

Отзыв официального оппонента д.т.н., профессора Федорова А.С.
на диссертацию Гучинского Р.В. «Прогнозирование развития трещин
усталости на основе численного моделирования накопления повреждений»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 01.02.04 - Механика деформируемого твердого тела.

Диссертационная работа Р.В. Гучинского посвящена исследованию
кинетики усталостного разрушения и поиску методов достоверного
прогнозирования времени жизни конструкций, подвергающихся действию
циклических нагрузок.

В процессе разрушения материалов под действием циклических
нагрузок принято выделять два этапа, две стадии, управляемые разными
законами – стадию роста усталостной трещины, для описания которой
используется хорошо разработанная к настоящему времени механика
трещин – линейная механика разрушения и стадия возникновения трещины,
описываемая, в основном, эмпирическими уравнениями. Задача,
поставленная перед автором работы, состояла в том, чтобы построить
алгоритм, позволяющий надежно прогнозировать долговечность
конструкции от начала ее эксплуатации до момента разрушения.

В первой и второй главах работы автор анализирует проблему
циклической прочности конструкций, ее современное состояние, методы
исследования, уточняет свои задачи и намечает пути к их решению и
приходит к выводу, что методы, основанные на исследования повреждений,
закономерностей их накопления, методы механики поврежденной среды
являются аппаратом, пригодным для описания стадии зарождения и
процесса развития усталостной трещины.

В третьей главе, анализ разрушения от усталости автор начинает с уровня микронапряжений, локализуемых в областях материала, соизмеримых с размерами кристаллических зерен. Именно в этих областях происходят процессы микропластического деформирования, ответственные за повреждения на стадии зарождения трещины. Физические уравнения, описывающие пластические свойства материала при циклическом деформировании, строятся на схеме Мазинга, включающей правило, в соответствии с которым диаграмма циклического деформирования повторяет исходную диаграмму материала в удвоенном масштабе. Для определения повреждений на этом этапе процесса автор пользуется хорошо проверенными критериями Коффина и Менсона. При вычислении накопленных повреждений используется правило линейного суммирования.

В связи с вышесказанным сделаю два замечания.

Замечание 1. Достаточно посмотреть на диаграмму деформирования материала, имеющего в исходном состоянии площадку текучести, чтобы усомниться в справедливости правила удвоения масштабов, даже для материалов, у которых площадки текучести нет.

Замечание 2. Непонятно, почему при использовании критерия Коффина автора пугает необходимость выделения пластической составляющей из общей деформации. Во всяком случае, в теории пластического течения упругая и пластическая составляющие деформации разделены априори.

На уровне микронапряжений выполнен анализ накопления повреждений в стали марки 45, для которой автор располагал результатами экспериментального исследования циклической прочности. Сталь рассматривалась как двухкомпонентный материал (феррит + перлит). Численное моделирование осуществлялось в программном комплексе

ANSYS, который был дополнен авторским блоком, вычисляющим повреждения зерен и блоком, удаляющим зерна при достижении повреждением критического значения. Результаты подтвердили возможность численного моделирования процесса возникновения трещины усталости.

Замечание 3. Следовало бы упомянуть, что неоднородность микронапряженного состояния и порожденные ей эффекты (эффект Баушингера, в частности) присущи и однокомпонентным материалам. Для поликристаллических металлов она связана с анизотропией зерен и их случайной ориентировкой. Впрочем, у монокристаллов она тоже имеет место.

В четвертой главе приведены результаты исследования процессов развития трещин. Объектом исследования была пластина из алюминиевого сплава с центральным отверстием и надрезами, имитирующими начальную трещину. Результаты численного моделирования сравнивались с экспериментом, проведенным при пульсирующем растяжении. Трещина, предполагалась плоской, перпендикулярной направлению растяжения, она моделировалась элементами пренебрежимо малой жесткости.

Численное моделирование выполнено в программном комплексе ANSYS двумя методами – по развивающейся автором, описанной в главе 3 методике, основанной на представлениях о накоплении повреждений и методике, основанной на представлениях линейной механики разрушения. В последнем случае метод конечных элементов использовался для определения коэффициентов интенсивности напряжений (КИН), через которые выражалась скорость роста трещин.

Сравнение с экспериментом выявило явные преимущества метода, предложенного автором диссертации.

Основное содержание пятой главы составляет исследование возможности прогнозирования циклической долговечности сварных соединений. И в этой задаче методика, основанная на концепции накопления повреждений, показала свое превосходство над линейной механикой разрушения.

Общие замечания по работе.

Замечание 4. Автор нигде не вспоминает о существовании геометрически нелинейных эффектов, хотя процесс разрушения сопровождается большими локальными деформациями, а появление и рост трещин порождают существенные качественные изменения геометрии тела.

Общая оценка работы.

Актуальность работы связана с тем, что значительная часть аварий транспортного, подъемно-транспортного, энергетического оборудования, в том числе критических аварий, связанных с причинением существенного вреда окружающей среде, жизни и здоровью людей, происходит в результате постепенного накопления повреждений под действием циклических нагрузок. Очень ответственные процедуры обоснования безопасности, установления или продления назначенного срока службы оборудования требуют глубокого понимания процессов происходящих в материале сооружений.

Научная новизна диссертационной работы.

Предложен метод расчета прогнозирования ресурса элементов конструкций, подвергающихся действию циклических нагрузок, основанный на концепции накопления повреждений.

- Разработана методика расчета долговечности, построенная на методе конечных элементов, программном комплексе ANSYS, дополненном блоками, обеспечивающими вычисление повреждений.
- Достоверность методики и вычислительной процедуры проверена сравнением с результатами экспериментов.

Практическая значимость определяется тем, что методика не требует недоступной информации и может быть использована в инженерных расчетах долговечности и расчетного ресурса элементов конструкций.

Таким образом, диссертационная работа Р.В. Гучинского «Прогнозирование развития трещин усталости на основе численного моделирования накопления повреждений» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной под руководством заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессора С.В. Петинова, которая содержит новое решение актуальной научной задачи прогнозирования долговечности и определения ресурса конструкций, подверженных действию циклических нагрузок, имеющей существенное значение для решения теоретических и прикладных задач механики деформируемого твердого тела.

Результаты работы с необходимой полнотой опубликованы в 13 статьях, в том числе в 5 статьях в журналах, рекомендованных Перечнем ВАК РФ. Автореферат отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа удовлетворяет требования ВАК РФ, ее автор Р.В. Гучинский заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 - механика деформируемого твердого тела.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ Федоров Александр Сергеевич
доктор технических наук, профессор по кафедре сопротивления материалов,
профессор кафедры теоретической механики и сопротивления материалов,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской
технический университет» 190008, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д.3
тел. +7(812) 7570766, e-mail: fedya.fas@yandex.ru.

