

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Московский пр., д.9, Санкт-Петербург, 190031
Телефон: (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21
E-mail: dou@pgups.ru, <http://www.pgups.ru>
ОКПО 01115840, ОГРН 1027810241502,
ИНН 7812009592/ КПП 783801001

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –
проректор по научной работе
ФГБОУ ВО ПГУПС

д.т.н., профессор

Т.С. Титова



« 11 » 11 2024 г.

11.11.2024 № 005.01.7/1-108

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

на диссертационную работу

Волкова Григория Александровича

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

Актуальность темы диссертации и соответствие специальности

В работе проводится исследование различных явлений и эффектов, которые проявляются в нестационарных переходных процессах, возникающих при интенсивных экстремальных воздействиях. Рассмотренные в работе экспериментально наблюдаемые закономерности, которые на первый взгляд противоречат традиционным равновесным представлениям, моделируются в рамках структурно-временного подхода, основанного на понятии инкубационного времени. Актуальность работы обусловлена тем, что в большинстве случаев исследуемые эффекты не имеют удовлетворительного объяснения в рамках общепринятых методов, большинство из которых являются непосредственной экстраполяцией традиционных квазистатических представлений о наличии предельных силовых характеристик. Также стоит отметить, что в работе особое внимание уделяется задаче по определению значений ключевых физико-механических параметров материала. Возможность их точной оценки позволяет находить новые закономерности в переходных процессах, в частности, при высокоскоростном разрушении.

Актуальность диссертационной работы Волкова Г. А. также подтверждается и с инженерной точки зрения, поскольку на основе предложенных методов в работе предлагается стандартизированный способ обработки данных

РК № 33-06-1218 от 10.12.2024

высокоскоростных испытаний. Этот способ позволяет сделать математически обоснованную оценку механических характеристик материала по ограниченному набору экспериментальных данных.

Набор исследуемых задач, основные цели работы, а также используемые методы решения и общая тематика исследования позволяют сделать вывод, что представленная диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Содержание диссертации

Работа содержит 204 страницы, состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

В первой главе рассматриваются различные способы применения критерия инкубационного времени для моделирования зависимости прочности от скорости нагружающего воздействия, а также представлена методика оценки инкубационного времени с использованием рандомизированного метода знаковозмущенных сумм. Обосновывается применимость метода, а также доказывается теорема об ограниченности получаемой оценки. Эффективность предложенного метода демонстрируется на примере экспериментальных данных, наблюдаемых для различных материалов.

Во второй главе на примере задачи об кавитации исследуется влияние равновесных параметров состояния сплошной среды, – таких как температура и гидростатическое давление, – на величину модельных параметров, описывающих прочность жидких сред. Предлагаются температурные зависимости для инкубационного времени и критического напряжения, позволяющие описать экспериментально наблюдаемые зависимости порога акустической и импульсной кавитации от температуры при различных значениях фонового давления. Помимо этого, показывается, как в рамках предложенных моделей можно оценить влияние допороговой ультразвуковой волны на условия фазового равновесия жидкости.

В третьей главе исследуется энергоёмкость процессов разрушения при высокоскоростном динамическом нагружении. На примере задачи взаимодействия жесткого ударника с упругой средой показывается, что существуют оптимальные с точки зрения энергозатрат режимы воздействия. Также показано, что при учёте влияния сверхзвуковой фазы контактного взаимодействия такие оптимальные режимы должны существовать для ударников произвольной формы.

В четвертой главе представлен новый метод обработки данных динамических испытаний, который позволяет одновременно оценивать инкубационное время и критическое напряжение. Показано, как с помощью этого метода можно выявить скоростную зависимость механизмов разрушения в двухкомпонентных средах. Работоспособность метода продемонстрирована на примере обработки данных испытаний для различного марок бетона. Также проведена проверка устойчивости метода.

В пятой главе даётся новая механическая интерпретация основных параметров критерия инкубационного времени. Предложенный подход сопоставляется с альтернативными моделями, используемыми для предсказания критических условий разрушения при ударных высокоскоростных нагрузках.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

Выполненные в диссертационной работе исследования показывают универсальность идей, лежащих в основе используемого структурно-временного подхода и эффективность развиваемых на его основе методов. Показано, что знание основных модельных параметров сплошной среды позволяет не только решать задачи прогнозирования критических условий возникновения переходных процессов при неравновесных высокоскоростных воздействиях, но и определять энергетически оптимальные режимы нагружения. Кроме того, в работе предлагается стандартизированный способ однозначной оценки механических параметров сплошных сред, облегчающий его инженерное применение. Такой подход в целом определяет научную новизну и практическую значимость представленной диссертационной работы.

Наиболее важные результаты, полученные в диссертационной работе:

Доказано, что для модельная функция, описывающая скоростную зависимость прочности материалов с помощью критерия инкубационного времени, удовлетворяет необходимым условиям для корректного применения рандомизированного метода знаковозмущенных сумм. Также показано, что в результате использования указанного метода оценка значения инкубационного времени представляет собой ограниченный интервал, который с заранее выбранным уровнем вероятности содержит истинное значение параметра. Эффективность предложенного метода продемонстрирована на примере обработки данных высокоскоростных испытаний для различных материалов, таких как горные породы, бетон, лёд.

Предложен модифицированный способ обработки данных, описывающих временную зависимость прочности, с помощью метода знаковозмущенных сумм. Эффективность метода продемонстрирована на примере обработки данных испытаний, полученных при исследовании явления импульсной кавитации воды.

Разработана аналитическая модель, предсказывающая частотную зависимость порога акустической ультразвуковой кавитации. Также предложен способ учета влияния равновесных параметров жидкости, таких как температура и фоновое давление, на величину порога кавитации.

Разработана модель, определяющая энергоёмкость процесса разрушения при высокоскоростном ударном нагружении. Выявлено наличие энергетически оптимальных режимов нагружения для различных форм контактирующих поверхностей. Построена аналитическая модель, позволяющая учитывать влияние сверхзвуковой фазы контактного взаимодействия на выбор энергетически оптимальных режимов разрушения.

Предложена аналитическая модель, выявляющая скоростную чувствительность режима разрушения в хрупких двухкомпонентных материалах. В рамках модели предложен новый способ оценки прочности материалов по данным только динамических испытаний.

Дана новая механическая интерпретация инкубационного времени, как нормирующего коэффициента с размерностью скорости деформации. Это позволяет получать единую скоростную зависимость прочности в безразмерных координатах для всех сплошных сред. Также показано, что предположение о том, что критическое напряжение определяет статическую прочность материала не всегда корректно в силу конкуренции различных микроструктурных процессов, определяющих переходный процесс на макроуровне.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

- 1) Из табл.1.2 (с.58) следует, что инкубационное время t можно оценивать разными методами и в разных экспериментах. Можно ли тогда считать время t константой материала?
- 2) Точность оценки значений t зависит от доверительного интервала, который, в свою очередь, назначается «оценщиком», то есть экспериментатором?
- 3) Каково может быть практическое применение предложенных методов определения порога акустической кавитации и энергоемкости этого процесса?
- 4) Неясно, какой же вывод следует из оценки энергозатрат при воздействии сферического или цилиндрического ударника, – какие могут быть практические рекомендации по выбору формы, массы, радиуса ударника?
- 5) Правильно ли понимать, – если критическое напряжение, при котором происходит разрушение материала зависит от выбора уровня доверительной вероятности, то указанное напряжение нельзя считать механической постоянной материала? Как тогда должен «выглядеть» переход к статике при медленном нагружении?

Сделанные замечания не влияют на общее положительное заключение о диссертации.

Общие выводы и заключение по диссертации

Оценивая работу Волкова Г.А., можно отметить, что диссертация представляет собой хорошо структурированную работу, в которой четко сформулированы основные цели исследования и выносимые на защиту положения, а также подробно изложены решения поставленных задач. Результаты работы были опубликованы в ведущих научных журналах, а также представлены на различных конференциях и семинарах. Следует отметить теоретическую и практическую значимость проведенного исследования, которая состоит в развитии методов решения задач по предсказанию критических условий возникновения переходных процессов при неравновесных высокоскоростных воздействиях. Предложенная в работе стандартизированная методика оценки используемых физико-механических параметров сплошных сред может способствовать более широкому внедрению результатов работы в научную и инженерную практику.

Автор демонстрирует высокий уровень квалификации и уверенное владение современными методами механики деформируемого твердого тела.

Заключение ведущей организации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС) на диссертационную работу Волкова Григория Александровича «Инкубационные характеристики предельных состояний сплошных сред», по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела является положительным.

Диссертация Волкова Григория Александровича на тему «Инкубационные характеристики предельных состояний сплошных сред» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Волков Григорий Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Диссертация Волкова Григория Александровича «Инкубационные характеристики предельных состояний сплошных сред» обсуждена на расширенном заседании кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (протокол № 2 от 02.10.2024 г.). На заседании присутствовало 15 человек. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет.

Отзыв подготовлен доктором технических наук, профессором Смирновым Владимиром Игоревичем, научная специальность 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела.

Заведующий кафедрой
«Механика и прочность
материалов и конструкций»
ФГБОУ ВО ПГУПС
к. т. н., доцент

 / Видюшенков Сергей Александрович/

Профессор кафедры
«Механика и прочность
материалов и конструкций»
ФГБОУ ВО ПГУПС
д. т. н.

 / Смирнов Владимир Игоревич/

Я, Титова Тамила Семеновна, даю своё согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертационной работы Волкова Григория Александровича, и их дальнейшую обработку.

Первый проректор — проректор по
научной работе ФГБОУ ВО ПГУПС
д.т.н., профессор



Титова Тамила Семеновна

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Адрес: 190031, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9

Официальный сайт: <http://www.pgups.ru>

Телефон: 8 (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21

Адрес электронной почты: dou@pgups.ru