

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной
деятельности Национального исследовательского
Томского государственного университета,
доктор технических наук, профессор



Замятин Александр Владимирович

» мая 2026 г.

Отзыв ведущей организации

на диссертацию Черепанова Ивана Александровича

«Влияние температуры на откольную прочность и ударную

сжимаемость полимеров в слабых ударных волнах», представленную
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика
экстремальных состояний вещества

Актуальность и значимость темы исследования.

Широкое распространение полимерных материалов в современной технике связано с технологичностью производства изделий из них и совокупностью ценных эксплуатационных характеристик, включая низкую плотность, высокую удельную прочность, химическую стойкость и, в ряде случаев, оптическую прозрачность. Указанные свойства обеспечивают конкурентные преимущества полимеров по сравнению с традиционными материалами, такими как металлы и керамика, и определяют их активное применение в машиностроении, авиационно-космической технике, а также в конструкциях, эксплуатируемых в условиях динамических и ударных нагрузок. Особый интерес представляют такие материалы, как поликарбонат, сверхвысокомолекулярный полиэтилен и АБС-пластик, широко используемые, в том числе, в задачах защиты и аддитивного производства.

Существенной особенностью полимерных материалов является их выраженная температурная чувствительность, оказывающая значительное влияние на механические и прочностные характеристики. В этой связи фундаментальное значение приобретает исследование влияния температуры, включая области стеклования и плавления, на поведение полимеров при высокоскоростном деформировании. Недостаточная изученность данных процессов затрудняет построение адекватных моделей деформирования и

разрушения полимерных материалов в широком диапазоне температур и скоростей нагружения.

Высокую значимость результатов диссертации имеют полученные новые результаты исследования поведения полимеров при температурах выше температуры стеклования в рамках моделей неньютоновских сред при высоких скоростях деформации. Эти результаты важны для обоснования перспектив применения исследованных полимерных материалов в системах динамической защиты, включая концепции «жидкой» брони.

Таким образом, рассматриваемая в диссертации задача исследования механических свойств полимерных материалов при высокоскоростном нагружении в широком температурном диапазоне является актуальной как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Диссертационное исследование Черепанова И. А. направлено на решение этой задачи, поскольку целью работы является, согласно тексту диссертации: «определить влияние температуры, процессов стеклования и плавления на прочностные свойства ударопрочных полимерных материалов: поликарбоната, АБС-пластика и сверхвысокомолекулярного полиэтилена».

Исследования, проведенные в рамках диссертационной работы Черепанова И. А. выполнены в рамках тематической карты ФИЦ ПХФ и МХ РАН (АААА-А19-119071190040-5, 124020600049-8).

Результаты и выводы, сформулированные в исследовании. Сформулированные в результате исследований результаты и выводы диссертации изложены в тексте на 121 странице. Текст диссертации включает список сокращений и условных обозначений, введение, 5 глав, заключение, список литературы из 109 наименований; содержит 53 рисунка, 3 таблицы. Обоснование актуальности темы исследований выполнено на основе обзора научных публикаций по теме диссертации.

В **первой главе** рассмотрены основные принципы физики ударных волн. Изложены основные физико-химические свойства, поведение при ударном воздействии, а также область практического применения исследуемых полимеров.

Во **второй главе** приведено описание основных экспериментальных методик, используемых для определения прочностных характеристик при динамическом нагружении.

Третья, четвертая и пятая главы диссертации представлены как основные, содержащие ключевые экспериментальные результаты исследования. В третьей главе рассмотрено сопротивление высокоскоростному разрушению поликарбоната в широком диапазоне температур, в четвертой – АБС-пластика, в пятой – СВМПЭ.

Заключение диссертационной работы содержит совокупность полученных основных результатов.

Диссертация и автореферат оформлены согласно требованиям, предъявляемым к ним, и изложены ясным научным языком. Работа грамотно написана и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны выводы.

Диссертационная работа Черепанова Ивана Александровича представляет собой логично выстроенное, завершенное научное исследование, посвященное определению влияния температуры и процессов стеклования и плавления на прочностные свойства при высокоскоростном деформировании некоторых ударопрочных полимерных материалов.

Новизна полученных результатов. Соискателем в ходе выполнения диссертационной работы получены новые научные результаты, наиболее значимыми из которых являются следующие.

В работе разработаны и экспериментально апробированы методики термомеханического воздействия, обеспечивающие контролируемый нагрев и охлаждение полимерных материалов в условиях высокоскоростного деформирования, с одновременной регистрацией профилей скорости свободной поверхности в широком температурном диапазоне.

Впервые получены систематические экспериментальные данные об ударной сжимаемости и откольной прочности поликарбоната, АБС-пластика и сверхвысокомолекулярного полиэтилена в диапазоне сжимающих напряжений до 1.3 ГПа при повышенных и отрицательных температурах, соответствующих различным физическим и структурным состояниям полимеров.

Достоверность полученных результатов обусловлена применением апробированного метода регистрации полных волновых профилей скорости свободной поверхности исследуемых образцов при ударно-волновом нагружении и при различных начальных температурах и максимальных напряжениях сжатия; использованием широко используемого в таких измерениях интерферометрического метода VISAR и последующего анализа волновых профилей; комплекса современных физико-химических методов, включая дифференциальную сканирующую калориметрию, рентгеноструктурный анализ, оптическую микроскопию, гидростатическое взвешивание и акустические измерения, для характеристики структуры и свойств исследуемых материалов; а также воспроизводимостью экспериментальных данных и их согласованностью с известными литературными результатами.

Достоверность проведенных исследований подтверждается согласованностью результатов, полученных в работе, опубликованным в рецензируемых научных изданиях и корректно принятым допущениям. Общие выводы по диссертации, приведенные в заключении, отражают основные результаты исследований автора. Их обоснованность обеспечена использованием современных научных представлений по рассматриваемой проблематике, согласованностью полученных результатов и теоретических положений с достижениями передовых научных школ в области физики ударных волн.

Практическая значимость диссертации и рекомендации по ее использованию.

Полученные в работе экспериментальные данные по ударной сжимаемости и откольной прочности исследованных полимерных материалов в широком диапазоне давлений и температур имеют существенную практическую значимость и могут быть использованы при разработке и верификации моделей деформирования и разрушения полимеров. Результаты работы применимы при проведении расчетов прочности и надежности конструктивных элементов, испытывающих динамические и ударные нагрузки.

Практическая ценность полученных данных проявляется, в частности, в их использовании при проектировании и анализе изделий в машиностроении, авиационно-космической технике и оборонной промышленности, где полимерные материалы эксплуатируются в условиях интенсивных термомеханических воздействий.

Результаты диссертационной работы рекомендуются для использования в высших учебных заведениях, научных учреждениях и организациях, осуществляющих научные исследования в области физики взрыва и высокоскоростного взаимодействия твердых тел: Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургском государственном университете, Московском физико-техническом институте (национальном исследовательском университете), Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана (национальном исследовательском университете), Национальном исследовательском Томском государственном университете, Федеральном исследовательском центре проблем химической физики и медицинской химии РАН (г. Черноголовка), Институте физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна РАН (г. Черноголовка), Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова (г. Москва), Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН

(Новосибирск), Пермском федеральном исследовательском центре УрО РАН, в том числе в «Институте механики сплошных сред УРО РАН» – филиале ПФИЦ УрО РАН (г. Екатеринбург), Российском федеральном ядерном центре – Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики (г. Саров), Российском федеральном ядерном центре – Всероссийском научно-исследовательском институте технической физики имени академика Е.И. Забабахина (г. Снежинск), Объединенном институте высоких температур РАН (Москва) и других организациях.

Диссертация содержит новые научные результаты, соответствующие пп. 2, 3 и 4 паспорта специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (отрасль науки – физико-математические).

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Результаты диссертации изложены в 6 статьях. Основные результаты изложены в 3 статьях, опубликованных в рецензируемых научных журналах (категория К1), рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России для защиты кандидатских диссертаций и переводных версиях, индексируемых в системах цитирования «Web of Science» и «Scopus», и неоднократно обсуждались на международных и всероссийских конференциях.

В качестве принципиальных замечаний по тексту диссертации следует указать следующие:

1. В диссертации указано, что для сверхвысокомолекулярного полиэтилена проводились оптические исследования образцов после нагружения. Следовало бы указать, проводились ли аналогичные исследования для поликарбоната и АБС-пластика.

2. Следовало бы более подробно описать методику подготовки образцов к динамическим испытаниям в широком диапазоне температур. Следовало бы указать режимы термостатирования образцов перед ударно-волновым нагружением и привести сведения о времени термостатирования для конкретных заданных температур перед испытаниями.

3. Представление результатов исследований в диссертации выиграло бы, если бы были указаны конкретные диапазоны варьирования температур для каждого исследованного материала. В тексте диссертации указан только общий температурный интервал от $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $185\text{ }^{\circ}\text{C}$ для проведенных исследований полимерных материалов, хотя материалы имеют существенно разные температуры размягчения и температуры стеклования.

4. В тексте диссертации и автореферате имеются опечатки. Например, производная массовой скорости по координате, а не по времени в уравнении количества движения (стр. 11); дублирование номера 2.4 в оглавлении. Имеются неудачные выражения и словосочетания, например, на стр. 5: «...а

также АБС-пластик с возможностью «напечатать» из него многие конструкционные изделия».

Отмеченные недостатки не снижают общей высокой теоретической и практической значимости выполненных Черепановым И. А. исследований, а вопросы и замечания могут быть использованы при развитии данного направления исследований.

Заключение

На основании анализа содержания диссертации, основных защищаемых положений, результатов и выводов можно сделать заключение о том, что диссертация Черепанова Ивана Александровича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи определения прочностных свойств поликарбоната, АБС-пластика, сверхвысокомолекулярного полиэтилена при высокоскоростном нагружении в слабых ударных волнах в широком температурном диапазоне, имеющей значение для развития химической физики, горения и взрыва, физики экстремальных состояний вещества, в том числе развития научных представлений о закономерностях поведения полимерных материалов в слабых ударных волнах. Полученные автором результаты, выводы и рекомендации в полной мере обоснованы. По актуальности изученной проблемы, научной новизне, практической и теоретической значимости полученных результатов, их достоверности и обоснованности выводов работа Черепанова Ивана Александровича соответствует требованиям п.п. 9–11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024 № 1382), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Черепанов Иван Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.


Отзыв подготовлен заведующим кафедрой механики деформируемого тела физико-технического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета, доктором физико-математических наук, профессором Скрипняком Владимиром Альбертовичем и ведущим научным сотрудником лаборатории гетерогенных систем макрокинетики Томского научного центра СО РАН, по совместительству – профессором кафедры механики деформируемого тела физико-технического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета, доктором физико-математических наук, старшим научным сотрудником Зелепугиным Сергеем Алексеевичем.

Доклад по диссертации И. А. Черепанова заслушан, отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании кафедры механики деформируемого тела федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (протокол № 10 от 23.04.2026).

Заведующий кафедрой механики деформируемого тела НИ ТГУ, доктор физико-математических наук (05.13.16 – Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях), профессор


Скрипняк Владимир Альбертович
04.05.2026

Профессор кафедрой механики деформируемого тела НИ ТГУ, доктор физико-математических наук (1.1.8. Механика деформируемого твердого тела)


Зелепугин Сергей Алексеевич
04.05.2026

Согласны на обработку персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Черепанова Ивана Александровича, и их дальнейшей обработкой.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Адрес: Российская Федерация,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Сайт организации: <https://www.tsu.ru>

E-mail: rector@tsu.ru

Тел. (3822) 52-98-52, факс (3822) 52-95-85

ОКПО 02069318, ОГРН 1027000853978

ИНН 7018012970, КПП 701701001