

УДК 006.83

Исследование качества модели нелинейного процесса разрушения изделия

Ренёв С.А., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства»*

Научный руководитель: Шильников П.С., к.т.н., доцент

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана

gss@bmstu.ru

Ни для кого не секрет, что системы автоматизированного проектирования достаточно широко используются во всем мире. Поддерживают практически все физико-механические и химические процессы на этапе конструкторско-технологической подготовки производства в CAD, CAE комплексах, а также активно внедряются в PLM и PDM системы для организаций полного ЖЦ изделия.

Одним из направлений САПР, в частности CAE систем, является расчет модели изделия на прочность (усталостную, динамическую, статическую и др.). Под моделью изделия, согласно методологии SADT Дугласа Росса, понимается объект, позволяющий получить ответы на интересующие нас вопросы о другом, моделируемом объекте.

Ключевую роль в расчете изделия на прочность играют критерий и процесс разрушения, рассматриваемые в терминах механики разрушения твердых тел. Актуальность темы определяют следующие факторы:

- отсутствие достоверных методов решения задач механики разрушения;
- потребность в проектировании безопасных элементов конструкции и конструкции в целом;
- отсутствие обоснованных критериев разрушения в САПР;
- экономия материальных и временных ресурсов при испытании.

Данные факторы рассматриваются относительно к нелинейным задачам в механике разрушения. Поскольку линейные задачи, ввиду используемых тривиальных систем уравнений и незначительных свойств однородных материалов, качество расчетной модели получается корректным. В области нелинейных расчетов на качество модели влияет

погрешность в вычислениях несоизмеримого числа систем уравнений с высокой степенью полинома. Это имеет место, поскольку рассматриваемая неоднородная структура материала (наличие частиц второго рода, двойниковых кристаллов), специфичность формы изделия, множество параметров рассматриваемой предметной области (теплопроводность, электромагнетизм и др.) и ряд других факторов влияют на качество расчетов. Под качеством модели изделия следует понимать точность получаемых ответов.

На сегодняшний день существует несколько современных критериев разрушения:

- выделение упругой энергии системы при продвижении трещины;
- плотность энергии деформации в вершинах трещины;
- максимальные растягивающиеся напряжения;
- величина раскрытия берегов трещины;
- величина коэффициента интенсивности напряжений (КИН) или модуль сцепления материала.

Важнейшим из всех критериев является КИН, он входит во все перечисленные критерии и является мерой всех напряжений и деформаций, отвечает за образование и рост трещины. Величина срабатывания данного критерия в рассматриваемой предметной области нелинейных задач будет влиять на качество модели.

Рассмотрение теоретических основ КИН и проведение натурных испытаний, позволит оценить качество текущих формулировок и методов решения задач механики разрушения. В случае необходимости, скорректировать данные положения о КИН и тем самым сделать следующий толчок в развитии механики разрушения твердых тел.

В дальнейшем вопрос рассматривается непосредственно в контексте САПР. Метод конечных элементов (КЭ), один из численных методов решения аналитических задач (CAE), может успешно использоваться для решения задач механики разрушения. Один из предполагаемых вариантов решения - это локальное измельчение сетки на уровне зерен в прогнозируемой области образования трещины. Явление, наблюдаемое в результате образования трещины и последующим разрушением модели из КЭ, именуется как «Birth and Death» («Рождение и Смерть») КЭ. «Убивая» в зоне максимального напряжения с учетом КИН, один КЭ за другим, наблюдается эффект разрушения расчетной модели. На данный момент существует несколько зарубежных систем инженерного анализа, владеющие данной функцией: ANSYS/LS-DYNA с 1996 г., Abaqus/Explicit, LS-DYNA, MD NASTRAN/LS-DYNA с 2004 г., CATIA. Среди отечественных САПР данное направление развивается в продукте компаний APM WinMachine.

В целях оценки качества и повышения знаний в области решения нелинейных задач с использованием САПР была рассмотрена задача разрушения модели изделия в программе ANSYS Mechanical APDL без использования решателя LS-DYNA. Реальное испытание было проведено в МКБ «Факел» им. Грушина московской области. В качестве объекта исследования был использован «Гагаринский образец» (рис.1). Затем с учетом размеров образца, нагрузок и способа закрепления была создана расчетная модель (рис.2). После завершения работы решателя в постпроцессоре отображается информация о напряжениях и деформациях (рис.3). Как мы видим по диаграмме напряжений, результаты испытаний почти идентичны, качество расчетов и качество модели получилось хорошим (рис.4).



Рис. 1. Испытание на прочность опытных образцов

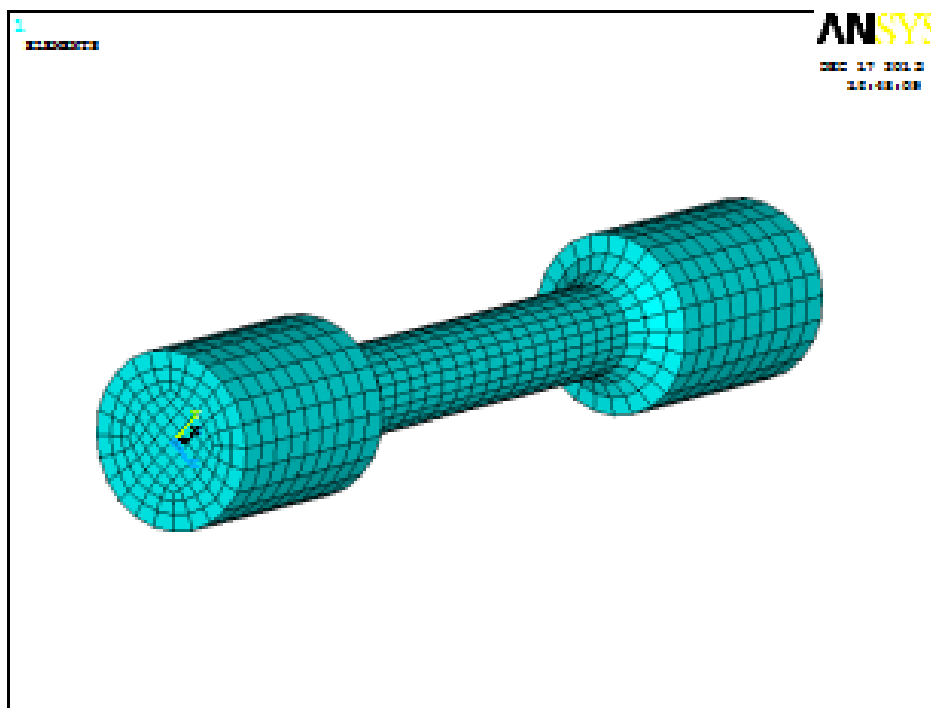


Рис. 2. Расчетная модель в программе ANSYS Mechanical APDL

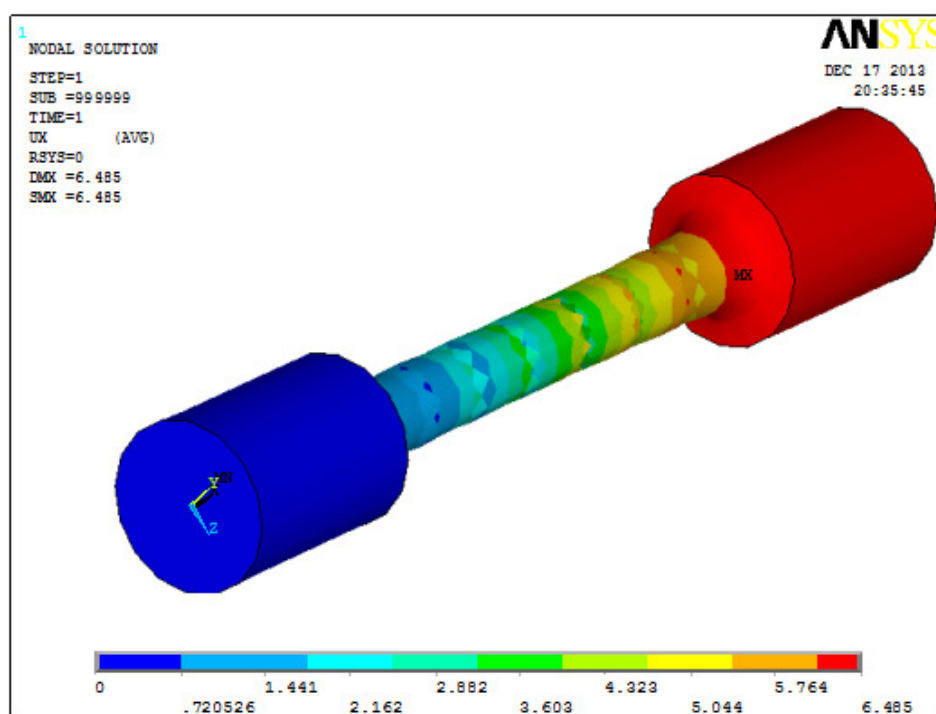


Рис. 3. Напряженное состояние модели при растяжении

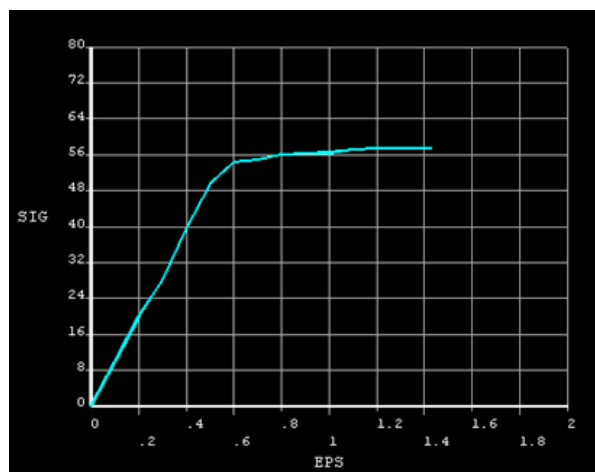


Рис.4. Диаграмма напряжений. а) при реальных испытаниях изделия на прочность, б) с использованием программы ANSYS Mechanical APDL

CAE – комплекс ANSYS Mechanical APDL, хоть и не поддерживает функцию «Birth and Death», позволяет решать нелинейные задачи при наличии диаграммы напряжений реальных испытаний. Подобным образом в САПР рассматриваются задачи с использованием функции «Birth and Death».

Таким образом, успешная реализация метода определения достоверного значения *КИН* для нелинейных задач, а также реализация функции «Birth and Death» в системе APM WinMachine, позволит поднять отечественные САПР на более высокий уровень и повысить безопасность, качество расчетов конструкции на прочность в целом.

Список литературы

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1976. 608 с.
2. Брок Д. Основы механики разрушения: пер. с англ. М.: Высшая школа, 1980. 368 с. [Broek D. Elementary engineering fracture mechanics, 1974.].
3. Бруйка В.А. Инженерный анализ в Ansys Workbench: Учебное пособие. 2010. Часть 1. 271 с.
4. Дударева Н.Ю. Самоучитель SolidWorks 2010. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 416 с.
5. Карзов Г.П., Марголин Б.З., Швецова В.А. Физико-механическое моделирование процессов разрушения. СПб.: Политехника, 1993. 391 с.