

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета \_\_\_\_\_ В.А.Небольсин  
«21» декабря 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Моделирование, проектирование и конструирование  
микро- и наносистем»

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль Компоненты микро- и наносистемной техники

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2022

Автор программы \_\_\_\_\_ В.И.У. /Винокуров А.А./

И.о. заведующего кафедрой  
Полупроводниковой  
электроники и  
наноэлектроники \_\_\_\_\_ С.В.Р. /Строгонов А.В./

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_ О.В.С. /Стогней О.В./

Воронеж 2021



## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Цели дисциплины** формирование у обучающихся знаний и практических навыков в области решения задач расчета и проектирования элементов микроэлектромеханических систем с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) и систем моделирования (СМ); получение навыков создания схем управления микроэлектромеханическими системами.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- изучение структуры процесса проектирования микросистем и интегральных схем на основе иерархического подхода;
- изучение физических основ функционирования элементов микроэлектромеханических систем;
- получение обучающимися навыков создания геометрических и конечно-элементных моделей элементов микроэлектромеханических систем;
- получение обучающимися навыков моделирования электрических параметров систем на основе SPICE-моделей компонентов;
- изучение основ аналоговой и цифровой схемотехники для построения схем управления элементами микросистем;
- изучения основ микропроцессорной техники для построения систем управления и сбора данных.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Моделирование, проектирование и конструирование микро- и наносистем» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Моделирование, проектирование и конструирование микро- и наносистем» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла объектов, систем и процессов

ОПК-7 - Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
--------------------	--

ОПК-2	Знать физические основы функционирования элементов микроэлектромеханических систем;
	Уметь формировать техническое задание на проектирование микроэлектромеханической системы; строить конечно-элементные модели элементов; определять оптимальные параметры решателя системы конечно-элементного анализа.
	Владеть навыками работы с графическим интерфейсом САПР; синтаксисом SPICE и APDL.
ОПК-7	Знать основы цифровой схемотехники на функционально-логическом уровне; архитектуру микроконтроллеров на уровне интерфейсов
	Уметь составлять и моделировать электрические схемы, содержащие элементы микросистемной техники и элементы управления
	Владеть языком программирования микроконтроллеров

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование, проектирование и конструирование микро- и наносистем» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

## очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Уровни описания и параметры проектируемых объектов	Структура процесса проектирования. Системный подход к проектированию. Иерархические уровни проектирования, стадии проектирования, содержание технических заданий на проектирование, классификация моделей и параметров, используемых при автоматизированном проектировании.	6	6	6	18
2	Преобразователи микросистемной техники	Электромеханические преобразователи; сенсорные и актуаторные элементы микросистемной техники. Расчет параметров элементов микроэлектромеханических систем.	6	6	6	18
3	Математические модели микро- и наносистем..	Математический аппарат в моделях разных иерархических уровней, требования к моделям и численным методам. Метод конечных элементов (МКЭ). Математические модели в электромеханике. Физико-математические и морфолого-топологические модели базовых элементов.	6	6	6	18
4	Моделирование микроэлектромеханических систем в САПР.	Структура систем автоматизированного проектирования, виды обеспечения САПР. Особенности реализации МКЭ в САПР ANSYS. Этапы моделирования в программном комплексе ANSYS. Статический прочностной анализ. Стационарный тепловой анализ.	6	6	6	18
5	Топологические САПР.	Проектирование топологии элементов наноэлектроники и микросистемной техники. Геометрические правила проектирования топологии. Редактор топологии. Работа со слоями. Создание топологии элемента цифровой интегральной схемы. Создание топологии емкостного элемента. Создание топологии элементов МЭМС.	6	6	6	18
6	Схемы управления микросистемными элементами	Элементы микросистем в составе датчиков. Особенности обработки аналоговых и цифровых сигналов. Использование схем усиления. МЭМС как элемент цифровой схемы. Базовые элементы цифровых схем. Проектирование цифровых схем на функционально-логическом уровне. Микроконтроллер как основа системы управления датчиками. Интерфейсы микроконтроллеров. Основы программирования микроконтроллеров. Создание системы сбора данных с датчика на основе микроконтроллера.	6	6	6	18
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>108</b>

### 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-2	знать физические основы функционирования элементов микроэлектромеханических систем;	Успешное выполнение тестовых заданий.	Выполнено более 60 % тестовых заданий.	Выполнено менее 60 % тестовых заданий.
	уметь формировать техническое задание на проектирование микроэлектромеханической системы; строить конечно-элементные модели элементов; определять оптимальные параметры решателя системы конечно-элементного анализа.	Получение требуемых результатов моделирования.	Отсутствуют ошибки решателя. Результаты моделирования соответствуют расчетным и литературным данным.	Ошибки решателя не устранены. Результаты моделирования не соответствуют расчетным и литературным данным.
	владеть навыками работы с графическим интерфейсом САПР; синтаксисом SPICE и APDL.	Успешное создание всех составных частей проекта и командных файлов в САПР.	Созданы и не содержат ошибок все обязательные части проекта. Отсутствуют синтаксические ошибки в командных файлах.	Обязательные части проекта не созданы или содержат ошибки. Присутствуют синтаксические ошибки в командных файлах.
ОПК-7	знать основы цифровой схемотехники на функционально-логическом уровне; архитектуру микроконтроллеров на уровне интерфейсов	Тест	Выполнено более 60 % тестовых заданий.	Выполнено менее 60 % тестовых заданий.
	уметь составлять и моделировать электрические схемы, содержащие элементы микросистемной техники и элементы управления	Получение требуемых результатов моделирования.	Результаты моделирования соответствуют расчетным и литературным данным.	Результаты моделирования не соответствуют расчетным и литературным данным.
	владеть языком программирования микроконтроллеров	Составление и отладка программы для микроконтроллера	Программа не содержит ошибок и выполняет требуемые функции.	Программа содержит ошибки или не выполняет требуемые функции

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-2	знать физические основы функционирования элементов микроэлектромеханических систем;	Успешное выполнение тестовых заданий.	Выполнено более 60 % тестовых заданий.	Выполнено менее 60 % тестовых заданий.
	уметь формировать техническое задание на проектирование микроэлектромеханической системы; строить конечно-элементные модели элементов; определять оптимальные параметры решателя системы конечно-элементного анализа.	Получение требуемых результатов моделирования.	Отсутствуют ошибки решателя. Результаты моделирования соответствуют расчетным и литературным данным.	Ошибки решателя не устранены. Результаты моделирования не соответствуют расчетным и литературным данным.
	владеть навыками работы с графическим интерфейсом САПР; синтаксисом SPICE и APDL.	Успешное создание всех составных частей проекта и командных файлов в САПР.	Созданы и не содержат ошибок все обязательные части проекта. Отсутствуют синтаксические ошибки в командных файлах.	Обязательные части проекта не созданы или содержат ошибки. Присутствуют синтаксические ошибки в командных файлах.
ОПК-7	знать основы цифровой схемотехники на функционально-логическом уровне; архитектуру микроконтроллеров на уровне интерфейсов	Тест	Выполнено более 60 % тестовых заданий.	Выполнено менее 60 % тестовых заданий.
	уметь составлять и моделировать электрические схемы, содержащие элементы микросистемной техники и элементы управления	Получение требуемых результатов моделирования.	Результаты моделирования соответствуют расчетным и литературным данным.	Результаты моделирования не соответствуют расчетным и литературным данным.
	владеть языком программирования микроконтроллеров	Составление и отладка программы для микроконтроллера	Программа не содержит ошибок и выполняет требуемые функции.	Программа содержит ошибки или не выполняет требуемые функции

**7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

**7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

Тестовые задания по разделу «Схемы управления микросистемными элементами»:

### Вопрос 1

Какая из схем не выполняет логическую операцию?

- 1) сумматор
- 2) 2И-НЕ
- 3) Исключающее ИЛИ-НЕ
- 4) НЕ

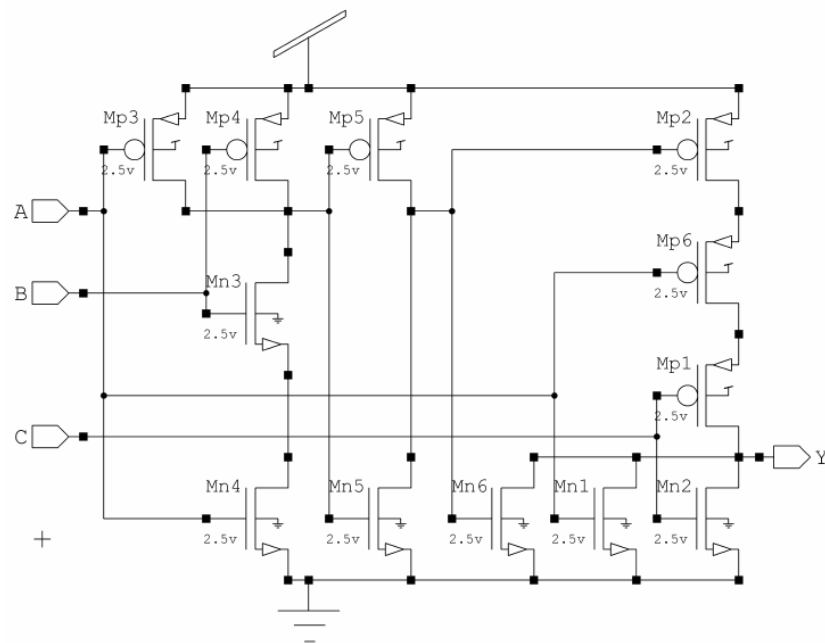
### Вопрос 2

Какая таблица истинности элемента 2И-НЕ заполнена правильно?

1			2			3			4		
A	B	Y	A	B	Y	A	B	Y	A	B	Y
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1

### Вопрос 3

Какую логическую функцию выполняет схема, представленная на рисунке?



1)  $(\overline{A + B})A + C$

3)  $\overline{\overline{AB} + A + C}$

2)  $\overline{AB + A + C}$

4)  $A+B+C$

#### Вопрос 4

Вычислите выражение  $4_{10} + A1_{16}$

1)  $1000\ 0100_2$

2)  $1\ 0000\ 0111_2$

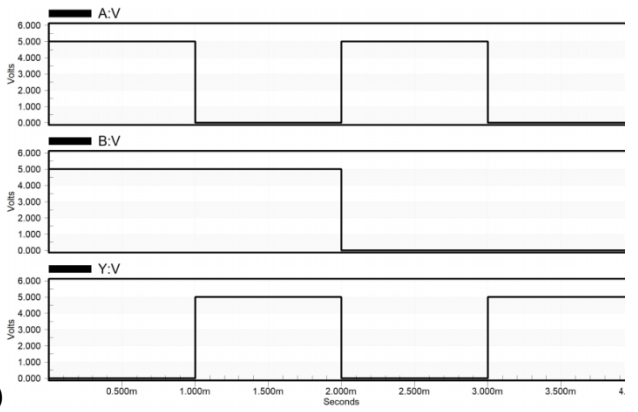
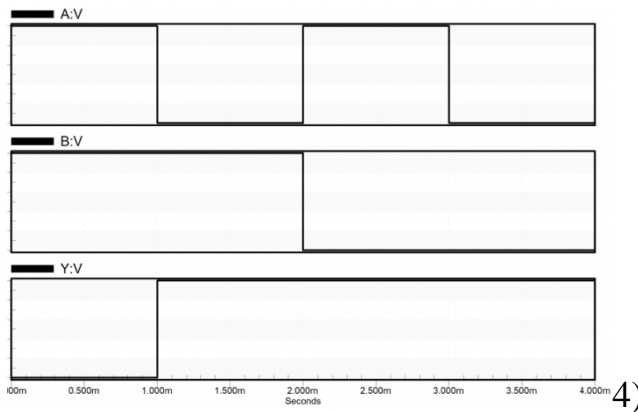
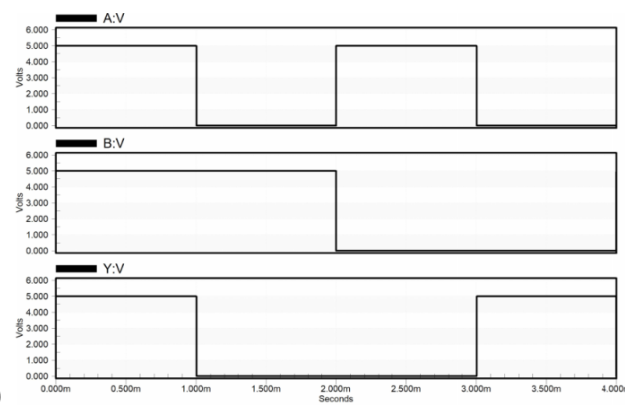
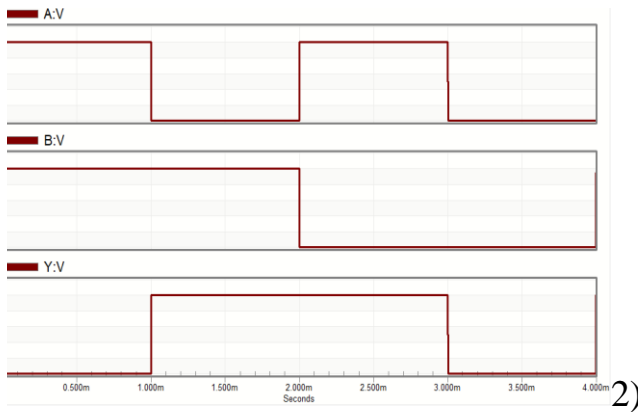
3)  $1110\ 1000_2$

4)  $1010\ 0101_2$

#### Вопрос 5

Выберите временную диаграмму, соответствующую схеме «2И-НЕ»





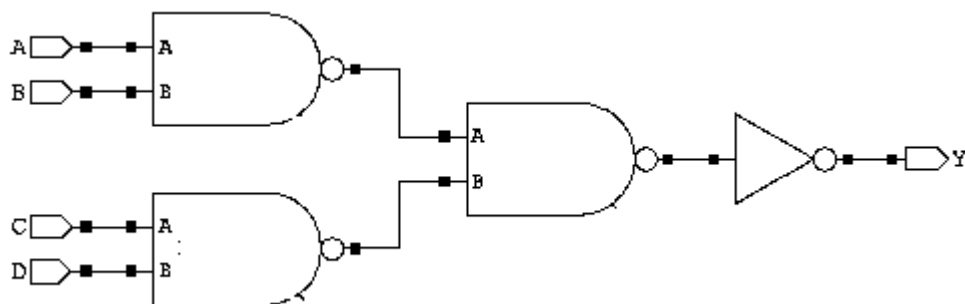
### Вопрос 6

Упростите выражение  $(A\bar{B} + AC)(A + \bar{B})$

- 1)  $A(\bar{B} + BC)$       3) 1  
 2)  $A\bar{B} + AC$       4)  $AB + BC$

### Вопрос 7

Какая логическая функция соответствует данной схеме?



1)  $\overline{(A \cdot B) \cdot (C \cdot D)}$

2)  $\overline{A \cdot B \cdot C \cdot D}$

3)  $\overline{A + B \cdot C + D}$

4)  $\overline{\overline{A + B \cdot C + D}}$

### Вопрос 8

Какая из схем не осуществляет хранение информации?

1) регистр

2) счетчик

3) мультиплексор

4) триггер

### Вопрос 9

Представьте значение  $-b_{10}$  в дополнительном коде

1) 0001

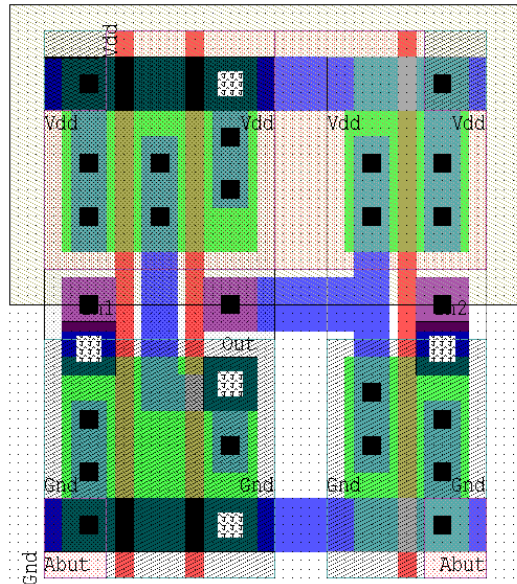
2) 1101

3) 1010

4) 1110

### Вопрос 10

Какой логической функции соответствует данная топология?



- 1)  $\bar{A} + B$
- 2)  $\overline{AB}$
- 3)  $AB$
- 4)  $\overline{A + B}$

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Создать проект в Ansys Workbench, содержащий модуль термоэлектрического анализа.
2. Создать проект в Ansys Workbench, содержащий модули для связанного анализа.
3. Создать двумерный эскиз геометрической модели в DesignModeler по заданному варианту.
4. Создать трехмерную геометрическую модель в DesignModeler по заданному варианту.
5. Создать геометрическую модель в SpaceClaim по заданному варианту.
6. Создать конечно-элементную сетку для геометрической модели с заданными формой и размером конечного элемента.
7. Создать конечно-элементную сетку для геометрической модели в автоматическом режиме.
8. Задать нагрузки, начальные и граничные условия для термоэлектрического анализа.
9. Сравнить результаты моделирования, полученные при использовании разных решателей.

10. Создать в Workbench пользовательский материал с параметрами, достаточными для термоэлектрического анализа.

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Провести моделирование термоэлектрического преобразователя с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме потребления электрической энергии.

2. Провести моделирование термоэлектрического преобразователя с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме генерации электрической энергии.

3. Провести моделирование пьезоэлектрического преобразователя с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме сенсора.

4. Провести моделирование пьезоэлектрического преобразователя с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме актюатора.

5. Провести моделирование ёмкостного преобразователя с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме.

6. Провести моделирование фотоэлектрического преобразователя на основе гетероперехода с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов.

7. Провести моделирование фоторезистора на основе гетероперехода с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов.

8. Провести моделирование тензорезистора с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме актюатора.

9. Провести моделирование пьезоэлектрического преобразователя с учетом воздействием температуры.

10. Провести моделирование фотоэлектрического преобразователя на основе гетероперехода с учетом воздействия температуры.

### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Системный подход к проектированию.

2. Иерархическая структура проектных спецификаций и иерархические уровни проектирования.

3. Классификация моделей и параметров, используемых при автоматизированном проектировании.

4. Математический аппарат в моделях разных иерархических уровней, требования к моделям и численным методам в САПР.

5. Математические модели в процедурах анализа на макроуровне. Исходные уравнения моделей (топологические и компонентные).

6. Примеры компонентных моделей.

7. Математические модели на микроуровне, методы анализа на микроуровне.

8. Метод конечных элементов.

9. Конечные элементы. Типы, степени свободы, порядок конечных элементов.

10. Особенности реализации МКЭ в программе ANSYS.
11. Состав программного комплекса ANSYS.
12. Интерфейс модуля ANSYS Mechanical APDL.
13. Интерфейс модуля ANSYS Workbench.
14. Общие сведения об этапе препроцессинга в программном комплексе ANSYS.
15. Этапы моделирования в программном комплексе ANSYS.
16. Процедура задания типа конечного элемента.
17. Процедура задания свойств материала элемента.
18. Построение геометрической модели исследуемого объекта методом снизу-вверх.
19. Построение геометрической модели исследуемого объекта методом сверху-вниз.
20. Маршрут моделирования в программном комплексе ANSYS.
21. Создание конечно-элементной модели с помощью команды Mapped.
22. Создание конечно-элементной модели с помощью команды MeshTool.
23. Наложение граничных условий на сеточную модель.
24. Виды анализа в программном комплексе ANSYS. Виды решателей в программном комплексе ANSYS.
25. Одномерный статический анализ в САПР ANSYS.
26. Двумерный статический анализ в САПР ANSYS.
27. Трехмерный статический анализ в САПР ANSYS.
28. Модальный анализ в САПР ANSYS.
29. Гармонический анализ в САПР ANSYS.
30. Анализ тепловых процессов в САПР ANSYS.
31. Электростатический анализ в САПР ANSYS.
32. Электромагнитный анализ в САПР ANSYS.
33. Методы решения связанных задач в программном комплексе ANSYS.
34. Общие сведения об этапе постпроцессинга в программном комплексе ANSYS.
35. Просмотр результатов расчета с помощью постпроцессора General Postpro.
36. Просмотр результатов расчета с помощью постпроцессора TimeHist Postpro.
37. Отбражение результатов моделирования в растровом, векторном, текстовом форматах.
38. Сохранение результатов моделирования в различных форматах.

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**



*Зачёт проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.*

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Уровни описания и параметры проектируемых объектов	ОПК-2, ОПК-7	Тест, выполнение практического задания.
2	Преобразователи микросистемной техники	ОПК-2, ОПК-7	Тест, выполнение практического задания.
3	Математические модели микро- и наносистем..	ОПК-2, ОПК-7	Тест, выполнение практического задания.
4	Моделирование микроэлектромеханических систем в САПР.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, выполнение практического задания.
5	Топологические САПР.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, выполнение практического задания.
6	Схемы управления микросистемными элементами	ОПК-2, ОПК-7	Тест, выполнение практического задания. Ответы на контрольные вопросы.

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных

задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

– Петров М.Н., Гудков Г.В. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 464 с.

– Бруйка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. пособ. / В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова и др. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2010. – 271 с.

– Белов А. Программирование микроконтроллеров для начинающих и не только / А. Белов. – СПб.: Наука и техника, 2016 г. – 352 с. – ISBN: 978-5-94387-867-1.

– Назаров А. Многокомпонентное 3D-проектирование наносистем: учебное пособие / А. Назаров. – МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 392 с.

– Винокуров А.А. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1 - 4 по дисциплине «Основы моделирования и оптимизации» для студентов направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.А. Винокуров, А.В. Арсентьев, Е.Ю. Плотникова. Воронеж, 2017. 33 с.

– Арсентьев А.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-2 по дисциплине «САПР в наноэлектронике» для студентов направления 28.03.02 «Наноинженерия», профиля «Инженерные нанотехнологии в приборостроении» очной формы обучения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.В. Арсентьев, А.А. Винокуров. Воронеж, 2015. 22 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

1. Учебная литература и методические указания к выполнению лабораторных работ размещены на официальном сайте ВГТУ [schgeu.ru](http://schgeu.ru).

2. Студентам рекомендуется использовать для поиска дополнительной литературы Интернет-ресурсы, содержащие официальные полнотекстовые версии статей и книг:

– [elibrary.ru](http://elibrary.ru)

– [sciencedirect.com](http://sciencedirect.com)

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная проекционной аппаратурой.
2. Дисплейный класс.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета и моделирования параметров технологических процессов изготовления элементов микросистем. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает

	<p>следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>