

ВЫБОР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ CAE-СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В.Н. Хмелев, С.Н. Цыганок, М.В. Демьяненко

Бийский технологический институт (филиал)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Бийск

Данная статья посвящена поиску наиболее эффективной CAE-системы для определения собственных частот и видов колебаний ультразвуковых колебательных систем.

Ключевые слова: CAE-система, колебательные системы, собственные частоты.

С развитием компьютерных вычислительных технологий в расчетах чаще стали применяться численные методы. Метод конечных элементов, который реализован в ряде программных пакетов (ANSYS, COMSOL Multiphysics и др.), отличающихся обилием и наглядностью получаемых результатов, привлекает в настоящее время наибольшее внимание инженеров и исследователей.

Практическая реализация метода конечных элементов заключается в разбиении исследуемой конструкции на отдельные области. Для каждого элемента вычисляют все необходимые характеристики, которые затем объединяют в единый ансамбль с учетом совместности деформаций всех точек конструкции [1].

Цель представляемой работы – выбор наиболее эффективного программного пакета (CAE-системы), способного обеспечить определение собственных частот и видов колебаний различных по конструктивным схемам ультразвуковых колебательных систем. При этом система должна обеспечивать связь с CAD пакетами, возможность автоматизированного построения сетки, расчет внутренних механических напряжений, выявление мод колебаний, расчет резонансной частоты выбранной моды, расчет амплитуды с учетом направлений колебаний по осям, возможность выбора материалов с учетом изменения их параметров под влиянием внешних воздействий, возможность учета влияния среды воздействия (нагрузки).

При проведении исследований, направленных на выбор наиболее эффективного, рассматривались самые распространенные пакеты, способные обеспечить достижение поставленной цели:

- дистрибутив CAE Linux (пакет Code Aster);
- APM WinMachine (модуль APM Structure3D);
- ANSYS;
- COMSOL Multiphysics.

CAE Linux – дистрибутив операционной системы *Linux*, включающий в себя ряд свободных CAE-программ (Salome, Code Aster, Code Saturne, CalculiX, OpenFOAM, Elmer, ParaView, FreeCAD и др.), представляющих собой открытую интегрируемую платформу для численного моделирования задач механики сплошных сред. Наличие открытого бесплатного кода не компенсирует отсутствие объективных отзывов о программе от специалистов с большим практическим опытом, отсутствие техдокументации, неясность перспектив дальнейшего развития в плане модернизации решаемых задач.

APM Structure3D – система конечно-элементного анализа, разработанная российской компанией НТЦ АПМ. Эта система является составной частью отечественного программного продукта APM WinMachine. Наряду с достоинством этой системы в виде русскоязычного интерфейса и документации, пакет значительно уступает зарубежным системам по количеству решаемых задач [2].

Наибольший интерес из зарубежных систем для решения поставленных задач представляют ANSYS и COMSOL Multiphysics.

ANSYS – профессиональный конечно-элементный расчетный комплекс, который позволяет решать задачи прочности, теплообмена, электромагнетизма, гидрогазодинамики как по отдельности, так и совместно [3].

Анализ функциональных возможностей комплекса, применительно к решению специфических задач проектирования ультра-

ВЫБОР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ CAE-СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

звуковых колебательных систем позволил установить:

- возможность проведения с высокой точностью мультидисциплинарных расчетов напряженно-деформированного состояния, электромагнетизма и взаимодействия систем с учетом значительного выбора реализованных моделей материалов;

- возможность ассоциативной связи с CAD пакетами (Solidworks, Inventor/MDT, Pro/ENGINEER, SolidEdge, CATIA), возможность расчета сложных сборок (наличие множества деталей со сложным типом нелинейных контактов), автоматическое нахождение сходимости решения, поддержка многопроцессорности;

- наличие дополнительного модуля оптимизации DesignXplorer, в этом модуле реализованы широко признанные алгоритмы: Design Of Experiments (DOE), Design for Six Sigma (6σ) (DFSS), NLPQL, Variational Technology (VT), Monte-Carlo, позволяющие оптимизировать конструкции по десяткам целевых параметров, варьируя значениями сотен входных параметров;

- наличие легкой в использовании платформы ANSYS Workbench (рисунок 1), сохраняющей всю основную математику ANSYS.



Рисунок 1 – Взаимодействие различных модулей в рамках платформы ANSYS Workbench

К выявленным недостаткам относится невозможность непосредственной работы с системами PDE (дифференциальные уравнения с частными производными).

Анализ мощнейшего пакета COMSOL Multiphysics показал возможность решения практически любых краевых задачи методом конечных элементов (рисунок 2).

Обусловлено это возможностью создания собственных модулей на основе задаваемых уравнений, описывающие тот или иной процесс и построения краевых условий

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №2 2012

в привычных математикам и механикам формах Дирихле и Неймана;

Выявленные недостатки заключаются в том, что задачи с большим числом конечных элементов и со сложной геометрией не могут решаться из-за переполнения памяти.

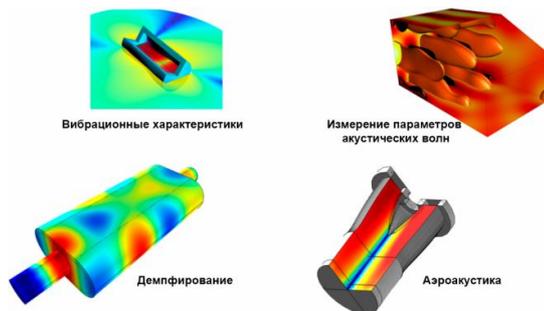


Рисунок 2 – Пример различных модулей в рамках пакета COMSOL Multiphysics

Таким образом, на первом этапе исследований различных колебательных систем был использован пакет ANSYS.

Исследование его практических возможностей было осуществлено на примере моделирования дискового излучателя для формирования в газовых средах ультразвуковых колебаний высокой интенсивности [4].

При этом решалась задача проектирования ступенчато переменного по толщине дискового излучателя, обеспечивающего возбуждение колебаний на частотах, кратных основной (исключается возбуждение на основной моде) с формированием заданного распределения амплитуды колебаний по излучающей поверхности (рисунок 3). Полученные результаты сравнивались с используемыми на практике дисковыми излучателями постоянного сечения.

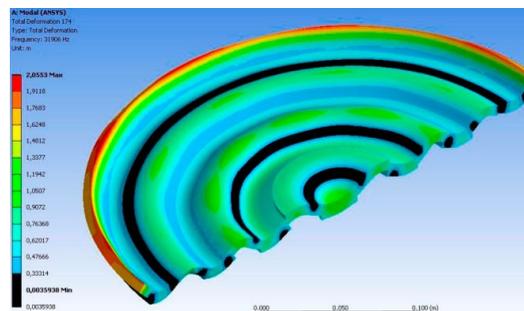


Рисунок 3 – Результаты моделирования диска, возбужденного на седьмой моде основной резонансной частоты изгибных колебаний

Таким образом, проведенные исследования позволили подтвердить наибольшую эффективность программного пакета ANSYS для определения собственных частот и видов колебаний ультразвуковых колебательных систем.

Однако, исследование влияния среды воздействия (нагрузки) с использованием программного пакета ANSYS не представляется возможным. Поэтому, при необходимости проведения исследований с учетом влияния нагрузки необходимо использовать пакет COMSOL Multiphysics в качестве дополнения к пакету ANSYS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чигрин В.С. Исследование колебаний лопаток и дисков ГТД / Рыбинская Государственная авиационно-технологическая академия им. П.А. Соловьева. Рыбинск: РГАТА, 2005. 20 с.
2. Шелофаст В. В., Стайнова Е. Г. Использование систем инженерного анализа для повышения качества проектирования / технический альманах "НМ-оборудование" 2005. № 1. С.34–37.
3. Иванов С.Е. Интеллектуальные программные комплексы для технической и технологической подготовки производства / Часть 5. Системы инженерного расчета и анализа деталей и сборочных единиц» Под ред. Куликова Д.Д. Учебно-методическое пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. 48 с.
4. Хмелев, В.Н. Цыганок С.Н., Шалунов А.В, Лебедев А.Н, Хмелев С.С., Хмелев С.С, Галахов А.Н. Разработка пьезоэлектрических ультразвуковых колебательных систем для интенсификации процессов в газовых средах / Известия Тульского Государственного университета, серия: технические науки 2010. Вып.1. С.148–157.

Хмелев Владимир Николаевич – д.т.н. профессор, тел.: (3854) 43-25-70, e-mail: vnh@bti.secpa.ru; **Цыганок Сергей Николаевич** – к.т.н., доцент; **Демьяненко Максим Васильевич** – аспирант.