

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию

**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 01.01.08 – механика деформируемого твердого тела.

Диссертация посвящена исследованию пластического деформирования различных металлических материалов при высокоскоростных воздействиях. В работе развивается новый и перспективный для понимания реакции материалов на скоростное воздействие подход, основанный на введении инкубационных характеристик пластической деформации. Традиционно пластическое поведение металлов при ударных нагрузках моделируется путем введения скоростно-зависимых и температурно-зависимых компонентов в классические квазистатические модели, что соответствует простой экстраполяции традиционных представлений о предельных параметрах деформирования на динамический случай. Это приводит к потере важнейших наблюдаемых эффектов и невозможности объяснить и предсказать такие важные явления, как нестабильное, зависимое от истории, поведение деформационных диаграмм, возникновение и исчезновение зуба текучести, эффект запаздывания, etc. В отличие от этого, в данной работе скоростная чувствительность материалов рассматривается как проявление их временной чувствительности, напрямую связанной с процессом релаксации напряжений, сопровождающим пластическую деформацию. Это составляет основу новой релаксационной модели необратимого деформирования материалов.

На основе анализа экспериментальных данных по измерению деформационных кривых разных материалов Чжао Шисян развивал концепцию модифицированной релаксационной модели пластичности, позволившей впервые смоделировать и объяснить ряд тонких наблюдаемых в эксперименте эффектов, а также методологию исследования температурно-временного соответствия, позволяющую предсказывать температурно-скоростные эффекты. Разработанная модель позволила успешно объяснить и явление отрицательного упрочнения стали HSLA-65, вызванного быстрой пластической деформацией, сопровождаемой адиабатической диссипацией энергии. Одним из значимых результатов данной работы является разработка оригинальной вычислительной схемы для конечно-элементного анализа задач по динамической пластичности с использованием подхода инкубационного времени. В этой области диссертантом получены первые важные результаты, показывающие перспективность применения релаксационной модели пластичности в численных кодах, ориентированных, в том числе, и на применение искусственного интеллекта (machine learning). В ходе выполнения исследования была реализована и запатентована программа расчета, основанная на инкорпорации релаксационной модели в конечно-элементную схему, позволяющая решать трехмерные задачи динамической пластичности.

В процессе работы диссертант показал свои исключительные деловые качества, огромное трудолюбие, ответственность. Он стал важным участником целого ряда идущих у нас проектов (грантов РФ, мегагранта и пр.), участником и организатором проходящих у нас

международных конференций, школ, семинаров. В настоящее время он, безусловно, является одним из ключевых сотрудников нашего научного коллектива.

Считаю, что в целом диссертантом проделана серьезная большая работа, имеющая как академическую, так и практическую ценность, выражающуюся в том, что полученные результаты закладывают фундаментальную основу для понимания механизма динамического пластического деформирования и реакции природных и конструкционных материалов на экстремальное высокоскоростное воздействие. Это особенно важно с точки зрения инженерной практики применения новых, в частности, наноструктурированных материалов, для которых важно знать их деформационные свойства не только в стандартном медленном режиме, но и в случаях экстремального скоростного воздействия, для чего в настоящее время отсутствуют индустриальные стандарты.

Проделанная диссертантом работа имеет законченный характер и соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Рекомендую данную диссертационную работу к защите и считаю, что Чжао Шисян, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук, по специальности 01.01.08 – механика деформируемого твердого тела.

Научный руководитель, член-корреспондент РАН,  
доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры теории упругости  
Санкт-Петербургского государственного университета

/Ю.В. Петров/

25.01.2024



25.01.2024



Текст документа размещен  
в открытом доступе  
на сайте СПбГУ по адресу  
<http://spbu.ru/science/expert.html>