

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Беляева Сергея Павловича на диссертацию СЕЛЮТИНОЙ Нины Сергеевны на тему «Динамическая деформация и разрушение материалов на основе релаксационных моделей необратимого деформирования», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела

Развитие моделей пластической деформации и разрушения материалов в механике в основном осуществляется построением функций, аппроксимирующих скоростные, временные, температурные и другие зависимости механических характеристик. Такие функции содержат большое количество параметров, трудно определяемых экспериментально. В противоположность этому разработанный структурно-временной подход с привлечением представлений об инкубационном времени позволил значительно прояснить принципы моделирования свойств материалов при динамическом нагружении. В связи с имеющимися перспективами использования такого подхода важной задачей является его верификация на примерах расчета критических характеристик разрушения и текучести для различных материалов и сравнения результатов с экспериментами, а также развитие теории необратимого деформирования гетерогенных материалов с учетом релаксационных процессов. В связи со сказанным, тема диссертационной работы Селютиной Н.С., посвященной разработке релаксационной модели пластичности на основе структурно-временного подхода для описания деформационно-прочностных свойств и диаграмм деформирования при различных скоростях нагружения конструкционных материалов, является весьма актуальной. Актуальность работы подтверждается многими публикациями автора диссертации в высокорейтинговых журналах.

Диссертация Селютиной Н.С. состоит из Введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 221 наименования. Во Введении представлена актуальность темы исследования, описаны цель и задачи исследования, отмечена научная новизна работы, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, достоверность и апробация результатов, личный вклад автора. Важная часть диссертационной работы посвящена анализу возможностей структурно-временной модели разрушения с инкубационным временем разрушения для описания динамических свойств горных пород и бетона. Показано, что модель применима в широком диапазоне скоростей деформирования и для разных типов и форм импульсов нагрузки. На основе критерия инкубационного времени текучести выполнен анализ закономерностей пластического деформирования металлов и полиметилметакрилата под действием динамической нагрузки. Установлено, что релаксационная модель пластичности позволяет в рамках единого подхода получать любой набор деформационных кривых, как монотонных, с изменяющимся пределом текучести, так и немонотонных, с зубом текучести. Модель дает адекватные результаты как для статического, так и для динамического режимов нагружения.

Четвертая глава диссертации содержит экспериментальные результаты изучения стабилизации петли механического гистерезиса при циклических испытаниях стали С45Е в жестком и мягком режимах. Сформулирована модифицированная структурно-временная

модель циклического деформирования, основанная на релаксационной модели пластичности. Показано, что разработанная модель способна описывать и прогнозировать эффект стабилизации механического гистерезиса при различных режимах циклирования.

Исследована возможность использования предложенной в работе релаксационной модели для описания и прогнозирования пластического деформирования и разрушения композитных слоистых материалов (ламинатов). Для этого предлагается реологическая модель, в которой вместо вязкого элемента включен пластический элемент, свойства которого описываются разработанной в диссертации релаксационной моделью пластичности. Рассчитаны статические и динамические деформационные кривые композитов-ламинатов, которые хорошо соответствуют экспериментальным данным. Показано, что модель хорошо описывает резкие сбросы напряжений при деформировании, связанные с разрушением слоев или с нарушением контакта на границе слоев.

В работе Селютиной Н.С. установлен целый ряд **новых результатов**. Впервые установлено влияние степени гетерогенности горных пород, бетонов и слоистых композитов на инкубационное время разрушения, характеризующего скоростную чувствительность материала. Впервые предложена релаксационная модель пластичности для прогнозирования монотонных и немонотонных диаграмм деформирования конструкционных материалов при различных скоростях деформации. Предложена новая модель циклического деформирования для прогнозирования эффекта стабилизации механической петли гистерезиса на основе релаксационной модели пластичности, дополненной условием разгрузки. Разработана релаксационная модель необратимого деформирования и разрушения для гетерогенных материалов, способная прогнозировать многостадийность необратимого деформационного процесса при различных соотношениях толщин металлических и полимерных слоев ламината.

Достоверность полученных результатов подтверждается согласием между расчетными и экспериментальными данными, согласием полученных результатов с существующими представлениями в области механики разрушения, соответствием объяснения выявленных эффектов имеющимся физическим представлениям.

Результаты диссертационной работы Селютиной Н.С. имеют большую **научную значимость**, поскольку открывают новые возможности развития теории инкубационного времени и релаксационной пластичности и определяют путь для успешного моделирования механического поведения материалов при экстремальных воздействиях. Развитые в работе подходы имеют и **практическую ценность**, поскольку могут быть использованы при расчетах и прогнозировании деформации и разрушения материалов с различной структурой в инженерной практике.

Работа оформлена в соответствии с требуемыми стандартами.

По содержанию диссертации необходимо сделать следующие замечания.

1. Как следует из пояснения к выражению (19) величина τ_r обозначает инкубационное время. Но буквально через несколько страниц эта же величина без всяких пояснений уже обозначает время релаксации. Это вносит путаницу в понимание материала диссертации. Вообще говоря, по физическому смыслу «время инкубации» и «время релаксации» описывают противоположные процессы.
2. На рис. 9 подпись к рисунку не соответствует содержанию рисунка.

3. При описании рис. 69 указано, что испытания проводили при постоянной амплитуде напряжений 400 МПа, т.е. в мягком режиме. Однако на рисунке видно, что амплитуда напряжений не равна указанной величине и изменяется при циклировании. Как понять это противоречие? Аналогичное противоречие имеется на рис. 71, на котором изображены зависимости «напряжение - деформация» при циклическом нагружении, как написано в тексте, с постоянной амплитудой деформации 0,011 (в жестком режиме). Но на рисунке при циклировании изменяется как напряжение, так и деформация, причем деформация значительно превышает указанную величину.
4. В диссертации в названии и в тексте используется термин «модель необратимого деформирования». Почему не используется более привычное выражение «модель пластического деформирования»? Может быть в этом имеется какой-то скрытый смысл?
5. Диссертация написана очень тяжелым языком с использованием длинных составных предложений, в которых, зачастую не согласованы окончания слов. По этой причине часто приходится перечитывать предложения, чтобы понять их смысл. Ситуация усугубляется использованием научного жаргона с искаженным смыслом, например, «эффект падения текучести» или «динамические свойства предела текучести» или «пластическая скорость деформации».

Сделанные замечания не снижают научной значимости диссертационной работы. Диссертация представляет собой законченное научное исследование, имеющее важность для описания и прогнозирования статических и динамических процессов в гетерогенных материалах со сложной структурой. Результаты работы в полной мере апробированы на различных научных конференциях, и основные результаты опубликованы в научных журналах и в монографии.

Диссертация Селютиной Нины Сергеевны на тему: «Динамическая деформация и разрушение материалов на основе релаксационных моделей необратимого деформирования» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Селютина Нина Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

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

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук,
Ведущий научный сотрудник кафедры
Теории упругости СПбГУ


02.11.2023

Беляев С.П.

Подпись руки	
УДОСТОВЕРЯЮ	
Специалист по кадровой работе	
« 02 » 11 2023 г.	

