

## ОСНОВЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ В САЕ-СИСТЕМАХ

*Шикотько Д.А.*  
*НИ ТПУ, ИШЭ, группа 5АМ35*  
E-mail: das93@tpu.ru

САЕ (от англ. computer-aided engineered – автоматизированное проектирование) – программная среда, позволяющая проводить компьютерное моделирование различных объектов, тем самым отойдя от классических способов испытания. Сегодня САЕ-системы повсеместно используются с САД-системами.

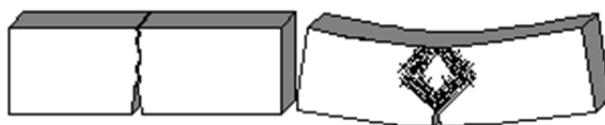
При работе в программах данного типа в первую очередь необходимо создать 3D объект – компьютерную версию реального объекта, над которым планируется вести расчет. В дальнейшем происходит задание параметров объекта, после чего возможно применение нагрузок разного типа (сжатие, растяжение, давление и т. д.).

Расчетная часть большинства САЕ-программ основана на численных методах решения дифференциальных уравнений (метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов и др.).

Напряженное состояние нагруженных деталей неоднородно. В отдельных областях присутствуют концентраторы напряжения, которое в свою очередь может в несколько раз превышать номинальные значения.

Считается, что наличие высоких напряжений в концентраторах не влияет на статическую прочность, но оказывает существенное влияние на долговечность конструкции. В местах локальных концентраций напряжений возможно появление участков с нарушением сплошности, характеризующихся наличием микротрещин. Детали машиностроительных и строительных конструкций с дефектами сплошности в концентраторах напряжения допускаются к эксплуатации, однако максимально точно спрогнозировать границы допустимых силовых воздействий можно лишь при правильном моделировании протекающих в концентраторах процессах.

Трещиностойкость – способность материала (конструкции) с трещинами сопротивляться внешнему нагружению. Разрушение трещин бывает двух видов: статическое (возникающее при постоянной внешней нагрузке), и усталостное (возникающее при временной внешней нагрузке). В то же время в зависимости от типа разрушаемой поверхности отличается и вид разрушения, происходящий в материале: хрупкое или вязкое (рис. 1). Чаще всего главным источником усталостных трещин являются дефекты в зонах растягивающих напряжений.



*Рис. 1. Разрушение поверхности: слева – хрупкое разрушение; справа – вязкое разрушение*

Вязкость разрушения связана с показателями прочности материала: увеличение прочности сопровождается снижением пластичности и вязкости разрушения. Материалы средней и низкой прочности при температуре окружающей среды равной комнатной, чаще всего имеют более высокое значение пластичности, но при снижении температуры, прочность таких материалов растет и при определенных условиях поведение материала становится идентичным высокопрочному при комнатной температуре.

В САЕ-программах прочностного анализа доступны инструменты для моделирования и последующего расчета параметров трещиностойкости материала, обладающего линейными, кусочно-линейными и нелинейными механическими характеристиками.

Чрезмерное нагружение детали приводит к снижению её прочности и переходу конструкции в предельное состояние. Усталостный расчет проводится для допустимого числа

циклов нагружения. Внешняя нагрузка может иметь гармонический, точечный или случайный характер.

В основе выполнения расчета на трещиностойкость лежит метод оценки напряженно-деформированного состояния трещины и области вокруг нее. Расчет в данном случае строится на методе конечных элементов. Конечно-элементный анализ может выполняться и для отдельного конечного элемента, где оценивается его нагрузочная способность. Если элемент утратил способность к восприятию нагрузки, это учитывается при определении нагрузочной способности объекта в целом.

Для расчета трещиностойкости конструкции, находящейся в непосредственной эксплуатации существует возможность встраивания трещины в существующую 3D модель объекта, что позволяет определить ряд статических и усталостных параметров.

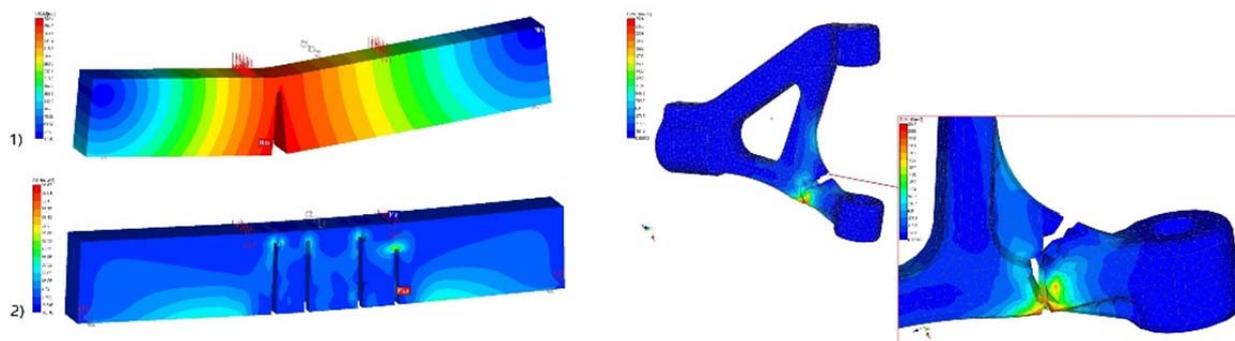


Рис. 2. Расчёт трещиностойкости в системах CAE

Применение программ компьютерного моделирования при расчете детали на трещиностойкость позволяет производителю существенно снизить временные и денежные ресурсы на разработку, а также произвести наиболее точный прочностной расчет выпускаемого изделия.

### Список литературы

1. Мешихин А.А., Моделирование деталей в CAD/CAM/CAE-системе Siemens NX: учебно-методическое пособие / А.А. Мешихин, П.Ю. Павлов, О.В. Железнов. – Ульяновск: УлГУ, 2020. – 80 с.
2. Звонцов, И.Ф. Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 588 с.
3. Абросимов, С.Н. Основы компьютерной графики САПР изделий машиностроения (MCAD): учебное пособие / С.Н. Абросимов. – Санкт-Петербург: БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2014. – 206 с.
4. Ресурсы удаленного доступа.
5. Механика разрушений. Трещиностойкость конструкций – URL: <https://apm.ru/fracture-mechanics> (дата обращения: 19.11.2023).