

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Гуткина Михаила Юрьевича на диссертацию Казаринова Никиты Андреевича «Пространственно-временная дискретность и эффекты динамического разрушения», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности
1.1.8. механика деформируемого твердого тела

Диссертационная работа Казаринова Н.А. посвящена исследованию ключевых эффектов динамического разрушения, в частности зависимости прочности системы от скорости деформирования, а также задержки разрушения при коротких импульсных воздействиях. В работе исследуется разрушение в системе «масса-на-пружине», проводится аналогия со стартом трещины при нагружении образца короткими импульсами, исследуется эффект разрушения дискретной системы на примере цепочки линейных осцилляторов. Также приведены ряд численных результатов по моделированию динамического разрушения на основе структурно-временного подхода к проблемам динамического разрушения.

Актуальность темы диссертации

Поставленные и решенные в диссертации задачи актуальны для современной механики деформированного твердого тела как с практической, так и с теоретической точек зрения. В настоящее время существует запрос на модели, способные предсказывать эффекты, свойственные динамическому разрушению. В работе Казаринова Н.А. предлагается рассматривать процесс разрушения как инерционный, что позволяет с одной стороны построить простую инженерную модель на основе линейного осциллятора, а с другой – провести параллели между хорошо разработанным подходом на основе концепции инкубационного времени и исследовать параллели между разрушением в системе «масса на пружине» и стартом трещины при импульсном воздействии. Также в диссертации решена задача о разрушении в дискретной системе при разгрузке. Показана принципиальная разница между дискретной системой (цепочкой линейных осцилляторов) и ее континуальным аналогом – упругим стержнем, а также продемонстрировано, что в системах с периодическим строением возможно разрушение при разгрузке. Вопрос применимости континуальных моделей с усредненными параметрами для описания реальных материалов, имеющих, в сущности, дискретное строение, стоит достаточно остро, что дает возможность говорить об актуальности поднятой в диссертации проблеме. Также следует

PK №33-06-1215 от 10.12.2024

отметить ряд численных результатов в области динамики трещин, способствующих прогрессу в решении актуальной проблемы нестабильного поведения зависимостей, характеризующих движение трещин.

Новизна полученных результатов

Основные результаты, полученные в диссертации, отличаются новизной. Обнаруженная аналогия между стартом трещины и разрушением линейного осциллятора обсуждается впервые. Также стоит отметить трактовку критерия на основе инкубационного времени с позиций инерции процессов динамического разрушения и описанный в работе эффект разрушения в дискретной структуре, для которого впервые продемонстрирована возможность экспериментального исследования при помощи образцов специальной формы.

Благодаря применению этого метода в расчётной схеме с использованием метода конечных элементов удалось впервые объединить два подхода к зависимости текущего значения коэффициента интенсивности напряжений (КИН) от скорости трещины. Расчёты показали, что эту зависимость можно установить для относительно низких скоростей трещины и медленного нагружения. Однако при интенсивном и быстром нагружении, а также при высоких скоростях трещины разброс значений КИН не позволяет создать однозначную зависимость. Двойственность зависимости КИН от скорости трещины была получена впервые.

В работе предлагается подход к задачам о движущихся трещинах, основанный на структурно-временном критерии разрушения. Этот принцип включает пространственную и временную дискретизацию процесса разрушения. Внедрение данной модели разрушения в расчётную схему на основе метода конечных элементов позволило впервые объединить две точки зрения на зависимость текущего значения коэффициента интенсивности напряжений (КИН) от скорости распространения трещины. Проведенные в работе расчеты позволили построить такую зависимость для относительно низких скоростей трещины и медленного нагружения. Но при интенсивном и быстром нагружении, а также при высоких скоростях трещины, значения КИН различаются настолько сильно, что не позволяют выявить чёткую закономерность. Нестабильное поведение зависимости КИН-скорость трещины было изучено впервые с позиций структурно-временной концепции.

В заключительной главе диссертации предлагается новый возможный метод преодоления вычислительных сложностей, которые встречаются при решении динамических задач с интенсивными и быстро меняющимися полями напряжений и деформаций, которые приводят к чрезмерному искажению конечноэлементной сетки и к остановке расчета. Метод основан на использовании искусственной нейронной сети для получения решения в сложных с вычислительной точки зрения случаях.

Значимость результатов работы

Теоретическая значимость исследования заключается в новых полученных научных результатах: обнаружена аналогия между стартом трещины и разрушением линейного осциллятора, дана трактовка модели разрушения на основе инкубационного времени с точки зрения инерционных моделей. Также продемонстрирована возможность экспериментального исследования эффекта разрушения в периодических структурах при распространении волны разгрузки.

Практическая значимость результатов работы заключается в создании простой модели динамического разрушения, описывающей ключевые эффекты данного процесса. Также в работе предложен ряд численных подходов на основе критерия инкубационного времени, которые могут быть применены в инженерной практике.

Оценка содержания и оформления работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав основного текста, заключения и списка использованной литературы. Ее объем составляет 216 страниц. Диссертация написана ясно и логично, хорошим русским языком, с небольшим количеством опечаток. Ее оформление соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

По содержанию диссертации можно сделать следующие **замечания**:

1) В формулах (1.11) и (2.19) коэффициенты интенсивности напряжений оказываются прямо пропорциональны корню из разности квадратов скоростей продольных и поперечных упругих волн. Это означает, что в случае гипотетического равенства этих скоростей соответствующие величины обращаются в ноль, а если вдруг второй (вычитаемый) квадрат окажется больше первого, то эти величины станут мнимыми. Эти ситуации никак не комментируются автором, так что остается непонятным, то ли они невозможны, то ли сами эти формулы не верны.

2) Аналогичный вопрос возникает при анализе формулы (2.7) для асимптотики напряжения, действующего на траекторию трещины: что будет, если параметр «гамма», равный отношению скоростей поперечной и продольной волн, окажется больше или равен 1? Возможны ли такие ситуации?

3) Нужно проверить первое начальное условие в системе (3.8). В своем настоящем виде его левая часть тождественно равна нулю. Очевидно, один из нижних индексов должен быть не 2, а 1.

Сделанные замечания относятся к отдельным формулам и не затрагивают основные идеи, результаты и выводы диссертационной работы. В целом, Н.А. Казариновым проведено очень интересное и важное исследование, которое не оставляет никаких сомнений в его высокой научной квалификации.

Заключение

Представленная к защите диссертационная работа соответствует требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Казаринов Никита Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела. Нарушений пунктов 9 и 11 указанного Порядка не обнаружено.

Главный научный сотрудник,
зав. лаб. механики
наноматериалов
и теории дефектов ИПМаш
РАН, доктор физ.-мат. наук

Гуткин М.Ю.

