

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Черепанова Ивана Александровича,
«Влияние температуры на откольную прочность и ударную сжимаемость
полимеров в слабых ударных волнах»,

представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических
наук по специальности 1.3.17 - химическая физика, горение и взрыв, физика
экстремальных состояний вещества

Актуальность работы

Полимеры всё шире применяются в конструкциях, работающих при экстремальных температурах и ударных нагрузках (авиация, космос, бронезащита). При этом систематических данных о влиянии температуры на откольную прочность в диапазоне от $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+185\text{ }^{\circ}\text{C}$ крайне мало. Диссертация Черепанова И.А. восполняет этот пробел, причём выполнена на высоком экспериментальном уровне с использованием VISAR и оригинальных методов нагрева/охлаждения. Безусловно, работа актуальна как для фундаментальной физики ударных волн, так и для инженерных расчётов.

Научная новизна и глубина результатов

Новизна состоит в следующем:

1. **Получены количественные температурные зависимости ударной сжимаемости** для трёх типов полимеров в виде $U_s = c_0(T) + b(T)u_p$. Впервые показано, что для поликарбоната наклон b остаётся практически постоянным, а для АБС-пластика и СВМПЭ заметно падает при переходе через T_g и T_m . Это важный факт для калибровки уравнений состояния Ми-Грюнайзена.
2. **Установлена связь между характером откольного разрушения и внутренней структурой.**

- Для поликарбоната чётко регистрируется классический откольный импульс, что позволяет корректно использовать формулу

$$\sigma_{sp} = \frac{1}{2} \rho_0 c_b \Delta u_{is}.$$

- Для АБС-пластика при температурах ниже T_g вместо импульса наблюдается длительное торможение – это указывает на **вязкопластический режим разрушения** с зарождением и слиянием

множественных микронесплошностей. Автор не применяет механически хрупкую формулу, а интерпретирует величину Δu_{ts} как параметр, характеризующий *начало повреждённости*. Такой подход корректен, если понимать его ограничения – и автор это делает.

- Для СВМПЭ отсутствие откольной полости при наличии излома на профиле $u(t)$ трактуется как уменьшение скорости звука в растянутом материале – интересная гипотеза, требующая дальнейшего изучения, но не противоречащая физике полукристаллических полимеров.

3. **Методическое новшество** – использование составного ударника (алюминий + ПММА) для реализации ступенчатого сжатия, что позволило более точно измерить объёмную скорость звука при высоких температурах.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость заключается в том, что полученные экспериментальные массивы данных могут служить эталоном для верификации кинетических моделей разрушения (типа Журкова–Бартенева) в динамическом диапазоне. В частности, из результатов автора следует, что активационный объём заметно меняется при переходе через температуру стеклования – это указывает на смену механизма деформации с хрупкого на вязкий. Автор чётко демонстрирует это на примере поликарбоната (резкий спад σ_{sp} в области T_g).

Практическая значимость – данные могут быть непосредственно использованы в расчётных кодах для моделирования соударений при температурах от -120 до $+150$ °С. Особенно ценны результаты по СВМПЭ, который применяется в средствах индивидуальной защиты и работает в широком климатическом диапазоне.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. **Применение формулы $\sigma_{sp} = \frac{1}{2} \rho_0 c_b \Delta u_{ts}$ для вязких режимов** (АБС-пластик ниже T_g) даёт не истинную откольную прочность, а некоторую эффективную величину, связанную с началом повреждённости. Хотелось бы видеть более строгую количественную оценку погрешности.
2. **Отсутствие собственной определяющей модели** (например, модификации модели Савиных–Гаркушина для полимеров с учётом температуры). Работа – экспериментальная, поэтому отсутствие модели не является недостатком. Тем не менее, полученные данные сами по себе готовы для её построения.

3. **Рисунок 10 (СВМПЭ):** осцилляции профиля скорости при 134 °С и 145 °С автор объясняет началом плавления. Желательно было бы провести дополнительный анализ дисперсии – не являются ли эти осцилляции следствием переотражений от гетерогенной структуры расплава?

Вышеприведённые замечания по тексту автореферата не снижают высокой научной и практической ценности представленной диссертации.

Диссертационная работа по своей актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а её автор, Черепанов Иван Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 - химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Информация о лице, составившем отзыв:

и.о. директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук;

Россия, 630090, Новосибирск, ул. Институтская, 4/1;

тел: +7 (383) 330-42-68;

сайт: <https://www.itam.nsc.ru/>;

почта: kraus@itam.nsc.ru;

доктор физико-математических наук (01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела).

Краус Евгений Иванович

Я, Краус Евгений Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

09.06.2026



Подпись Е. И. Крауса удостоверяю

Ученый секретарь, к.ф.-м.н.

Краус Евгений Иванович

Ю. В. Кратова