

Отзыв

члена диссертационного совета Полянского Владимира Анатольевича 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 процессов динамического разрушения материалов, а также поведения трещин при различных видах внешней быстро меняющейся нагрузки.

Актуальность темы диссертации

Актуальность работы обусловлена большим значением процессов динамического разрушения в самых различных областях человеческой деятельности, начиная от геологии и добычи полезных ископаемых и заканчивая современной техникой, которая двигается с высокими скоростями, ломает при движении ледовые поля толщиной до 3 м, выдерживает экстремальные ускорения при движении и т.д. Для решения современных инженерных задач необходимы не только эмпирические зависимости, но и понимание основных закономерностей динамического разрушения, которое позволит предсказать поведение конструкционных материалов в условиях, для которых эмпирических зависимостей еще нет.

Новизна полученных результатов

Впервые подробно исследована дискретная инерционная модель сплошной среды для описания процессов динамического разрушения. Сравнение процесса разрушения дискретных систем с инерцией с экспериментальными данными по динамическому разрушению материалов позволило установить, что даже модель с одним линейным осциллятором позволяет предсказывать старт трещины и динамическое поведение материала при его импульсном нагружении.

Предложена новая простая процедура идентификации параметров дискретной модели при нагружении материала прямоугольными импульсами..

Впервые исследован эффект вторичного разрушения, который наблюдается в дискретных периодических структурах. Было продемонстрировано, что этот эффект можно ожидать также и в конструкциях с дискретным периодическим строением. Это открывает новые перспективы для учета и описания вторичного разрушения при экспериментальных исследованиях и в инженерной практике.

Впервые исследована одновременно пространственная и временная дискретизация процесса разрушения. Благодаря созданию на базе пространственно-временной дискретизации расчётной схемы с использованием метода конечных элементов удалось систематизировать и объединить в рамках

PK №33-06-1224 от 11.12.2024

одной модели представления об аккумуляции энергии разрушения в пространственных элементах конечного определенного объема в течении некоторого конечного инкубационного времени.

С помощью модели получена зависимость текущего значения коэффициента интенсивности напряжений (КИН) от скорости трещины.

Установлено, что при очень интенсивном и быстром нагружении, а также при высоких скоростях роста трещины разброс значений коэффициента интенсивности напряжений не позволяет описать его изменения с помощью однозначную зависимости от скорости роста трещины, что также является новым результатом.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическая ценность исследования состоит в том, что самый сложный процесс динамического разрушения и роста трещин удалось описать с помощью простых дискретных периодических систем. Этот теоретический результат позволяет выдвинуть гипотезы о механизмах пространственно-временного квантования процессов динамического разрушения и открывает новое направление в механике сплошной среды и в теории развития трещин. Кроме того, в силу простоты моделей, возможно наглядное объяснение ключевых эффектов динамического разрушения материалов с помощью линейного осциллятора или набора соединенных пружинами материальных точек.

Проведенное в работе исследование эффектов разрушения структур с дискретным периодическим строением, структурно-временной критерий разрушения, обнаруженный автором эффект вторичного разрушения, разработанные в процессе исследования аналитические и численные методы имеют значение как для теории роста трещин, так и для расчетов на прочность систем с периодическим строением.

Разработанные на основе структурно-временного критерия разрушения методы позволили не только исследовать эффекты, наблюдаемые при движении трещин, но и также объяснить причины противоречий между результатами различных исследований особенностей распространения трещин.

Практическая ценность результатов состоит в том, что построена теория и разработаны численные методы, которые можно использовать при создании программного обеспечения для инженерных расчетов, при проектировании конструкций и при планировании экспериментов. Предложенный подход для решения вычислительных задач в области пробивания может быть применён и к другим задачам механики.

Результаты, полученные для периодических структур, могут стать основой для экспериментальных исследований нового эффекта разрушения при разгрузке.

Оценка содержания и оформления работы

Диссертация состоит из введения, введения, пяти глав и заключения, 66 рисунков, 10 таблиц, библиографии из 202 наименований. Объем диссертации составляет 216 страниц.

Во введении сделано обоснование актуальности и практической значимости исследования, сделан обзор литературы, сформулированы цели и задачи, кратко описаны методы исследования, положения выносимые на защиту, описана теоретическая и практическая значимость полученных результатов, их апробация, личный вклад автора, структура и объем диссертации.

В первой главе рассмотрена задача о разрушении упругого элемента осциллятора и о росте трещины в пластине под действием импульсной нагрузки. В обеих задачах для анализа зависимости времени разрушения от величины и длительности импульса нагрузки использован критерий на основании инкубационного времени разрушения. Установлена эквивалентность старта трещины и разрушения упругого элемента осциллятора, показано, что при эквивалентных параметрах осциллятора могут быть правильно вычислены величины пороговых импульсов.

Во второй главе «осцилляторная» аналогия использована для сопоставления с экспериментальными данными, в частности при сопоставлении зависимости стартового коэффициента интенсивности напряжений от времени нагрузки, зависимости амплитуды нагрузки от времени разрушения, прочности от скорости изменения напряжений. Показано хорошее соответствие экспериментальных и модельных данных

В третьей главе исследованы условия разрушения цепочки линейных осцилляторов, численно исследованы условия разрушения упругих плоских образцов с периодической структурой. Обнаружен аналитически и численно эффект вторичного разрушения или разрушения при снятии нагрузки в периодических упругих структурах.

В четвертой главе проведено моделирование нестационарных эффектов при динамическом распространении трещин в хрупких материалах и сопоставление результатов с экспериментом. Предложен новый структурно-временной подход учитывающий, как пространственную, так и временную дискретизацию сплошной среды при динамическом нагружении. Показано, что предсказанные моделью осцилляции скорости распространения трещины и разнонаправленные быстрые изменения КИН при быстром росте трещины с постоянной скоростью наблюдаются экспериментально.

В пятой главе описано применение структурно-временного подхода к решению задач о пробивании преград. Полученные при помощи разработанной численной схемы характеристики разрушения соответствуют экспериментальным результатам. При моделировании для быстрой оценки остаточной скорости

ударника для сокращения времени расчетов применены нейронные сети, обученные на основе примеров предварительных расчетов.

В заключении дано краткое описание полученных результатов и использованных методов исследования.

Оформление соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. По содержанию диссертации следует отметить следующие замечания:

1) В разделе «Актуальность и разработанность темы диссертации» фактически приводится ее краткое изложение по главам с указанием опубликованных статей и обзором литературы. Это затрудняет понимание раздела.

2) Раздел «Обзор литературы» отсутствует как в целом по диссертации, так и по главам, в результате не сформулированы выводы по обзору литературы.

3) Названия таблиц даны снизу, под таблицами, что не соответствует большинству стандартов на оформление научных трудов и существенно затрудняет поиск таблиц и чтение текста диссертации.

4) В заключениях по главам должны быть указаны статьи, в которых опубликованы описанные в этих главах результаты. Вместо этого указаны источники для дополнительной информации.

5) На графиках 5.17, 2.11, 2.10, 2.6, 2.1 не проставлены размерности величин на осях или нет названия величин (подписи) осей.

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 обнаружены.

Директор
ИПМаш РАН, д.т.н.,



Полянский В.А.

09 Декабря 2024 года