

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Ломунова Андрея Кирилловича
на диссертацию Казаринова Никиты Андреевича на тему
«Пространственно-временная дискретность и эффекты динамического разрушения»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Диссертационная работа Казаринова Никиты Андреевича на тему
«Пространственно-временная дискретность и эффекты динамического разрушения»
состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы из 202 наименований.

Актуальность выполненных в диссертационной работе исследований обусловлена
необходимостью объяснения и детального изучения ключевых эффектов динамического
разрушения материалов, а также наличием противоречащих друг другу
экспериментальных данных о процессе распространения трещин, а также
необходимостью в разработке эффективных численных методов для моделирования
разрушения в условиях динамического нагружения.

Важным достижением представленных в работе результатов следует считать
разработку новых, основанных на критерии инкубационного времени, численных схем
для моделирования распространения трещин. Использование этого критерия позволило
успешно разрешить ряд описанных в литературе экспериментальных противоречий.

В главе 1 автор показал, что модель на основе инкубационного времени способна
предсказать явление задержки разрушения в задаче о старте трещины. Критерий на основе
инкубационного времени вводит новый параметр материала, который учитывает
подготовительные микроскопические процессы, приводящие к макроскопическому
разрушению. Для развития этих процессов требуется время, и, таким образом,
макроскопическое разрушение может произойти после прохождения локального
максимума напряжения.

В работе предложена модель динамического разрушения на основе системы «масса
на пружине», позволяющая описать и предсказать ключевые временные эффекты
динамического разрушения, непредсказуемые по классическому подходу на основе
значений амплитуд нагрузки и локальных полей напряжений.

Автору удалось разработать относительно простой инженерный подход к задачам о
динамическом разрушении, который позволил провести анализ основных эффектов
динамического разрушения: роста прочности системы при увеличении скорости
нагружения и эффекта задержки разрушения, при котором разрушение происходит на
этапе снижения нагрузки. Предложенный подход основан на исследовании разрушения в
дискретной системе – линейном осцилляторе, параметры которого подбирались, исходя из
соответствия экспериментальным данным.

Во второй главе исследуются динамические эффекты разрушения с использованием модели «масса на пружине». Для исследования динамического разрушения и распространения трещин активно используются и более сложные дискретные модели, например, цепочки осцилляторов и решетки для исследования динамического распространения трещин. Также обсуждается сходство между разрушением в системе «масса на пружине» и результатами, получаемыми при использовании модели разрушения на основе концепции инкубационного времени.

В третьей главе диссертации рассмотрен дискретный аналог упругого стержня – система, представляющая собой цепь из одинаковых осцилляторов с одним закрепленным концом. Предварительно растянутая цепочка из линейных осцилляторов может разрушаться при внезапном снятии статической нагрузки. Проведен численный анализ образцов с дискретной структурой, который демонстрирует, что исследуемый эффект может иметь место и в реальных конструкциях. Согласно проведенным расчетам специальная конструкция образцов позволяет наблюдать превышение начальных напряжений на 20% в течение продолжительного времени после внезапной разгрузки (например, после разрушения одного из ослабленных элементов конструкции).

Динамическое распространение трещин является одной из наиболее сложных областей динамической механики разрушения, поскольку в данной области экспериментально наблюдались многочисленные эффекты, требующие надлежащего теоретического объяснения. В четвертой главе диссертации приведен основанный на структурно-временном критерии численный анализ эффектов, сопровождающих динамическое распространение трещин, который позволил учесть пространственную и временную дискретность процессов динамического разрушения.

Представленная в пятой главе расчетная схема является первой трехмерной численной реализацией критерия на основе концепции инкубационного времени. Для ускорения расчетов и преодоления численных нестабильностей в задачах о пробивании преград автор впервые реализовал модуль на основе искусственных нейронных сетей, позволяющий при наличии массива решенных задач быстро получать решение для схожей задачи, а также получать приближенные решения для задач, которые трудно решить при помощи полного расчета в силу численных нестабильностей, например, чрезмерного искажения элементов сетки.

Автор в работе применил искусственные нейронные сети (ИНС) для быстрой численной оценки прочности перфорированных мишеней из полиметилметакрилата. Нейронные сети были обучены с использованием наборов численных результатов по расчету пробивания перфорированных пластин из ПММА, полученных с помощью динамического метода конечных элементов в сочетании с критерием разрушения на основе инкубационного времени. Разработанный подход позволяет оценить прочность конкретной конфигурации мишени без сложных МКЭ расчетов, требующих значительных вычислительных ресурсов.

Полученные в работе результаты и разработанная модель подчеркивают значимость инкубационных характеристик процесса динамического разрушения и позволяют построить параллели между разрушением в системе «масса на пружине» и структурно-временным критерием разрушения, основанном на концепции инкубационного времени. Модели разрушения на основе линейного осциллятора демонстрируют фундаментальность ключевых эффектов динамического разрушения и могут быть использованы как простой инструмент для анализа разрушения и прочности. Разработанные же численные схемы и подходы могут быть использованы для анализа прочности при разработке конструкций.

Результаты научных исследований Казаринова Н.А. представлены на 15 международных и российских конференциях и опубликованы в 20 статьях в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus, причем 11 статей издано в журналах, входящих в Q1 согласно SJR/JRC.

В качестве замечаний можно отметить следующее.

1. При оформлении текста диссертации автор применил некоторые решения, которые не соответствуют общепринятым правилам: названия таблиц традиционно (и в соответствии с ГОСТ 2.105) пишутся перед таблицей, а не после нее; в нумерации списков традиционно используется цифровая или буквенная нумерация (с точкой или без нее), а не цифра со скобкой, как в списке литературы, а сам список литературы при количестве более 100 наименований принято сортировать по алфавиту, а не по моменту первого упоминания в тексте.
2. Нарушена нумерация подразделов в главе 3.
3. В тексте диссертации замечены отдельные опечатки (несогласованные окончания слов, ошибки в знаках препинания).

Высказанные замечания, однако, не влияют на общую положительную оценку работы.

С учетом всего вышесказанного полагаю:

Содержание диссертации Казаринова Никиты Андреевича на тему: «Пространственно-временная дискретность и эффекты динамического разрушения» соответствует специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

Нарушений пунктов 9, 11 Порядка присуждения Санкт-Петербургским государственным университетом ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук соискателем ученой степени мною не установлено.

Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени доктора наук, установленным приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете» и рекомендована к защите в СПбГУ.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, профессор,
Главный научный сотрудник,
Национального исследовательского
Нижегородского государственного
университета им. Н.И. Лобачевского

9.12.2024

А.К. Ломунов



Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского
Подпись удостоверяю
09 декабря 2024 г.
Сотрудник УК *Д. Терешин* И.А.