

информации. Процедуры выработки и проверки электронной цифровой подписи". Однако в ближайшее время в практику применения ЭЦП активно войдет более производительная ЭЦП, основанная на использовании вычислительных алгоритмов, базирующихся на применении эллиптических кривых, что может привести к некоторым изменениям в процедурах использования ЭЦП. В частности, может возникнуть проблема изменения действующих ключей ЭЦП.

Все проблемы, связанные с внедрением и развитием процедур применения ЭЦП в электронном документообороте, требуют от всех вовлеченных сторон достаточной квалификации и понимания сути выполняемых действий. Преподавание в вузах основных аспектов формирования и применения ЭЦП студентам экономических и инженерных специальностей способно в значительной степени облегчить процесс внедрения электронного документооборота и сделать более эффективным его применение.

ПРИМЕНЕНИЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ APDL ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ ANSYS

Фурунжиев Р.И., канд. техн. наук, профессор, БГАТУ, г. Минск

Активное применение современных систем компьютерного инженерного анализа CAE (Computer Aided Engineering) в качестве инструмента для решения производственных и научных проблем позволяет резко ускорить сроки внедрения результатов прикладных исследований в производство. К числу наиболее известных систем компьютерного инженерного анализа можно отнести пакеты программ ANSYS, COSMOS, NASTRAN, LIRA. Особенно широкое применение получила в последние годы на промышленных предприятиях, прикладных НИИ и ведущих университетах страны система ANSYS.

ANSYS (ANSYS, Inc.) - многоцелевая программа, предназначенная для решения задач механики деформируемого твердого тела, механики жидкости и газа, теплопереноса, электромагнетизма, оптимизации, а также связанных задач механики деформированного твердого тела и теплопереноса, механики деформируемого твердого тела и механики жидкости и газа, механики деформируемого твердого тела и электромагнетизма, теплопереноса и электромагнетизма.

Теоретической основой пакета является метод конечных элементов (МКЭ). Диапазон применимости МКЭ, его эффективность, наглядность и сравнительная легкость реализации, делают его серьезными соперниками для любого метода. Наличие же встроенного языка программирования APDL можно выделить как одно из основных достоинств программы ANSYS. Интуитивная ясность и простота и в то же время широкие функциональные возможности делают APDL мощным средством автоматизации всего цикла численного анализа сложных технических систем. Фактически, автоматизация заключается в разработке комплекса макропрограмм, настраивающих систему на решение конкретных производственных задач и позволяющих эффективно использовать современные средства численного анализа.

С использованием этого внутреннего языка параметрического программирования пользователь получает возможность легко встраивать в систему любые процедуры, элементы, решатели, модифицировать и дополнять меню, подключать файлы сообщений на любом языке или переделать имеющиеся, а также подключать пользовательские модели, написанные на языках FORTRAN или C++.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете накоплен некоторый опыт применения современных систем CAE не только в учебном процессе, но и в научных исследованиях. В качестве базовой системы используется программный комплекс ANSYS. Возможности языка программирования APDL были использованы в расчетах и научном

сопровождения строительства большепролетного спортивно-зрелищного комплекса «Минск-Арена».

Параметрические возможности языка программирования позволили эффективно формировать и модифицировать структуру модели объекта и многообразии внешних воздействий, включая температурные, в процессе проектирования и научного сопровождения. Использование языка расширило возможности программы за пределы традиционного конечно-элементного анализа и предоставило возможность применения более развитых процедур, относящиеся к проверке чувствительности решения к изменениям исходных данных, внесению изменений в проект и выбор рациональных технических решений.

Результаты компьютерного инженерного анализа деформаций большепролетного вантового перекрытия, выполненные в среде ANSYS с применением языка программирования APDL, опубликованные в работе [], совпали с результатами натурных измерений, выполненными при завершении строительства в 2010 году.

С применением языка параметрического программирования разработана учебная программа для решения задач оптимизации параметров, которая представляется компьютерной технологией выбора оптимального проекта с помощью конечно-элементного анализа. Разработчик выбирает критерии и ограничения проекта и создает такую же параметрическую модель, как и при параметрическом проектировании. Процедура оптимизации управляет выполнением анализа на основе принятия решения о значениях параметров, используемых при пробных расчетах. Средства оптимизации программы ANSYS позволяют оптимизировать фактически любые параметры проекта: структуру, форму, значения напряжений, собственных частоты, температуру и другие дискретные величины, а не только стоимость проекта или вес конструкции.

Инструменты оптимизации включают следующие программные средства:

- факторный анализ для отслеживания всех точек экстремума в пространстве переменных;

- градиентный метод, с помощью которого вычисляются градиенты целевой функции и переменных состояния;

- дискретный метод, т.е. оценка влияния какой-либо одной из переменных проекта, меняющейся в некотором диапазоне.

Эти средства дают возможность проводить исследование чувствительности проектного решения на основе информации о производных функций - градиентов зависимых переменных.

Используются следующие параметры проектной разработки. Оптимизируемые параметры, представляющие собой те входные параметры проекта, значения которых предполагается менять: длина, радиус, толщина, свойства материалов, местоположения нагрузок и др. Пользователь должен указать минимальные и максимальные значения величины для каждой переменной проекта.

Переменные состояния - параметры, которые используются для оценки проекта на основе установленных пользователем критериев: напряжения, прогибов, температуры, собственные частоты и др. Для каждой переменной указываются верхние и/или нижние пределы, которые представляют собой критерии приемлемости проекта. Целевая функция - переменная, характеризующая проект в целом: представляет собой функцию, минимум (или максимум) которой требуется найти. В качестве целевой функции может быть определена любая величина, которая выражается через параметры программы.

Первоначально пользователь задает параметризованные исходные данные для начального варианта проекта, переменные проекта, переменные состояния вместе с их предельными значениями и целевую функцию. В процессе оптимизации выбираются новые значения переменных проекта, анализируется новый вариант проекта, оцениваются переменные состояния, а затем результаты используются для повторения всей последовательности

действий по минимизации целевой функции. В программе используются два метода оптимизации: метод аппроксимации и метод первого порядка.

Результаты компьютерной инженерной оптимизации толщин пластинчатой детали заданной конфигурации, находящейся в плоском напряженном состоянии, в среде ANSYS и по программе SKAT [3] отличались незначительно. При включении в перечень оптимизируемых параметров геометрических параметров структуры задача эффективнее и оперативнее решалась с применением языка программирования APDL.

В настоящее время программный комплекс ANSYS активно применяется в учебном процессе ряда высших учебных заведений. Опыт применения программы в некоторых ВУЗах России показывает, что он может быть положен в основу сквозной подготовки студентов некоторых специальностей, начиная с первого курса и заканчивая дипломным проектом. На младших курсах студенты знакомятся с возможностями геометрического моделирования конструкций средствами программы, а также импорта геометрии из CAD программ путем использования стандартных графических форматов IGES и STEP. Далее, в курсе теоретической механики, с помощью этой программы могут решаться задачи статики, кинематики и динамики. Благодаря наличию в программе модулей теплового и гидроаэродинамического анализа, а также анализа электромагнитных, электрических полей и пьезоэлектрических явлений программа также может быть использована при подготовке специалистов по ряду специальностей большинства факультетов университета.

В настоящее время изучение комплекса ANSYS входит в учебную программу в Белорусском государственном университете и Белорусском государственном национальном техническом университете студентами специальности «Компьютерная механика». В Белорусском государственном аграрном техническом университете программный комплекс ANSYS с применением основ языка программирования APDL изучается студентами

специальности «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники».

Литература:

1. Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство / А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева; М.: Едиториал УРСС, 2003. 272 с.

2. Фурунжиев Р.И. Компьютерное моделирование конструкций с учетом изменения расчетной схемы. Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе. Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции, Часть 2. - Мн.: БГАТУ, 2008 г. 5 с.

3. Фурунжиев Р.И. Особенности алгоритма и программы оптимизации параметров программного комплекса SKAT. Научный поиск и инновационные преобразования в агропромышленном комплексе: Сборник научных статей / под общ. ред. Л.Ф. Догиля [и др.] - Минск: БГАТУ, 2009 г. 3 с.

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ КЛАСТЕРОВ В МОЛОЧНОМ ПОДКОМПЛЕКСЕ

Станкевич И.И., ст. преподаватель, БГАТУ, г. Минск

Совершенствование организационно-экономической структуры АПК, и в частности, молочного подкомплекса на основе развития кооперативно-интеграционных отношений представляет собой объективный экономический процесс. Активизация этого процесса на современном этапе становится одним из важнейших факторов стабилизации и подъема экономики перерабатывающей промышленности, организаций сельского хозяйства и отраслей.

Кластерная политика – является одной из инновационных механизмов развития аграрной экономики. Синергетический эффект, который дает деятельность партнеров по кластеру, способствует стабильному социально-экономическому развитию, как агропромышленных организаций, так и регионов в целом.