 критериев Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.04.2013 г. (в текущей редакции). Результаты, описанные в диссертации, являются оригинальными, заимствованные материалы без ссылки на источник заимствования отсутствуют.

В опубликованных материалах довольно полно изложены основные результаты работы. В работе [1] рассматривается влияние повышенной начальной температуры на ударную сжимаемость (раздел 3.3) и откольную прочность (разделы 3.2 и 3.4) поликарбоната. Работа [2] содержит установленные зависимости прочностных характеристик АБС – пластика от температуры (разделы 4.2, 4.3, 4.4), а также механизм откольного разрушения данного материала (раздел 4.4). В работе [3] определены зависимости скорости ударной волны от массовой скорости и откольная прочность сверхвысокомолекулярного полиэтилена в диапазоне начальных температур, включающем отрицательные значения (разделы 5.2, 5.3). Также в работах [1-3] подробно описана методика измерения растягивающих напряжений для полимерных материалов при ударно-волновом нагружении в широком температурном диапазоне (разделы 2.3, 3.1, 4.1, 5.1)

Ценность научных работ соискателя для химической физики обусловлена установлением зависимостей прочностных характеристик ударопрочных полимерных

материалов при динамическом нагружении от температуры; описанием механизма откольного разрушения в исследованных термопластах; развитием методики измерения растягивающих напряжений для полимеров при ударно-волновом нагружении в широком температурном диапазоне, включая отрицательные температуры.

Личный вклад автора

Экспериментальные исследования, в том числе постановка задач, проведение измерений, регистрация и анализ волновых профилей, создание и модернизация экспериментальных «сборок» проведены автором лично или при его непосредственном участии. Записи кривых дифференциальной сканирующей калориметрии выполнены в лаборатории инженерного материаловедения ФФФХИ МГУ имени М.В. Ломоносова Комовым Е.В. и Марясевской А.В., а также в лаборатории полимерных резистов ФИЦ ПХФ и МХ РАН Черняевым Д.А. Рентгеновская дифрактометрия выполнена руководителем группы химии импульсных воздействий ФИЦ ПХФ и МХ РАН Жуковым А.Н. Образцы АБС – пластика были подготовлены в научно-исследовательском центре СИБУР ПолиЛаб, образцы СВМПЭ подготовлены в лаборатории механики полимерных композиционных материалов ИФПМ СО РАН Алексеенко В.О.

Публикации по материалам, изложенным в диссертации, выполнены в соавторстве. В работах [1-2] соискателем выполнены подготовка экспериментальных «сборок», регистрация волновых профилей, обработка и интерпретация результатов, написание первичных версий, редактирование переработанных версий.

Соответствие диссертации научным специальностям, отрасли науки

Диссертация Черепанова И.А. на тему: «Влияние температуры на откольную прочность и ударную сжимаемость полимеров в слабых ударных волнах» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена задача по установлению зависимостей прочностных характеристик ударопрочных полимеров от температуры при динамических нагрузках и определению характера разрушения исследуемых материалов в широком температурном диапазоне.

Работа соответствует паспорту специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, физико-математические науки в п. 2 (Структура и свойства кристаллов, аморфных тел; поведение веществ и структурно-фазовые переходы в экстремальных условиях – в электрических и магнитных полях, в условиях статического и динамического сжатия), в п. 3 (Динамические теории в описании упругости, релаксации, пластической деформации, теплопроводности, реологии; динамика фазовых переходов); и в п. 4 (Релаксация внутренней энергии в кинетическую и в энергию решетки; особенности энергетической динамики в газах, кластерах, жидкостях, твердых телах и межфазных границах).


Решение о рекомендации работы к защите

Диссертация Черепанова Ивана Александровича «Влияние температуры на откольную прочность и ударную сжимаемость полимеров в слабых ударных волнах» соответствует всем критериям Положения о присуждении ученых степеней,

утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.04.2013 г., с учетом всех последующих изменений, применительно к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (физико-математические науки).

Заключение принято на заседании секции № 7 Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН (протокол № 1 от 14 февраля 2025 г.). Присутствовало на заседании 21 членов совета из 25. Результаты голосования: «за» – 21, «против» – нет, «воздержались» – нет.

Председатель секции № 7
Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН
доктор физ.-мат. наук, член-корреспондент РАН



Минцев В.Б.

Секретарь секции № 7
Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН
кандидат физ.-мат. наук



Мочалова В.М.