



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Кафедра «Машины и автоматизация сварочного производства»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по самостоятельному изучению дисциплины
«Математическое моделирование в отрасли»
направление 15.04.02 Технологические машины и оборудование
программа «Инновационные технологии и оборудование предприятий
транспортного машиностроения»

Составитель к.т.н., доцент Рогозин Д.В.

Ростов-на-Дону
2021

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина рассматривает методические основы построения математических моделей для решения инженерных задач и направлена на формирование у обучающихся практических навыков численного математического моделирования методом конечных элементов.

После освоения дисциплины обучающийся должен знать:

1. Методологические основы математического моделирования.
2. Теоретические основы метода конечных элементов.
3. Методику инженерных расчетов методом конечных элементов.
4. Структуру и функциональные возможности программного комплекса ANSYS.

Обучающийся должен уметь:

1. Формализовать задачу математического моделирования технических объектов.
2. Выполнять расчет технических объектов методом конечных элементов.
3. Интерпретировать и анализировать результаты численного расчета.

Обучающийся должен иметь навыки:

1. Самостоятельной постановки локальной исследовательской научно-технической проблемы.
2. Применения математических моделей в инженерной деятельности.
3. Проведения численного эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

1. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под ред. П.В. Трусова. – М.: Логос, 2005. – 440 с.
2. Скворцов Ю. В. Использование МКЭ-пакета ANSYS для решения задач механики деформируемого твердого тела [Электронный ресурс]: интерактив. мультимед. пособие - Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2011.
3. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учеб. для втузов / В. С. Зарубин; Под ред.: В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - М.: МГТУ, 2001. - 495 с.
4. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике / Пер. с англ. - М.: Мир, 1975. - 541с.

ПРОГРАММА КУРСА

Тема 1. Введение в математическое моделирование.

Модели и моделирование. Цели моделирования. Классификация моделей. Математическая модель и математическое моделирование. Преимущества математического моделирования. Понятие математической модели. Структура математической модели: входные, выходные параметры, их взаимосвязь; прямая, обратная задача, модель черного ящика. Свойства математической модели: точность, полнота, адекватность, робастность, экономичность, наглядность. Классификация математических моделей в зависимости от: сложности объекта моделирования; цели моделирования; оператора модели;

параметров модели; способа реализации. Иерархия математических моделей. Этапы построения математической модели.

Тема 2. Основные понятия и концепция метода конечных элементов (МКЭ).

Развитие МКЭ. Основа МКЭ. Виды МКЭ. Концепция алгоритма МКЭ. Вывод разрешающих уравнений. Формирование матрицы жесткости. Формирование и решение глобальной системы конечно-элементных уравнений.

Тема 3. Понятия о конечных элементах (КЭ).

Определение конечных элементов. Атрибуты КЭ. Классификация КЭ. Основные типы КЭ, используемые в программном комплексе ANSYS.

Тема 4. Реализация МКЭ в программных комплексах.

Назначение и классификация систем автоматизированного инженерного расчета (CAE). Структура и назначение основных программных модулей. Обзор российских и зарубежных программных комплексов. Функциональные возможности отдельных программных продуктов.

Тема 5. Постановка задачи численного моделирования.

Определение цели расчета. Выбор типа модели; осесимметричные модели. Учет подробности описания модели.

Тема 6. Создание геометрической модели.

Способы построения геометрической модели: средствами ANSYS и CAD средствами. Способы построения геометрических компонент: точки, линии, поверхности, объемы; принципы построения модели «сверху вниз» и «снизу вверх». Применение булевых операций. Кинематические операции преобразования объектов. Построение объектов из уже существующих.

Тема 7. Построение сетки конечных элементов.

Задание атрибутов сетки: выбор типа конечного элемента, линейные и квадратичные элементы, установка опций элемента; задание значений реальных констант; задание физических свойств материалов, линейные и нелинейные свойства материалов.

Тема 8. Нагрузки в программном комплексе ANSYS.

Понятие «нагрузка» в численном анализе. Виды нагрузок для решения прочностных, тепловых, связанных задач. Шаги нагружения. Приложение нагрузок к расчетной модели.

Тема 9. Получение решения.

Задание опций решения для линейного и нелинейного анализа, шагов нагружения. Запуск расчетной модели на счет.

Тема 10. Просмотр результатов расчета.

Описание постпроцессоров POST1 и POST26. Виды результатов расчета: первичные и вторичные данные. Графическое отображение результатов расчета

в постпроцессоре POST1. Табличный вывод результатов расчета. Определение заданных компонент расчетной модели и вывод значений.

Методические указания

Моделирование в современном мире является инструментом научного познания, которое находит применение во всех отраслях науки и техники, в жизни общества и деятельности человека. Роль математического моделирования и его преимущества раскрываются в первой теме курса.

В модели соответствующие теоретические положения (концепции) записываются на языке математики. Вместе с тем, одна и та же или похожие ситуации могут быть описаны множеством моделей, и наоборот - одна и та же модель может описывать совершенно разные явления.

Каждый тип математических моделей имеет свои особенности, ориентирован на тот или иной класс задач, связан с определенными требованиями к вычислительной технике и т.п. В этой связи становится важной классификация математических моделей. Знание классификационных признаков математических моделей способствует значительному упрощению получения новой математической модели определенного класса явления.

Процесс построения любой математической модели можно представить последовательностью этапов, каждый из которых обладает своими особенностями. Для успешного процесса математического моделирования необходимо знание не только общего алгоритма получения модели, но методологию математического моделирования и умение определять какие ресурсы будут задействованы в этом.

Понятие математической модели, их классификации, принципы построения освещены первой теме курса.

В практике реализации и исследования математической модели широко используют алгоритмический подход с использованием компьютерной техники. В качестве алгоритмических решений используется численное моделирование, реализуемое в универсальных программных комплексах. Для решения широкого класса задач применительно к сварным конструкциям в последние десятилетия бурно развивается метод конечных элементов. Эти аспекты освещаются в темах 2 - 4.

При изучении всех тем курса необходимо понимать роль математического моделирования в науке и техники. Теоретические основы математического моделирования опираются на методологических аспектах общенаучных методов познания окружающей среды. Методы математического моделирования находят широкое применение в компьютерном анализе, что является основой в настоящее время при расчете сварных конструкций.

Поскольку в широком смысле под математической моделью можно трактовать приближенное описание какого-либо класса явлений, выраженное с помощью математической символики, необходимо иметь четкое представление, что математическая модель устанавливает математические соотношения между откликом и воздействием на объект с учетом внутренних характеристик объекта.

При изучении реально существующего или мыслимого технического

объекта математические методы применяют к его математической модели. Это применение будет эффективным, если свойства математической модели удовлетворяют определенным требованиям: точности, полноты, адекватности и др.

Каждый тип математических моделей имеет свои особенности, ориентирован на тот или иной класс задач, связан с определенными требованиями к вычислительной технике и т.п. В этой связи становится важной классификация математических моделей. Знание классификационных признаков математических моделей способствует значительному упрощению получения новой математической модели определенного класса явления.

Процесс построения любой математической модели можно представить последовательностью этапов, каждый из которых обладает своими особенностями. Для успешного процесса математического моделирования необходимо знание не только общего алгоритма получения модели, но и методологию математического моделирования и умение определять какие ресурсы будут задействованы в этом. Детально данные положения изучаются в темах 5-10.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА

1. Что такое модель и моделирование? Цели моделирования?
2. Какие существуют типы моделирования?
3. Назовите характерные особенности аналоговых моделей.
4. Что такое когнитивная модель?
5. Какие модели называют содержательными?
6. Назовите разновидности содержательных моделей.
7. Чем концептуальная модель отличается от содержательной?
8. Что такое формальная модель?
9. Какое моделирование называется математическим?
10. Какие примеры математических моделей вам известны?
11. Сформулируйте достоинства математических моделей.
12. Что может выступать в качестве оператора при математическом моделировании?
13. По каким классификационным признакам можно разделять математические модели?
14. Чем простые модели отличаются от сложных?
15. В чем заключается сложность моделирования систем?
16. Какие типы моделей можно выделить по виду оператора моделирования?
17. Чем отличаются линейные и нелинейные модели?
18. Какие типы моделей выделяются по виду параметров моделирования?
19. Чем характерна дескриптивная модель?
20. Для каких целей служит оптимизационная модель?
21. Чем отличаются стационарные и нестационарные модели?
22. Как влияет размерность на сложность модели? Почему?
23. Назовите основные методы реализации моделей, перечислите их достоинства и недостатки.
24. Что включает понятие корректности математической задачи?

25. Каким условиям должна удовлетворять корректная модель?
26. К каким математическим задачам можно применять численные методы?
27. Назовите три составляющие погрешности численных методов.
28. Какие цели преследует проверка адекватности модели?
29. Перечислите причины возможной неадекватности модели.
30. Объяснить понятие математической концепции МКЭ.
31. Объяснить понятие физической концепции МКЭ.
32. Перечислить основные шаги численного моделирования.
33. Приведите основное уравнение МКЭ.
34. Перечислить шаги общего алгоритма МКЭ.
35. Перечислить атрибуты конечных элементов.
36. Приведите классификацию конечных элементов.
37. Раскройте понятие граничных условий. Перечислить типы граничных условий в задачах механики конструкций.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1.

1. Математическая модель: понятие, структура, свойства.
2. Назначение, структура, функциональные возможности систем САЕ (автоматизированный инженерный анализ). Примеры программных продуктов и их описание.

Вариант 2.

1. Классификация математических моделей в зависимости от сложности объекта моделирования.
2. Разрешающие уравнения методом конечных элементов в плоской постановке.

Вариант 3.

1. Классификация математических моделей в зависимости от оператора модели.
2. Общая схема алгоритма решения задач методом конечных элементов.

Вариант 4.

1. Классификация математических моделей в зависимости от параметров модели.
2. Математическая и физическая концепция метода конечных элементов.

Вариант 5.

1. Классификация математических моделей в зависимости от методов реализации.
2. Этапы построения математической модели

Вариант 6.

1. Классификация математических моделей в зависимости от цели моделирования.
2. Атрибуты и классификация конечных элементов.

Номер варианта выбирается по списку группы