

РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу
«Моделирование процесса роста трещины при монотонном и циклическом
нагружении в условиях смешанных мод разрушения»,
выполненную студентом гр. 5040103/20101
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого
Фроловым Максимом Максимовичем

Магистерская работа М.М. Фролова посвящена аналитическим и численным исследованиям траектории роста трещины, а именно сравнительному анализу применения различных критериев для определения направления роста трещины. Рассматриваемые задачи и разработанные макросы для численной реализации описания траектории роста трещины безусловно являются актуальными как с теоретической, так и инженерно-прикладной точек зрения.

Работа состоит из Введения, трех глав, заключения и списка литературы из 53 наименований. Объем работы 69 страниц. При выполнении работы получены следующие результаты. Первая глава представляет обзор теоретических аспектов описания роста трещины. Вторая глава описывает развитую процедуру численного моделирования роста трещины. Третья глава представляет результаты расчетов траектории трещины при фиксированном и усталостном (циклическом) нагружении.

Основные результаты состоят в том, что для определения направления роста трещины апробированы и сравнены критерии максимальных окружных напряжений, минимума запасенной энергии деформаций, максимума выделения энергии, максимума трехосности напряженного состояния.

Решены четыре модельные задачи о росте трещины при

- растяжении плоскости с отверстием,
- трехточечном изгибе ТРВ образца,
- трехточечный изгиб балки с тремя отверстиями,
- нагружение СТС образца силой, приложенной под углом.

Сравнение расчетных траекторий с экспериментальными данными и расчетами других авторов показало адекватность полученных результатов

Работа интересно написана, демонстрирует хорошую квалификацию автора, способность к анализу литературных данных, к самостоятельным теоретическим исследованиям и разработке численных процедур.

Замечания по работе:

1. Во Введении автор делает упрек научному сообществу в том, что разрушение рассматривается этим сообществом как событие, а не как процесс. Но докритический рост трещин является предметом исследований как минимум последние 50 лет. Закритический - лавинообразный рост трещины является предметом динамики трещин, которой автор, судя по всему, не занимается, так как решает уравнения равновесия.
2. Определяя траекторию роста трещины, автор вообще не пишет четко, какой режим роста рассматривается – квазистатический (докритический) или закритический. Судя по использованию статического уравнения равновесия и статическим КИНам – квазистатический, хотя автор упоминает и динамические режимы роста трещины при хрупком разрушении. И не ясно, с какими экспериментами – статический или динамический рост - проводится сравнение (напр. на Рис. 3.20).
3. На стр. 8 – 20 приводится вывод формулы диссипации энергии при квазистатическом росте трещины, которая для случая нелинейно-упругого тела была получена в статье M.E. Gurtin. On the energy release rate in quasi-static elastic crack propagation. J. Elasticity, 1979. Автор не ссылается на эту статью и приводит вывод, который содержит неточности и недоговоренности. В частности:
 - На стр. 15 написано, что формула (1.29) является представлением внутренней энергии, в то время как это баланс энергии, что и написано в подстрочном замечании. Так баланс или представление?

- На стр. 19 написано, что важным свойством вектора потока энергии является его инвариантность – значение интеграла на любом контуре, охватывающем вершину трещины. Но это справедливо только для прямолинейной трещины.
 - Странным и немотивированным кажется введение термина «вектор поверхностной энергии» – формула (1.23), который имеет смысл диссипативной силы.
4. Было бы уместным прокомментировать почему в процессе расчета траектории трещины, для вычисления КИН использовался интеграл взаимодействия (команда CINT), а не метод перемещений?
 5. Рассмотренные критерии выбора направления роста трещины определяются отношением коэффициентов интенсивности напряжений первой и второй мод разрушения. Для полноты картины следовало бы сформулировать и критерий разрушения, определяющий возможность роста трещины.

Эти замечания и вопросы не влияют на общую положительную оценку работы. Считаю, что выпускная квалификационная работа Фролова Максима Максимовича на тему «Моделирование процесса роста трещины при монотонном и циклическом нагружении в условиях смешанных мод разрушения» соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам по направлению 01.04.03 - Механика и математическое моделирование, профиль 01.04.03_01 Механика деформируемого твердого тела и заслуживает оценки «отлично», а ее автор присвоения степени магистра. Считаю целесообразным продолжение обучения Фролова М.М. в аспирантуре.

Рецензент

доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник

Главный научный сотрудник, заведующий лабораторией математических методов механики материалов Института проблем машиноведения РАН



А.Б.Фрейдin

« » _____ 2024 г.