

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций**

21 - 25 сентября 2015 г.

Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕН ПРЕДРАЗРУШЕНИЯ ХРУПКИХ ОБРАЗЦОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НАГРУЗКИ В ОПЫТАХ НА СЖАТИЕ И ТРЕХТОЧЕЧНЫЙ ИЗГИБ

Кульков А.С.^{1,2}, Макаров П.В.^{1,2}, Еремин М.О.^{1,2},
Скрипняк В.А.², Козулин А.А.²

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
727@ispms.tsc.ru, pvm@ispms.tsc.ru, eremin@ispms.tsc.ru, kozulyan@ftf.tsu.ru,
skrp@ftf.tsu.ru

В работе представлены данные экспериментов по определению характерных времен предразрушения для хрупких образцов ряда горных пород (песчаник, габбро, мрамор, алевролит) в зависимости от приложенной нагрузки в опытах на трехточечный изгиб и сжатие при достаточно высоком уровне напряжений в области долговечности от десятых долей секунд до нескольких минут. В таком диапазоне разброс экспериментальных данных минимален, что позволило верифицировать модель накопления повреждений для этих материалов.

На рисунке 1 представлены экспериментальные результаты по разрушению образцов мрамора при трехточечном изгибе. t_{ave} означает среднее время разрушения различных образцов при одном уровне нагрузки.

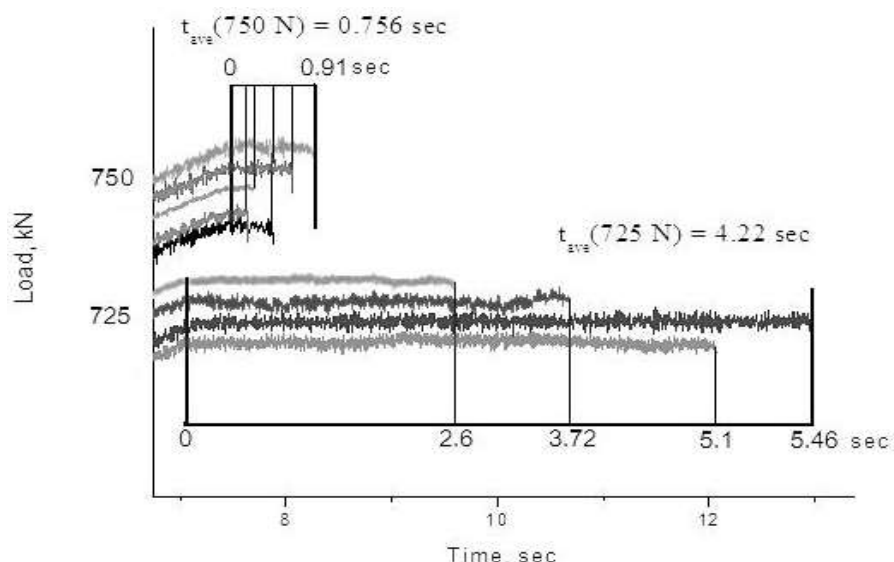


Рисунок 1. Долговечность образцов мрамора при различных уровнях нагрузки в экспериментах на трехточечный изгиб.

Математическая модель описывает кинетику накопления повреждений в материалах, в зависимости от уровня прилагаемой нагрузки (локального значения напряжений $\sigma(t)$ в каждой частице нагружаемой среды), вида НДС, определяемого локальным значением параметра Лоде-Надаи λ , и позволяет рассчитать долговечность t^* нагружаемого материала в зависимости от эволюции НДС. Модель описывает как медленную квазистационарную стадию накопления повреждений (длительность этой

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

стадии и составляет время предразрушения), так и лавинообразное разрушение – режим с обострением [1]. Количество единичных актов разрушения в модели полагается пропорциональным уже произошедшим событиям в степени α . Таким образом, скорость накопления повреждений $dN/dt \approx a(\sigma, \lambda)N^\alpha$. Такого вида уравнения характерны для процессов с обострением, а их решения имеют степенную асимптотику. Подобное поведение является типичным для нелинейных динамических систем, обладающих свойством самоорганизованной критичности. При $\alpha \approx 1$ скорость накопления повреждений приводит к их экспоненциальному росту, при $\alpha > 1$ и $\alpha \rightarrow 2$ все более существенную роль играют взаимодействие и кооперативное поведение, отвечающее состоянию самоорганизованной критичности. Информационный обмен в материале как нелинейной динамической системе обеспечивается волнами напряжений, передающими возмущения от единичных актов разрушения. Феноменологическая модель сформулирована в терминах меры поврежденности D . При $D = 1$ соответствующая локальная область нагружаемой среды считается разрушенной, $D = N_{\text{тек.}}/N^*$, где N^* некоторая предельная величина дефектов

$$D = \int_0^{t_*} \frac{(\sigma - \sigma_0)^2 (N^*)^{\alpha-1} D^\alpha dt}{[\sigma^*(1+\lambda)]^2 T^*} = \int_0^{t_*} \frac{(\sigma - \sigma_0)^2 D^\alpha dt}{C(1+\lambda)^2},$$

Здесь σ_0 и $C = (\sigma^*)^2 (N^*)^{1-\alpha} T^*$ – параметры модели.

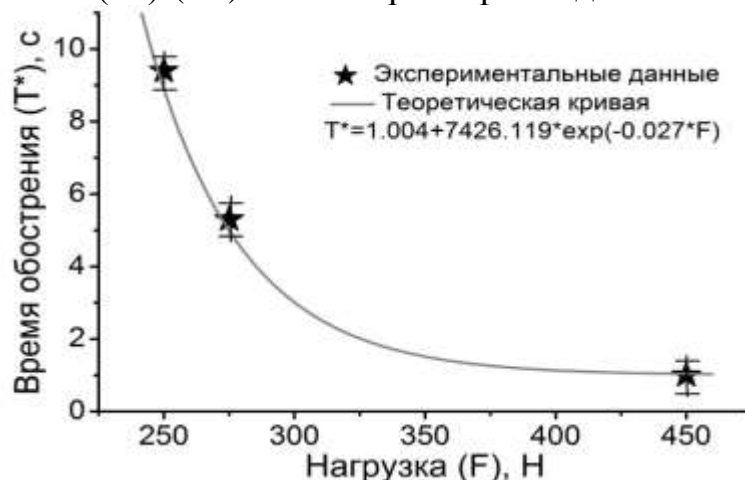


Рисунок 2. Данные численного моделирования разрушения габбро образцов при трехточечном изгибе (сплошная линия) в сравнении с данными эксперимента (звезды).

На рисунке 2 приведены теоретические кривые, полученные при моделировании разрушения образцов из габбро при трехточечном изгибе в сравнении с экспериментальными данными о характерных временах предразрушения.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 14-17-00198.

Литература:

1. П.В. Макаров, М.О. Еремин, Ю.А. Костандов Определение времени предразрушения для образцов из габбро в модели накопления повреждений // Физ. мезомех. – 2013. – Т. 16. – № 5. – С. 35-40.