

# Программа мастер класса «САПР НАНОСИСТЕМ»

Для студентов радиотехнических специальностей

## Кафедра ИУ-4

Профессор, д.т.н. Зинченко Людмила Анатольевна, тел. (499)263-65-52

**Основная цель мастер-класса:** профессиональная подготовка в области применения систем автоматизированного проектирования микроэлектромеханических (МЭМС) и нанозлектромеханических систем (НЭМС) в конструкторско-технологическом проектировании.

### **Планируемые результаты мастер-класса:**

Формирование знаний, умений и навыков по следующим направлениям деятельности:

- моделирование элементов МЭМС и НЭМС на основе междисциплинарного подхода.
- моделирование МЭМС и НЭМС на компонентном уровне.
- автоматизированное проектирование элементов МЭМС и НЭМС на основе междисциплинарного подхода.
- автоматизированное проектирование МЭМС и НЭМС на компонентном уровне.
- программное обеспечение автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС.

В результате изучения дисциплины приобретаются следующие профессиональные знания, умения и навыки:

### **Перечень вопросов теоретической части мастер-класса:**

- теоретические основы методов и средств формализованного описания МЭМС и НЭМС для автоматизированного проектирования.
- теоретические основы автоматизации проектирования МЭМС и НЭМС.
- особенности применения метода конечных элементов для автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС.
- теоретические основы проектирования МЭМС и НЭМС на компонентном уровне.
- программное, информационное, методическое и организационное обеспечения современных систем автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС.
- алгоритмы и методики проектирования МЭМС и НЭМС с использованием систем автоматизированного проектирования.

### **Перечень вопросов практической части мастер-класса:**

- разработка формальных процедур решения задач автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС.
- моделирование элементов МЭМС и НЭМС адекватно протекающим в них тепловым, механическим и электромагнитным и другим физическим процессам.
- моделирование МЭМС и НЭМС на компонентном уровне.
- разработка программного, информационного, методического и организационного обеспечения современных систем автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС.
- разработка алгоритмов и методик проектирования МЭМС и НЭМС с использованием систем автоматизированного проектирования.
- применение программного обеспечения систем автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС при решении задач проектирования МЭМС и НЭМС;

### **В результате прохождения мастер-класса слушатель приобретет следующие навыки:**

- использования современных методов и средств автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС.
- разработки математических моделей элементов МЭМС и НЭМС с использованием средств ВТ;
- решения на ЭВМ частных задач проектирования элементов МЭМС и НЭМС на основе междисциплинарного подхода и проектирования МЭМС и НЭМС на компонентном уровне;
- применения интегрированных маршрутов автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС.
- интеграции систем автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС.

Мастер класс направлен на формирование и закрепление навыков конструкторского

проектирования МЭМС и НЭМС, решению системных задач, решаемых при курсовом и дипломном проектировании.

Предполагается активное применения ранее полученных знаний и умений по технологии приборостроения, ТП ЭВС, математики, информатики, системного анализа и моделирования, теории информационных систем и баз данных.

### **Расширенная вариативная теоретическая программа мастер класса (4 часа)**

#### **1. Методология автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС.**

Роль методов автоматизированного проектирования в совершенствовании конструкций и технологии производства МЭМС и НЭМС. Особенности проектирования МЭМС и НЭМС. Состояние проблемы. Терминология, понятия и определения. Методология разработки МЭМС и НЭМС. Основные этапы разработки МЭМС и НЭМС.

#### **2. Общие сведения об автоматизированном проектировании МЭМС и НЭМС.**

Особенности процесса автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС, маршруты проектирования МЭМС и НЭМС, принципы их построения. Уровни абстрагирования и аспекты описания проектируемых объектов МЭМС и НЭМС. Операции, процедуры и этапы проектирования МЭМС и НЭМС. Классификация параметров проектируемых объектов МЭМС и НЭМС. Классификация проектных процедур МЭМС и НЭМС. Формализация процедуры синтеза МЭМС и НЭМС. Формализация процедуры анализа МЭМС и НЭМС. Одновариантный и многовариантный анализ МЭМС и НЭМС.

3. Автоматизированное проектирование элементов МЭМС и НЭМС на основе междисциплинарного подхода.

Основные принципы междисциплинарного расчета элементов МЭМС и НЭМС. Численное решение математических моделей элементов МЭМС и НЭМС. Дискретизация уравнений и граничных условий. Особенности МКЭ, МКР, МГЭ для моделирования МЭМС и НЭМС, явные и неявные формулы разностного дифференцирования математических моделей МЭМС и НЭМС.

4. Автоматизированное проектирование элементов МЭМС и НЭМС на основе междисциплинарного подхода. Часть 2.

Общие сведения о программном комплексе ANSYS. Возможности пакета ANSYS/ED для автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС. Виды анализа элементов МЭМС и НЭМС в программном комплексе ANSYS/ED.

5. Автоматизированное проектирование элементов МЭМС и НЭМС на основе междисциплинарного подхода. Часть 3.

Общие сведения о пакете COMSOL. Возможности пакета COMSOL для автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС. Виды анализа элементов МЭМС и НЭМС в программном комплексе COMSOL.

#### **2.6. Автоматизированное проектирование МЭМС и НЭМС на компонентном уровне.**

Поведенческие модели МЭМС и НЭМС. Дифференциальные модели МЭМС и НЭМС.

Пакет программ MatLab/Simulink и его применения для автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС на компонентном уровне. Модуль SUGAR как среда проектирования МЭМС и НЭМС на основе дифференциальных моделей.

Интегрированный пакет программ CoventorWare. Основные и дополнительные программы пакета. Программа ARCHITECT как интегрированная среда проектирования МЭМС и НЭМС на основе поведенческих моделей на компонентном уровне.

Интегрированный пакет программ MEMS Pro. Возможности пакета MEMS Pro для автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС. Программа MEMS Modeler как интегрированная среда проектирования МЭМС и НЭМС на основе поведенческих моделей на компонентном уровне.

#### **7. Интегрированные системы проектирования МЭМС и НЭМС.**

Возможности интеграции различных пакетов автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС в одном маршруте проектирования.

### **Практическая часть:**

1. Моделирование МЭМС и НЭМС на междисциплинарном и компонентном уровнях Библиотечные элементы в пакете ANSYS. Системы единиц, используемые в пакете ANSYS. Создание геометрических моделей в пакете ANSYS.
2. Применение пакета ANSYS для статического анализа элементов МЭМС и НЭМС Исследование на ЭВМ особенностей гармонического и модального анализа элементов МЭМС и НЭМС с использованием пакета ANSYS.
3. Применение пакета ANSYS для теплового анализа и электромагнитного элементов МЭМС и НЭМС.
4. Применение пакета ANSYS для междисциплинарного анализа МЭМС и НЭМС.
5. Применение пакета Matlab для автоматизированного проектирования МЭМС и НЭМС на компонентном уровне.

### **Организация мастер - класса.**

Мастер – класс построен по модульному принципу, изучение модулей завершается выполнением контрольных или сертификационных мероприятий. Отдельные вопросы выносятся на итоговое обсуждение в рамках круглого стола и т.п.

Все практические занятия проходят в компьютерном классе с использованием специализированного компьютерного программного обеспечения и мультимедийных средств. В рамках практических занятий по мастер-классу "Автоматизированное проектирование МЭМС и НЭМС" выполняется задание по проектированию элементов МЭМС и НЭМС на основе междисциплинарного подхода и по проектированию МЭМС и НЭМС на компонентном уровне.

Примеры тематики практических заданий, рассматриваемых на мастер-классе:

- Разработка алгоритмов и программ моделирования элементов МЭМС и НЭМС на междисциплинарном уровне.
- Исследование на ЭВМ влияния выбора метода моделирования МЭМС и НЭМС на результаты моделирования на междисциплинарном уровне.
- Составление алгоритмов и программ моделирования элементов МЭМС и НЭМС на компонентном уровне.
- Исследование на ЭВМ влияния выбора метода моделирования МЭМС и НЭМС на результаты моделирования на компонентном уровне.
- Исследование на ЭВМ влияния выбора различных моделей материалов на результаты моделирования на междисциплинарном уровне.

Продолжительность мастер-класса – 4-8 часов.

### **Методическое обеспечение**

- Варадан В., Виной К., Джоже К. ВЧ МЭМС и их применение: Пер. с англ. / Ред. пер. Заболотная Ю.А.- М.: Техносфера, 2004.- 525 с.
- Шахнов В.А., Панфилов Ю.В., Власов А.И. и др. Наноразмерные структуры: классификация, формирование и исследование. – М.: МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2008. – 100 с.
- Дьяконов В.П. MATLAB 6. 5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании.- М.: СОЛОН-Пресс, 2005.- 575 с.
- Чигарев А.В.,Кравчук А.С.,Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справ.пособие.- М.:Машиностроение,2004.-511 с.

### **Мультимедийные и интерактивные средства, электронные учебники:**

Для информационно-методического обеспечения используются дополнительные справочные материалы, библиотека литературы и глоссарий терминов.

**Объем:** всего 12, в том числе лекции – 4 часа, практических занятий – 8 часов.

### **Приложения на CD диске:**

1. Информационная подборка по тематике мастер-класса.
2. Рабочая тетрадь для проведения практических занятий.
3. Примеры практических проектов.
4. Дополнительные методические материалы.