

УДК 378.14:004.94

О. С. ЧАГАНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ABAQUS ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Представлены основные характеристики, состав и алгоритм моделирования в программном комплексе SIMULIA/Abaqus. Рассмотрены возможные пути использования программного комплекса Abaqus при изучении общетехнических дисциплин.

Ключевые слова: преподавание, конечно-элементное моделирование, Abaqus.

Подготовка инженерных кадров высокого уровня в современных условиях требует использования в образовательном процессе современных технологий, используемых на производстве. В настоящее время существует большое количество специальных компьютерных программ и пакетов для решения технических и инженерных задач. Одним из них является программный конечно-элементный комплекс SIMULIA/Abaqus – универсальная система для моделирования многоцелевых инженерных задач, проведения научно-исследовательской и учебной работы. Комплекс используется в автомобилестроении, авиастроении, при производстве электроники, в металлургии, в нефтедобыче и нефтепереработке и многих других областях [1].

При разработке рассматриваемого программного продукта основной акцент делался на возможности осуществления расчетов при значительных геометрических и физических нелинейностях. Поэтому в отличие от иных программных средств Abaqus рекомендуется для решения сложных задач, в которых рассматриваются несколько контактных взаимодействий, для анализа быстропротекающих процессов, при геометрических нелинейностях, связанных с появлением значительных относительных деформаций, а также при необходимости проведения мультифизического анализа.

В основу программного комплекса SIMULIA/Abaqus положен модульный принцип. Он включает пре-постпроцессор, решатели Standard и Explicit, а также дополнительные модули, предназначенные для решения специфических задач. Например, для анализа нагрузок на трубопроводы, кабели и другие конструкции, которые погружены в воду, используется модуль Aqua. Расчеты усталостной прочности и долговечности конструкций осуществляются с помощью модуля FE/SAFE. Экспортировать результаты расчета из Abaqus в программный комплекс ADAMS/Flex позволяет Abaqus/ADAMS. Для подбора оптимальных параметров конструкций предназначен модуль Abaqus/Design [2, 3].

Работа программного комплекса Abaqus основана на методе конечных элементов, который является одним из эффективных численных методов, применяемых для решения задач механики деформируемых тел. Он включает

большую библиотеку конечных элементов, позволяющую учесть физические и геометрические нелинейности, предусматривает возможность применения широкого круга различных моделей материалов.

Графическая оболочка пре-постпроцессора Abaqus/CAE предназначена для моделирования, управления, анализа и визуализации полученных результатов. Разработка модели осуществляется с использованием команд, которые отражают этапы моделирования. На первом из них осуществляются создание или импорт геометрии деталей, задание опорных точек и систем координат; определение свойств материалов и геометрических характеристик сечений элементов конструкции, а также ориентации деталей модели в пространстве. Кроме того, здесь определяются типы конечных элементов и осуществляется генерация сетки. На втором этапе задаются параметры анализа и определяется набор выходных данных. Также здесь описывается взаимодействие деталей модели, определяются контактные поверхности и их свойства, производится задание нагрузок и определение параметров закрепления и граничных условий. Далее осуществляется проверка модели, запуск вычислений, который сопровождается мониторингом процесса расчета. На заключительном этапе выводятся результаты расчета в виде графиков, схем и чертежей [4, 5].

Рассматриваемый программный комплекс может быть эффективно применен при преподавании ряда общетехнических дисциплин. Наиболее простой вариант такого использования связан с демонстрацией студентам процессов, проходящих с деформируемыми телами под действием приложенных нагрузок.

Например, на одномерной модели может быть продемонстрирован принцип действия механической связи. На рисунке 1 приведена созданная в среде программы Abaqus модель длинного стального стержня прямоугольного поперечного сечения, концы которого шарнирно закреплены. Под действием приложенной к стержню поперечной нагрузки он прогибается, причем места расположения связей остаются неподвижными. С другой стороны, углы поворота крайних поперечных сечений отличны от нуля, как это было бы в случае заделки.

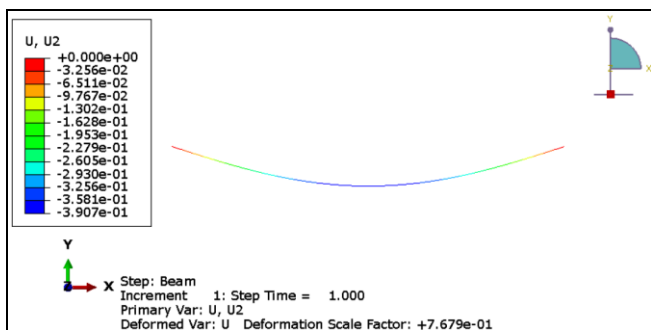


Рисунок 1 – Результаты расчета прогиба стальной балки на двух опорах под действием распределенной нагрузки в Abaqus

Также приведенная схема (см. рисунок 1) может быть использована для оценки правильности аналитического решения задачи о нахождении наибольшего прогиба, которая решается студентами при изучении механики материалов и прикладной механики.

Используя пространственные модели, можно продемонстрировать распределение касательных и нормальных напряжений как по длине стержней, так и по площади их поперечного сечения. Здесь также может быть продемонстрирована связь между напряжениями и относительными деформациями. Особенно полезной может оказаться демонстрация напряженно-деформированного состояния в областях расположения концентраторов напряжений, которая может быть осуществлена только при использовании численного моделирования работы конструкции под нагрузкой. Помимо прочего, в этом случае может быть продемонстрировано перераспределение напряжений, обусловленное пластическими деформациями.

Интересующимся студентам предлагается самостоятельно осуществить моделирование деформирования конструкций, что способствует активизации их познавательной деятельности.

Таким образом, использование программного комплекса Abaqus позволяет обеспечить более глубокие знания материала, которые в дальнейшем могут быть использованы студентами при изучении специальных дисциплин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Boulbes, R. J.** Troubleshooting Finite-Element Modeling with Abaqus: With Application in Structural Engineering Analysis / R. J. Boulbes. – Cham : Springer, 2019. – 439 p.

2 Abaqus. Применение комплекса в инженерных задачах. – М. : ТЕСИС, 2010. – 104 с.

3 SIMULIA Abaqus. Начало работы / С. А. Рыжов [и др.]. – М. : ТЕСИС, 2021. – 286 с.

4 **Золочевский, А. А.** Введение в ABAQUS : метод. пособие / А. А. Золочевский, А. А. Беккер. – Харьков, 2011. – 47 с.

5 **Нуштаев, Д. В.** Abaqus. Пособие для начинающих. Пошаговая инструкция / Д. В. Нуштаев. – М. : ТЕСИС, 2021. – 43 с.

O. S. CHAGANOVA

Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

APPLICATION OF THE ABAQUS SOFTWARE AT GENERAL TECHNICAL DISCIPLINES STUDYING

The main characteristics, composition and modeling algorithm of the SIMULIA/Abaqus software package are presented. Possible ways of using the Abaqus software package in the study of general technical disciplines are considered.

Keywords: teaching, finite element modeling, Abaqus.

Получено 31.10.2023