



Анализ влияния параметра сплошности на асимптотическое поведение полей напряжений в малой окрестности вершины трещины в условиях ползучести

Быкова Ю.С., Степанова Л.В.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, 443086, ул. Московское шоссе,
34, г. Самара, Российская Федерация

Аннотация

В настоящей работе представлены результаты конечно-элементного анализа полей напряжений и сплошности, реализованного в программном пакете Simulia ABAQUS, для пластины с центральной трещиной и подверженной одноосному растяжению в условиях ползучести [1,2]. На основании созданной подпрограммы UMAT был учтен эффект накопления повреждений в материале при действии нагрузки достаточно продолжительное время (от 10 часов до 10000 часов).

В основе подпрограммы UMAT лежат определяющие соотношения Бейли-Нортон и эволюционные уравнения Качанова-Работного.

Результаты

В рамках данного исследования выполнена серия расчетов с различными материальными константами. Учет ползучести осуществлен с помощью степенного закона Нортон-Бейли, который описан с помощью пользовательской подпрограммы UMAT. Расчеты выполнялись для двух случаев: с учетом эффекта поврежденности и без него.

Полученные численные результаты расчета показали, что в случае отсутствия параметра сплошности, поля напряжений обладают асимптотическим поведением в зонах ползучести и упругости.

Постановка задачи

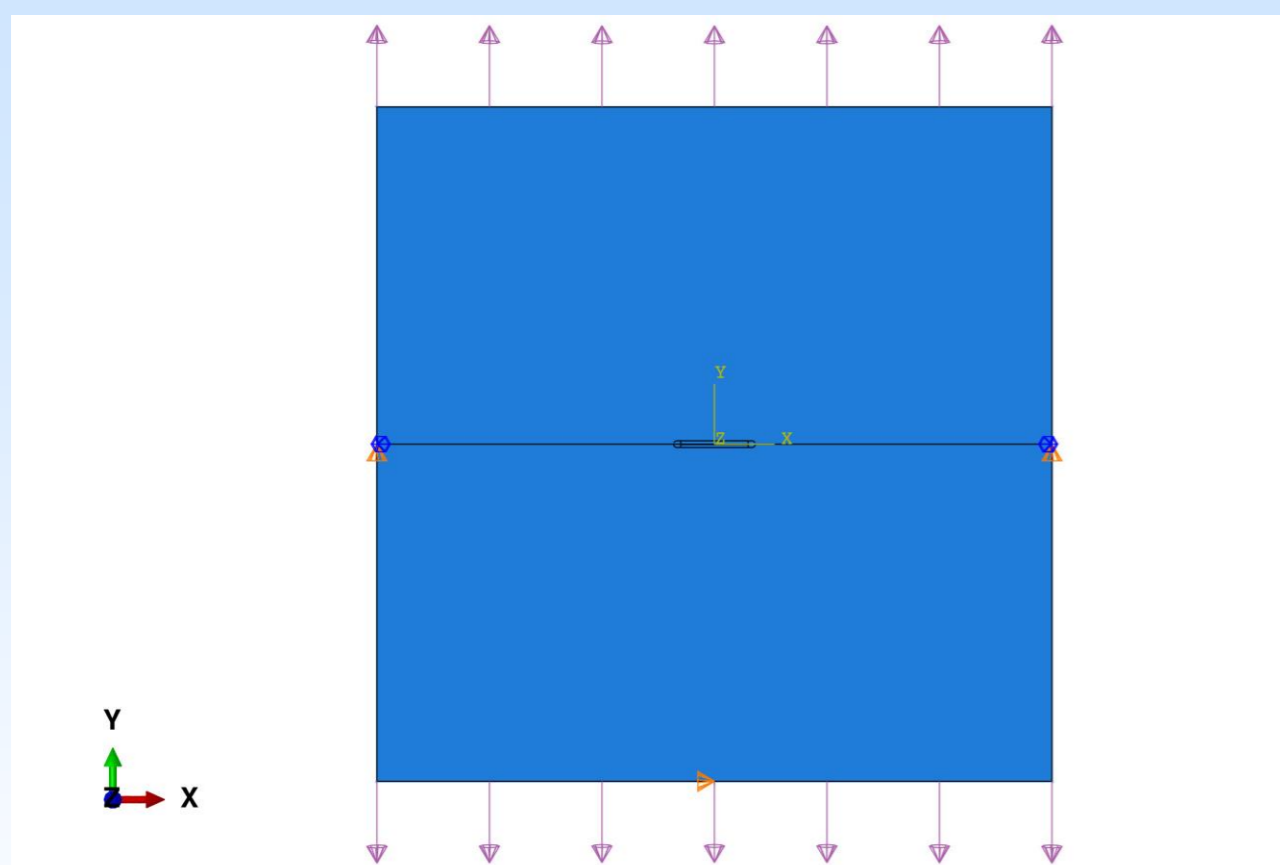


Рисунок 1. Геометрия модели и приложенная нагрузка

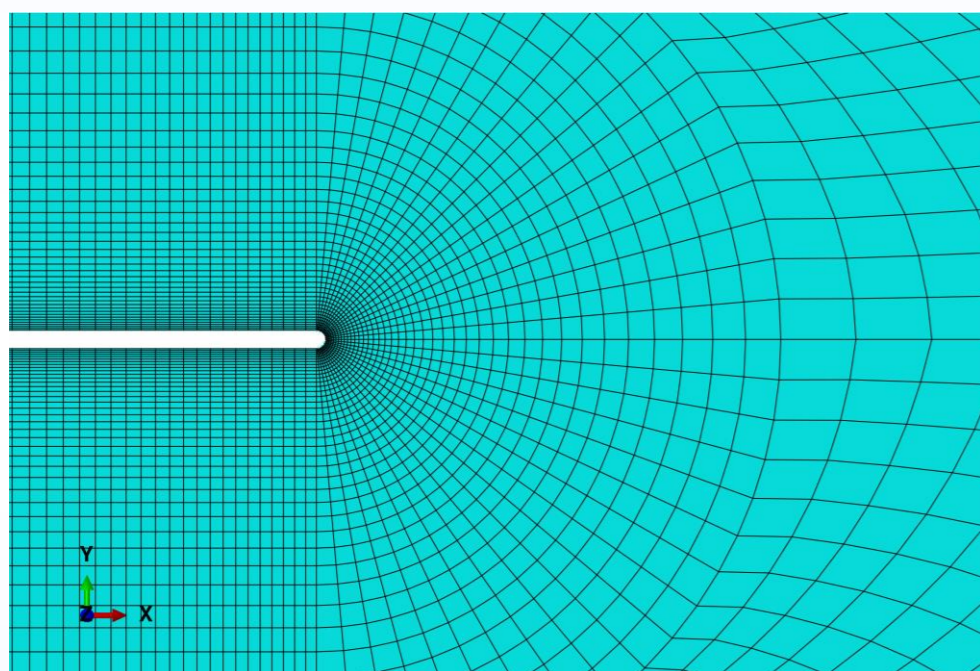


Рисунок 2. Типичная конечно-элементная сетка

В качестве конечно-элементной модели, используемой для анализа влияния процесса накопления повреждений на напряженно-деформированное состояние тела, рассматривается пластина с трещиной. Пластина подвержена одноосному растяжению (Рисунок 1). Пластина разбита преимущественно квадратными элементами первого порядка. Количество элементов на четверть окружности у основания выреза равно 16, размер которых равен 0.0002 мм (Рисунок 2).

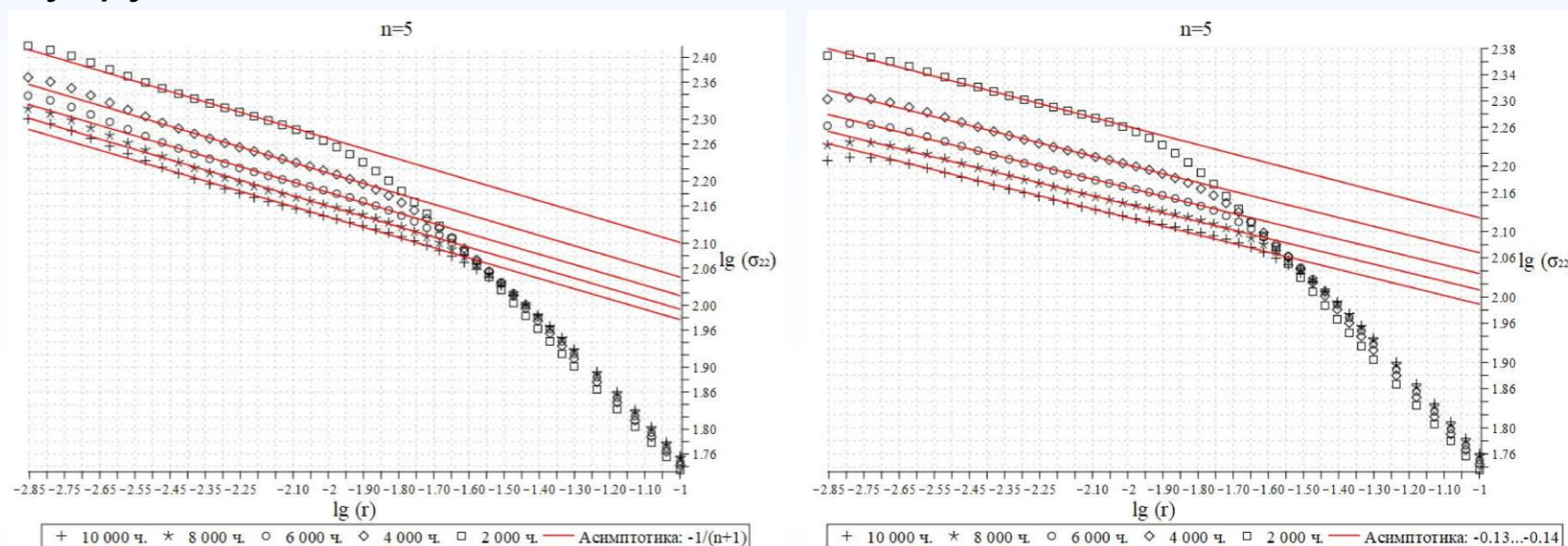


Рисунок 3. Распределение напряжений в пластине без поврежденности (слева) и с учетом процесса накопления повреждений (справа)

В зоне ползучести наблюдается асимптотика Хатчинсона-Райса-Розенгрена, а в зоне упругости – асимптотика линейной механики разрушения. Введение в расчет параметра сплошности влияет на асимптотическое поведение полей напряжений у вершины трещины в зоне ползучести и приводит к изменению асимптотического поведения механических величин у вершины трещины. В зонах упругого поведения материала асимптотика линейной механики разрушения сохранилась. На рисунке 3 представлено радиальное распределение нормальной компоненты напряжений на продолжении трещины отрыва в двойных логарифмических координатах (слева: без учета поврежденности; справа: с учетом процессов накопления повреждений).

Выводы

Выполненный конечно-элементный анализ показал, что процесс накопления повреждений изменяет асимптотическое поведение поля напряжений в окрестности вершины трещины и приводит к новому асимптотическому распределению компонент тензора напряжений. Обнаружено асимптотическое поведение распределения сплошности.

Используемый подход и численные вычисления дают инструменты для поиска аналитического решения краевой задачи и определения структуры асимптотического решения задачи.

Список литературы

1. В. Чаплий, Л. В. Степанова, О. Н. Белова Воздействие аккумуляции повреждений на асимптотическое поведение напряжений в окрестности вершины трещины. Вестник Самарского университета. Естественнонаучная серия. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 47-63. – DOI 10.18287/2541-7525-2023-29-1-47-63.
2. О.Н. Белова, Д.В. Чаплий, Л.В. Степанова. Применение пользовательской подпрограммы UMAT для решения задач континуальной механики (обзор). Вестник Самарского университета. Естественнонаучная серия. – 2021. – Т. 27, № 3. – С. 46-73. – DOI 10.18287/2541-7525-2021-27-3-46-73.