

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.12 Приложения САПР на микроуровне

**Направление подготовки (специальность)**  
09.04.01 Информатика и вычислительная техника

**Профиль образовательной программы**  
“Автоматизированные системы обработки информации и управления”

**Форма обучения** очная

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1.	Тематическое содержание дисциплины .....	3
----	--	---

## **1. Тематическое содержание дисциплины**

### **1.1 Тема 1 Функционирование современных систем САПР под управлением PDM систем.**

#### **1.1.1. Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:**

- 1) PDM-системы;
- 2) Работа с данными в PDM системах;

PDM – категория программного обеспечения, позволяющая сохранять данные об изделии в базах данных. К данным об изделии, прежде всего, относят инженерные данные, такие как CAD-модели и чертежи, цифровые макеты, спецификации материалов. Метаданные содержат информацию о создателе файла и текущем статусе соответствующего компонента.

В основе PDM-систем лежат данные об изделии, которые являются совокупностью информационных объектов, порождаемых в процессе проектирования и разработки изделия, содержащей сведения о составе изделия, о геометрических моделях изделия, его компонентах и их технических характеристиках, об их отношениях в структуре изделия, о результатах расчетов и моделирования, о допусках на изготовление деталей, технологии производства и т. д.

### **1.2 Тема 2 Возможность для одной мастер-модели формировать различные варианты конечно-элементных сеток и выполнять различные типы анализов.**

#### **1.2.1. Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:**

- 1) понятие конечно-элементной сетки;
- 2) назначение конечно-элементной сетки;

Любая сложная пространственная конструкция может быть разбита воображаемыми поверхностными линиями на объемы (конечные элементы) элементарной формы. Для конечных элементов можно вычислить жесткостные характеристики на основе их элементарной геометрии и известных свойств материалов.

На элементах фиксируется конечное число узлов и считается, что конечные элементы соединяются между собой в этих узлах. Далее нумеруются узлы и элементы. Эта операция называется генерацией конечно-элементной сетки.

### **1.3 Тема 3. Необходимость и работа в среде идеализированной модели.**

#### **1.3.1. Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:**

- 1) понятие идеализированной модели;
- 2) назначение идеализированной модели;

У идеализированной модели есть разные применения. Самое первое её применение – это упрощение исходной мастер – модели. В идеализированной модели вы можете удалить, например, мелкие, неважные для вашего анализа технологические отверстия, скругления, мелкие перемычки и пр. И при этом в исходной мастер – модели все эти мелочи останутся. Исходная мастер – модель всегда остается неизменной!

Изменение геометрии идеализированной модели может касаться не только мелких деталей. Изменения геометрии может быть и значительным. Правда, при этом вы не сможете пользоваться эскизами исходной мастер – модели, но вы можете использовать весь арсенал синхронного моделирования.

Идеализированную модель часто применяют для того, чтобы разрезать исследуемый объект на части с тем, чтобы впоследствии было удобно формировать КЭ сетки. Ещё одно, очень важное применение идеализированной модели – это

формирование срединных поверхностей в том случае, если вы анализируете поверхностные модели.

#### **1.4 Тема 4. Подготовка модели исследуемого объекта к анализу на микроуровне**

##### **1.4.1. Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:**

- 1) методы анализа на микро-уровне
- 2) подготовка конечно-элементной модели для анализа

В САПР решение дифференциальных или интегро-дифференциальных уравнений с частными производными выполняется численными методами. Эти методы основаны на дискретизации независимых переменных — их представлении конечным множеством значений в выбранных узловых точках исследуемого пространства. Эти точки рассматриваются как узлы некоторой сетки, поэтому используемые в САПР методы — это сеточные методы.

Среди сеточных методов наибольшее распространение получили два метода: метод конечных разностей (МКР) и метод конечных элементов (МКЭ). Обычно выполняют дискретизацию пространственных независимых переменных, т.е. используют пространственную сетку. В этом случае результатом дискретизации является система обыкновенных дифференциальных уравнений для задачи нестационарной или системы алгебраических уравнений для стационарной.

Она осуществляется на основе построенной геометрической модели в интерактивном режиме с помощью команд Препроцессора, работа с которыми описана в данной главе. Результатом работы Препроцессора является конечно-элементная модель изделия, которая содержит:

- конечно-элементную сетку;
- сведения о материалах;
- граничные условия, соответствующие моделируемой физической задаче.

#### **1.5 Тема 5. Формирование конечно – элементной сетки.**

##### **1.5.1. Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:**

- 1) понятие конечно-элементной сетки;
- 2) модуль «Расширенная симуляция» в NX CAD;
- 3) создание конечно-элементной модели;

Одним из этапов решения задачи является разбиение модели сеткой конечных элементов, т. е. разделение геометрии на элементы, которые связаны между собой узлами. Создается КЭ-модель (КЭМ или FEM – Finite Element Model, англ.), качество сетки которой оказывает существенное влияние на точность расчета.

Модуль «Расширенная симуляция» позволяет автоматически создавать: одномерные (1D) стержневые элементы на ребрах и линиях; двумерные (2D) оболочечные элементы на гранях и поверхностях; трехмерные (3D) объемные элементы.

Для генерации сетки КЭ на твердотельной модели в модуле «Расширенная симуляция» применяют 3D-тетраэдralную и 3D-гексаэдralную сетки.

#### **1.6 Тема 6. Режим симуляции.**

##### **1.6.1. Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:**

- 1) Симуляция модели
- 2) NX Расширенная симуляция

«NX Расширенная симуляция» — это модуль для проведения научного инженерного анализа на базе МКЭ в рамках единой среды проектирования NX. «NX Расширенная симуляция» включает в себя полный набор инструментов для пре- и

постпроцессорной обработки моделей и поддерживает широкий диапазон решателей для проведения мультифизичного расчета конструкций.

«NX Расширенная симуляция», являясь одной из ведущих систем численного инженерного анализа, предлагает набор инструментов и функций для выполнения численного анализа любой степени сложности – начиная от простейших прикидочных расчетов до выполнения анализа сложнейших процессов (таких, как краш-тесты, технологические задачи, задачи связанного тепломассопереноса и т.д.).

## 1.7 Тема 7. Описание граничных условий анализируемого объекта.

### 1.7.1. Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:

- 1) основы конечно-элементного анализа;
- 2) граничные условия анализируемого объекта;
- 3) Работа с множественными решениями в NX CAD.

Базовый принцип, лежащий в основе КЭ анализа, состоит в разбиении математической модели рассматриваемой области на непересекающиеся подобласти (конечные элементы) и решении поставленной задачи на каждом элементе. Множество элементов, их свойств, граничных условий называется КЭ моделью. Поведение каждого элемента описывается определенным конечным числом степеней свободы, которые в сумме определяют число степеней свободы КЭ модели.

Модуль «NX Расширенная симуляция» позволяет создавать несколько решений в одном файле симуляции. В этом случае NX допускает повторное использование заданных граничных условий путем простого перетаскивания мышью во вновь созданный расчетный случай. При использовании такой методики все расчетные случаи будут использовать одни и те же свойства материалов и физические свойства объектов.

## 1.8 Тема 8. Способы описания внешних воздействий на анализируемый объект (силы, моменты, распределенные нагрузки).

### 1.8.1. Перечень и краткое содержание рассматриваемых вопросов:

1. Моделирование на микроуровне

Микроуровень – нижний иерархический уровень, на котором ощущается детальное описание физических свойств. Т.о. (технические объекты).

Объекты рассматриваются, как сплошные среды, имеющие конечные области в трехмерной геометрической пространстве, такие объекты представляют собой динамические системы с распределенными параметрами их также называют непрерывными системами.

Функционирование этих систем описывается ДУЧП. Общий вид уравнений имеет вид:

$$L \frac{dZ}{dt} = \varphi \quad (4.1)$$

$$L \frac{dZ}{dt} = \varphi \quad (4.2)$$

L – Дифференциальный оператор;

$\varphi$  - искомая функция (фазовая координата);

$x_i$  - пространственная координата;

n – количество пространственных координат;

t – время;

Z – вектор независимых переменных;

$\theta(Z)$  - известная функция независимых координат.

Независимыми переменными в этих моделях является пространственная координата  $x_i$  и t.

Фазовая координата – функция независимых переменных.

Размерность задачи определяется числом пространственных координат  $L$  ( $n=1$ , одномерная). Если уравнение содержит одну фазовую переменную, система описывается одним уравнением вида (4.1). Если несколько фазовых переменных  $\varphi_1, \varphi_2$ , то системой уравнений:

Уравнение (4.1) имеет много решений, для получения единственного решения необходимо задать краевые условия (ГУ и НУ).

ГУ – сведения об искомых непрерывных функциях  $\varphi$  и (или) их производных на границе области определения объекта характеризующее условия взаимодействия с окружающей внешней средой.

НУ – значения этих же функций во всей области определения в начальный момент времени, НУ задаются только при решении не стационарных задач.

Основы построения ММ на микроуровне

Для построения ММ фундаментальные физические законы. К ним относятся прежде всего законы сохранения (массы, энергии, количества, движения) общая формулировка закона сохранения: изменение во времени некоторой субстанций в элементарном объеме равна сумме притока – стока этой субстанций через его поверхность с учетом скорости генерации или уничтожения субстанций в этом объеме.