

**РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ПРИКЛАДНОГО МОДУЛЯ
ПРОГРАММЫ SOLIDWORKS****Темников Роман Игоревич**

курсант, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», РФ, г. Воронеж

Нечепоренко Даниил Андреевич

курсант, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», РФ, г. Воронеж

Иванова Инна Германовна

преподаватель, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», РФ, г. Воронеж

Пальчикова Галина Сергеевна

преподаватель, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», РФ, г. Воронеж

В наше время происходит быстрое развитие процесса информатизации образования, новые информационные и компьютерные технологии проникают без исключения во все сферы жизни современного человека [1]. Внедрение новых технологий, таких как конечно-элементное моделирование, уже на начальном этапе обучения не только предоставляет мощный инструмент визуализации механических процессов, но и повышает интерес курсантов к работе в технической области [2]. Кроме того, интегрированный подход помогает курсантам понять смысл вычислительных и экспериментальных методов решения инженерных проблем и позволяет им оценить значимость каждого компонента инженерного анализа, проектирования и исследования. Освоение курсантами конечно-элементного моделирования на начальной стадии их обучения позволяет улучшить усвоение специальных дисциплин на старших курсах и повысить готовность курсантов к инженерной практике после окончания учебы [1].

Таким образом, рассмотрение вопросов применения инженерного анализа в составе компьютерных систем для выработки технических решений в проектной, конструкторской, научной деятельности инженера являются актуальными в настоящее время.

Инженерный компьютерный анализ в процессе создания нового изделия позволяет спрогнозировать поведение системы и с минимальными затратами времени сопоставить ряд различных альтернативных конструкторских решений. В результате снижается объем экспериментальной отработки и доводки изделия, повышается его качество, а сам процесс проектирования ускоряется и удешевляется. С каждым годом роль компьютерного моделирования и инженерного анализа при разработке новых изделий растет и, в конечном счете, они должны стать неотъемлемой и органичной частью любого процесса проектирования. Это предполагает тесную взаимосвязь между модулями геометрического моделирования и инженерного анализа компьютерных систем проектирования с тем, чтобы выполнение соответствующих расчетов и моделирования стало для рядового проектировщика таким же обычным делом, как создание трехмерной модели или выпуск чертежей.

Современные системы инженерного анализа - CAE (англ. «computer-aided engineering») обеспечивают решение задач линейного и нелинейного статического анализа, анализа частоты, устойчивости, температурного анализа, усталости, испытаний на ударную нагрузку, линейного и нелинейного динамического анализа, анализа оптимизации и др. CAE применяются совместно с CAD-системами компьютерного геометрического моделирования (англ. «computer-aided design»). Назначение CAD-систем - создание 3D-моделей и получение чертежей. CAE-системы включают расчетные модули, позволяющие оценить, как поведет себя компьютерная модель изделия в реальных условиях эксплуатации. Расчетные модули, используемые в CAE-системах, как правило, основаны на численных методах решения дифференциальных уравнений (метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей и др.).

Преимущество систем CAE состоит в том, что они позволяют уменьшить стоимость разработки за счет проведения испытания модели на компьютере вместо дорогостоящих эксплуатационных испытаний, сократить время, необходимое для представления продуктов на рынок, улучшить изделия посредством быстрой проверки сразу большого количества концепций и сценариев перед принятием окончательного решения, тем самым предоставляя дополнительное время на обдумывание новых конструкций. С помощью CAE можно проводить прочностной анализ компонентов и узлов на основе метода конечных элементов; частотные исследования; термический и гидродинамический анализ; кинематические исследования; моделирование таких процессов, как литье под давлением; оптимизацию продуктов или процессов и другие.

Наибольшей популярностью CAE пользуются в машиностроении и станкостроении, оборонной и аэрокосмической промышленности, энергетике, судостроении, производстве полупроводников, строительстве, производстве систем отопления, автомобильной промышленности.

Одной из популярных CAD-систем является Solidworks со встроенными CAE-модулями, использующими анализ методом конечных элементов (МКЭ) для виртуального тестирования CAD-моделей и прогнозирования поведения изделий в реальной эксплуатации. С помощью этого решения можно проводить линейный статический, нелинейный статический и динамический анализ. Solidworks Simulation — это полнофункциональное решение для инженерных расчетов и анализа изделий, полностью интегрированное в рабочую среду Solidworks. Оно помогает предприятиям быстрее выводить продукцию на рынок, экономить средства и поддерживать высокое качество изделий.

Наиболее распространенный расчетный метод, используемый в CAE-системах, — это метод конечных элементов («finite element method») - МКЭ. Это численный метод решения математических уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Метод широко используется для решения задач механики деформируемого твердого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики. МКЭ занял лидирующее положение благодаря возможности моделировать широкий круг объектов и явлений. Он может быть использован для абсолютного большинства конструктивных элементов, узлов и конструкций, изготовленных из самых разнообразных материалов, имеющих различную природу. В основе метода лежит разделение области, в которой ищется решение дифференциальных уравнений, на конечное количество подобластей (конечных элементов) простой формы, связанных между собой конечным числом узлов, т. е. производится дискретизация объекта исследования. Процесс деления модели на малые части называется созданием конечно-элементной сетки. Геометрическая модель превращается в сеточную. При этом сложная задача заменяется несколькими простыми задачами, которые необходимо решить совместно.

В CAE-системах имеются специальные средства генерации конечно-элементных сеток с учетом кривизны поверхностей и других особенностей геометрии изделия. В методе конечных элементов используются элементы различных форм: треугольники, четырехугольники, тетраэдры, призмы и др. Каждому узлу конечного элемента задается ряд параметров, зависящих от типа анализа и используемого элемента (это могут быть, например, характеристики жесткости и прочности материала, плотность, температура узла и т. д.).

Программное обеспечение CAE-системы для каждого конечного элемента генерирует

аппроксимирующую функцию, связывающую поля интересующих величин (перемещения, деформации, напряжения и т. д.) с задаваемыми свойствами материала изделия, ограничениями и нагрузками: линейную - для элементов с плоскими гранями или параболическую - для элементов с параболическими гранями. Граничные условия (нагрузки и ограничения) - совокупность всех внешних воздействий (кинематических, силовых, тепловых, гравитационных и т. д.), влияющих на состояние тела. Они необходимы для определения условий эксплуатации модели. Результаты анализов непосредственно зависят от заданных нагрузок и ограничений. На основе компонентов напряженно-деформированного состояния и параметров прочности материала производится вычисление эквивалентных напряжений по какому-либо критерию прочности.

Основные задачи вычислительного эксперимента с применением прикладной программы включают в себя: формирование наглядного представления о напряженно-деформированном состоянии при различных видах нагрузки; демонстрацию преимуществ использования прикладных программ при решении задач по оптимизации элементов конструкции; проверку достоверности результатов, полученных с помощью аналитического метода расчета. Таким образом, применение прикладной программы Solidworks при решении инженерных задач способствует формированию целостной картины о напряженно-деформированном состоянии исследуемого объекта, закрепляет знания, формирует навыки по проведению математического моделирования и вычислительных экспериментов с использованием программных пакетов, формирует умение интерпретировать результаты компьютерного моделирования и принимать решения по оптимизации параметров и характеристик напряженно-деформированного состояния, а также развивает информационную компетентность.

Список литературы:

1. Носкова О.Е. Решение задач сопротивления материалов с помощью прикладного модуля программы SOLIDWORKS / Сибирский педагогический журнал. № 2, 2016. с. 38-43.
2. Лукинских С.В. Компьютерное моделирование и инженерный анализ в конструкторско-технологической подготовке производства: учебное пособие / С. В. Лукинских // М-во науки и высш. обр. РФ. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. - 168 с.