



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

кандидат физ.-мат. наук

М.Ю. Грязнов

« » \_\_\_\_\_ 2024 г

м.п.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский  
государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ)  
на диссертационную работу

**Чжао Шисяна**

«Моделирование динамической пластичности металлических материалов  
под воздействием ударных нагрузок: эффект скорости воздействия и  
термическое разупрочнение», представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук, по специальности 1.1.8. Механика  
деформируемого твердого тела.

### 1. Актуальность темы диссертации и соответствие специальности

Изучение пластического поведения металлических материалов под воздействием ударных нагрузок и разработка на основе полученных результатов новых математических моделей, учитывающих эффекты скорости воздействия и термическое разупрочнение, являются очевидно необходимыми в автомобильной и авиационной отраслях промышленности, а также в ряде инженерных приложений, поскольку позволит прогнозировать реакцию материалов во время высокоскоростных столкновений или аварий и снизить риски разрушения конструкций и гибели людей. Включение эффектов скорости воздействия и термического разупрочнения в вычислительные модели позволит инженерам эффективней оптимизировать структуру компонентов автомобиля или самолета.

Кроме того, выявленные в процессе подобных исследований закономерности могут быть использованы для процессов скоростной обработки материалов, например, резки металлов.

Таким образом, тема диссертационной работы Чжао Шисяна является, несомненно, **актуальной**.

Тематика исследования, формулировка целей и задач исследования, используемые методы решения, область приложения полученных результатов указывают, что представленная диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

## **2. Содержание диссертации**

Диссертационная работа Чжао Шисяна содержит 133 страницы и состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения и списка литературы. Данная работа посвящена исследованию моделирования пластического деформирования различных металлических материалов, в том числе алюминиевых сплавов 6082-T6 и 2519A, стали HSLA-65, композита на основе вольфрама 93W-4.9Ni-2.1Fe и титанового сплава Ti6Al-4V, при разных температурах и высокоскоростных воздействиях.

Во **Введении** обосновывается актуальность работы, формулируются цель и научная новизна, приводятся основные положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** диссертации «Существующие модели для задач динамической пластичности» включает 4 раздела и посвящена рассмотрению различных моделей, широко используемых для описания эффектов скорости воздействия и термического разупрочнения. В обзоре охвачены феноменологические модели, модели, основанные на физических механизмах, а также модель с использованием искусственной нейронной сети.

В конце литературного обзора сформулирована цель работы.

Во **второй главе** представлена концепция модифицированной релаксационной модели пластичности, основанная на подходе инкубационного времени. Разработанная модель рассматривает скоростную чувствительность материалов как частный случай проявления их временной чувствительности. Также изучен принцип температурно-временного соответствия, введен коэффициент относительных напряжений для качественного исследования зависимости параметра инкубационного времени от температуры.

**Третья глава** посвящена исследованию численных решений, доступных для поставленных задач динамической пластичности. Предложена

вычислительная схема для конечно-элементного анализа с использованием разработанной релаксационной модели.

В четвертой главе проведен анализ работоспособности разработанной в работе модели и других рассматриваемых моделей на основе экспериментальных данных для исследуемых металлических материалов, в частности алюминиевых сплавов 6082-T6 и 2519A, титанового сплава Ti-6Al-4V, стали HSLA-65 и композита на основе вольфрама 93W-4.9Ni-2.1Fe.

В **Заключении** сформулированы основные результаты диссертации.

Выполненные в диссертационной работе исследования актуальны в связи с потенциальными возможностями применения разработок математических моделей и вычислительных алгоритмов в различных отраслях промышленности и инженерных приложениях. В частности, в автомобильной и авиационной отраслях подобные исследования являются важными для проектирования ключевых конструкций и выявления возможных реакций их элементов при экстремальных воздействиях. Распространенные математические модели по этой тематике обычно создаются введением дополнительных эмпирических компонентов, зависящих от температуры и скорости деформации, в классические модели, изначально разработанные для квазистатических случаев. В отличие от этих эмпирических моделей, разработанная в данной работе релаксационная модель предложена не эмпирическим путем, а выведена из концепции инкубационного подхода. Кроме того, в работе разработана вычислительная схема для конечно-элементного анализа задач динамической пластичности с использованием релаксационной модели. Это дополнительно подчеркивает **новизну и практическую значимость** представленной в диссертационной работе.

Среди наиболее **важных результатов** автора следует отметить построение релаксационной модели, предложения методологии для изучения принципа температурно-временного соответствия и разработки алгоритма для численных решений поставленных задач динамической пластичности. Особо интересное место в диссертации занимает моделирование диаграмм деформирования стали HSLA-65 при ударных воздействиях и низкой температуре, в которых показывается разупрочняющее поведение, т.е. релаксация напряжений при развитии пластической деформации. Применение температурно-временного соответствия и уравнения для описания адиабатического характера ударных процессов позволило

моделировать экспериментально наблюдаемое термическое разупрочнение для стали HSLA-65. Считаем, что полученные результаты могут найти применение в научно-исследовательских и инженерных работах, направленных на исследование, проектирование и улучшение конструкций транспортных средств и систем безопасности.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В конце первой и четвертой глав отсутствуют выводы и заключения.
2. В тексте работы замечены отдельные опечатки и несогласованные окончания слов.

Отмеченные замечания не влияют на положительную оценку диссертации.

#### **Общие выводы и заключение по диссертации.**

Оценивая работу в целом, можно отметить, что её структура отличается ясной логикой, материал хорошо структурирован, чётко соотносится с целями, задачами и защищаемыми положениями. Порядок изложения позволяет оценить вклад автора в развитие науки в области создания улучшенных конструкций транспортных средств и систем безопасности. Результаты обладают новизной и имеют значение для разработки и создания прогностических моделей поведения различных классов материалов при ударно-волновых воздействиях.

Заключение ведущей организации федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" на диссертационную работу Чжао Шисяна «Моделирование динамической пластичности металлических материалов под воздействием ударных нагрузок: эффект скорости воздействия и термическое разупрочнение», по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела является положительным.

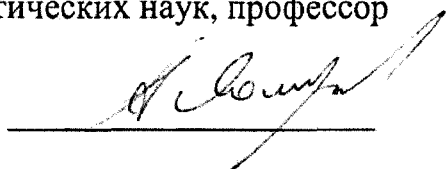
Диссертация Чжао Шисяна на тему: «Моделирование динамической пластичности металлических материалов под воздействием ударных нагрузок: эффект скорости воздействия и термическое разупрочнение» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Чжао Шисян заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук, профессором Ломуновым Андреем Кирилловичем, научная специальность 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела (физ.-мат. науки).

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на совместном семинаре Ученого совета Научно-исследовательского института механики ННГУ и кафедры «Теоретической, компьютерной и экспериментальной механики» Института информационных технологий, математики и механики, Протокол №6 от 22 мая 2024 г. Присутствовало 12 членов Ученого совета из 13.

Главный научный сотрудник  
Лаборатории динамических испытаний материалов  
Научно-исследовательского института механики  
федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский  
государственный университет им. Н.И. Лобачевского"  
Доктор физико-математических наук, профессор



А.К. Ломунов

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский  
государственный университет им. Н.И. Лобачевского"

Адрес организации:

603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23;

Адрес электронной почты: [unn@unn.ru](mailto:unn@unn.ru)

Официальный сайт: <http://www.unn.ru>

Тел.: (831) 462-30-03

Факс: (831) 462-30-85.

