

Отзыв

члена диссертационного совета Кукушкина Сергея Арсеньевича на
диссертацию

Волкова Григория Александровича «Инкубационные характеристики
предельных состояний сплошных сред», представленную на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук по специальности
1.1.8. механика деформируемого твердого тела

Диссертационная работа Волкова Г.А. посвящена исследованию инкубационных процессов, протекающих при переходных состояниях сплошных сред, на примере задач высокоскоростного разрушения твердых тел и акустической кавитации в жидкостях.

Актуальность темы диссертации

Актуальность исследования связана со значительной важностью переходных процессов при нестационарных условиях в современной технике и технологиях. Высокоскоростные ударные нагрузки для разрушения хрупких материалов — это рабочий режим многих машин, например, горнодобывающих и горнообогащительных. Явление кавитации возникает в компрессорах и насосах, которые перекачивают различные жидкости, на кромках гребных винтов кораблей, при быстром вскипании жидкости в момент сброса давления и во многих других случаях. Решение задач проектирования, расчёта прочности современных машин, управлять быстропротекающими процессами, требует знания общих закономерности быстрого разрушения сплошных сред, которое как раз и определяется инкубационными процессами.

Новизна полученных результатов

Предложены новые методы обработки данных высокоскоростных динамических испытаний, для которых обычно характерно малое количество экспериментальных точек. Это способствует стандартизации методов определения параметров инкубационных процессов, что в свою очередь может способствовать их использованию в инженерной практике.

Предложен способ учета неравновесных акустических воздействий при анализе условий фазового равновесия. Выведены соотношения, позволяющие корректировать кривые фазового равновесия при акустическом воздействии на сплошную среду.

Исследовано влияние учета сверхзвуковой фазы контактного взаимодействия на энергоёмкость процесса разрушения при ударном способе нагружения.

Разработан новый аналитический метод анализа экспериментальных данных динамических испытаний, с помощью которого можно определить скоростную

PK №33-06-1206 от 10.12.2024

чувствительность режима разрушения и механизмов пластического деформирования в металлах по скоростной зависимости прочности материала и данных статических испытаний, без дополнительных микроструктурных исследований поверхности разрушения.

Предложена новая интерпретация параметров критерия инкубационного времени, в рамках которой можно решать более широкий класс задач, чем просто предсказывать критические условия разрушения материалов при неравновесных воздействиях.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическая ценность исследования состоит в том, разработаны новые аналитические методы, использующие критерий инкубационного времени, не только для предсказания предельных условий хрупкого разрушения, но также для изучения широкого класса задач, механики разрушения материалов, акустической и импульсной кавитации в жидкостях.

Практическая значимость работы определяется новыми методами определения динамического параметра прочности – инкубационного времени, которые могут быть применимы в инженерной практике. Результаты, связанные с определением энергетически оптимальных режимов разрушения, также представляют большой интерес для технологий обработки материалов, а также технологий, измельчения горных пород. Модели, предсказывающие пороги акустической и импульсной кавитации, могут иметь большое значение в гидроакустике, например, при определении предельной мощности передаваемого акустического сигнала. Результаты исследований скоростной чувствительности режимов разрушения материалов и методы ее предсказания имеют большое значение для проектирования ударопрочных конструкций.

Оценка содержания и оформления работы

Диссертация состоит из введения, введения, пяти глав и заключения, 41 рисунков, 7 таблиц, библиографии из 188 наименований. Объем диссертации составляет 204 страницы.

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы цели и задачи, описаны методы и общая методология, представлены научные результаты, их теоретическая и практическая значимость, апробация, личный вклад автора, структура диссертации.

В первой главе рассмотрена задача разрушения хрупкого материала при нагружении с постоянной скоростью деформации, способы оценки критического напряжения и инкубационного времени разрушения. Предложен новый способ на основе метода знаковозмущенных сумм для оценки параметра инкубационного времени.

Во второй главе предложен аналитический подход для прогнозирования порога импульсной и акустической кавитации в жидкостях. Получены расчетные зависимости порога акустической кавитации воды от температуры при различных давлениях, проведен анализ энергетического баланса при кавитации.

В третьей главе исследованы энергетические особенности процесса высокоскоростного разрушения упругой среды при ударном воздействии, показано влияние формы ударника на энергоёмкость процесса разрушения, вычислены пороговые энергии разрушения с использованием критерия инкубационного времени.

В четвертой главе на основе метода знаковозмущенных сумм предложен новый способ оценки инкубационного времени и критического напряжения по экспериментальным данным динамических испытаний. Показано, что определение критического напряжения таким образом позволяет выявить скоростную чувствительность процесса разрушения двухкомпонентных материалов, например, таких как бетон.

В пятой главе сравниваются критерии разрушения с критерием инкубационного времени, демонстрируя его преимущества для описания скоростной зависимости прочности различных материалов и скоростей разрушения. Дается новая интерпретация параметров структурно-временного подхода.

В заключении дано краткое описание основных полученных результатов.

Оформление соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. По содержанию диссертации следует отметить следующие замечания:

- 1) В диссертации особое внимание уделяется вопросу оценки параметров прочности материала, используемых в структурно-временном подходе, при этом не исследована возможность использования для этой цели алгоритмов машинного обучения. Были ли автором сделаны шаги в этом направлении, и если да, то какие?
- 2) Согласно формуле (2.11), значение порога акустической кавитации при некоторых частотах получается равным бесконечности, что, разумеется, экспериментально наблюдаться не может. Говорит ли это об ограниченности области применимости предложенной модели?
- 3) Насколько обосновано использовать для описания температурной зависимости инкубационного времени процесса кавитации (формула (2.14)) соотношение типа уравнения Аррениуса? Поскольку уравнение Аррениуса, предложенное для описания связи между константой скорости химической и

температуры, было получено из термодинамических соображений и имеет в некотором смысле вероятностный характер.

- 4) В предложенном способе оценки сразу двух параметров, ширина доверительного интервала для инкубационного времени, а соответственно и оптимальное значение критического напряжения зависят от выбранного уровня доверительной вероятности. Непонятно насколько сильно будут меняться результаты при изменении уровня доверительной вероятности и какой из них нужно считать верным.

Заключение

Представленная к защите диссертационная работа соответствует требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а ее автор Волков Григорий Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела. Нарушений пунктов 9 и 11 указанного Порядка не обнаружены.

Заведующий лабораторией структурных и фазовых превращений в конденсированных средах федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07: Физика конденсированного состояния, профессор, лауреат премии президиума РАН им. П. А. Ребиндера, лауреат премии Правительства Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургского научного центра РАН по физике, заслуженный деятель науки РФ

Главный научный сотрудник
ИПМаш РАН,

Кукушкин С.А.



Кукушкина С.Ф.
Помощник Директора

С.И. / Индреса С.И. /

В. Доклад

2024 г.