

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Моделирование и проектирование микро- и наносистем**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

Направленность (профиль) / специализация: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**

Курс: **4**

Семестр: **8**

Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	34	34	часов
3	Лабораторные работы	36	36	часов
4	Всего аудиторных занятий	90	90	часов
5	Из них в интерактивной форме	30	30	часов
6	Самостоятельная работа	54	54	часов
7	Всего (без экзамена)	144	144	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е.

Экзамен: 8 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

Доцент каф. ФЭ \_\_\_\_\_ А. С. Сальников

Заведующий обеспечивающей каф.  
ФЭ

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ \_\_\_\_\_ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.  
ФЭ

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Эксперты:

Председатель методической комиссии факультета ФЭТ

\_\_\_\_\_ И. А. Чистоедова

Профессор кафедры физической электроники (ФЭ)

\_\_\_\_\_ Т. И. Данилина

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование знаний в области разработки и моделирования изделий нано- и микросистемной техники.

### 1.2. Задачи дисциплины

- сформировать общее представление о микросистемной технике;
- продемонстрировать основной маршрут проектирования микросистемной техники;
- рассмотреть подходы к моделированию элементов микросистемной техники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Моделирование и проектирование микро- и наносистем» (Б1.В.ОД.12) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Микросхемотехника, Схемотехника, Технология материалов микро- и нанозлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Преддипломная практика, Технология кремниевой нанозлектроники, Физические основы микро- и наносистемной техники.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий;

– ПСК-1 способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и нанозлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** - виды и уровни абстракции математических моделей микросистем и их компонентов - способы представления механических систем в виде электрических аналогий - принципы физического моделирования микросистемных объектов - принципы работы основных классов микросистем - основы технологии изготовления микросистем - основные подходы к проектированию микроэлектромеханических систем - основные конструкции СВЧ микроэлектромеханического переключателя

– **уметь** - провести моделирование микросистемы и её блоков на разных уровнях абстракции - составить модель микросистемы в виде эквивалентной схемы - строить модели электронных компонентов - рассчитывать СВЧ микроэлектромеханический переключатель

– **владеть** - навыками работы в программах 3D физического моделирования - навыками проектирования простых схем управления микросистемами - навыками работы в системах автоматизированного проектирования микросистем

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	90	90
Лекции	20	20
Практические занятия	34	34
Лабораторные работы	36	36
Из них в интерактивной форме	30	30

Самостоятельная работа (всего)	54	54
Подготовка к контрольным работам	4	4
Оформление отчетов по лабораторным работам	20	20
Проработка лекционного материала	5	5
Написание рефератов	13	13
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	12	12
Всего (без экзамена)	144	144
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	180	180
Зачетные Единицы	5.0	5.0

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
8 семестр						
1 Введение. Основные подходы к проектированию	4	0	0	14	18	ПК-1, ПСК-1
2 Моделирование микросистем	4	8	8	9	29	ПК-1, ПСК-1
3 Проектирование СВЧ микросистем	4	8	4	13	29	ПК-1, ПСК-1
4 СВЧ микросистемные переключатели	4	8	12	13	37	ПК-1, ПСК-1
5 Виды СВЧ переключателей и их проектирование	4	10	12	5	31	ПК-1, ПСК-1
Итого за семестр	20	34	36	54	144	
Итого	20	34	36	54	144	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
1 Введение. Основные подходы к проектированию	Введение. Что такое микросистемы и их применение. Подходы к проектированию микросистем. Уровни моделирования.	4	ПК-1, ПСК-1
	Итого	4	
2 Моделирование микросистем	Представление в виде сосредоточенных элементов. Двухполосники. Применение закона Кирхгофа в микросистемах. Формулировка динамических уравнений.	4	ПК-1, ПСК-1

	Примеры моделирования.		
	Итого	4	
3 Проектирование СВЧ микросистем	Введение. Принципы работы и определяющие параметры микросистемных приборов. Влияние окружающей среды. Виды микросистемных переключателей. Аспекты проектирование микросистемных переключателей.	4	ПК-1, ПСК-1
	Итого	4	
4 СВЧ микросистемные переключатели	Требования к электростатическому воздействию. Численное моделирование параметров переключателя. Определение вносимых потерь и изоляции переключателя.	4	ПК-1, ПСК-1
	Итого	4	
5 Виды СВЧ переключателей и их проектирование	Переключатели с высокой изоляцией. Переключатели для миллиметрового диапазона волн. Переключатели с металлической мембраной.	4	ПК-1, ПСК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		20	

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин				
	1	2	3	4	5
Предшествующие дисциплины					
1 Микросхемотехника			+	+	+
2 Схемотехника	+	+	+	+	+
3 Технология материалов микро- и нано-электроники	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины					
1 Преддипломная практика	+	+	+		
2 Технология кремниевой наноэлектроники	+	+	+	+	+
3 Физические основы микро- и наносистемной техники	+	+	+	+	+

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Реферат, Отчет по практическому занятию
ПСК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Реферат, Отчет по практическому занятию

### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Методы	Интерактивные практические занятия, ч	Интерактивные лабораторные занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
8 семестр				
Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением		6		6
Работа в команде	10	4		14
Case-study (метод конкретных ситуаций)			10	10
Итого за семестр:	10	10	10	30
Итого	10	10	10	30

### 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
2 Моделирование микросистем	Моделирование физических полей в функциональных элементах микро- и наносистем при заданном воздействии	4	ПК-1, ПСК-1
	Моделирование технологического процесса формирования элемента микро- и наносистемы	4	
	Итого	8	
3 Проектирование СВЧ микросистем	Знакомство с набором программных средств для проектирования функциональных элементов	4	ПК-1, ПСК-1

	Итого	4	
4 СВЧ микросистемные переключатели	Проектирование топологии функционального элемента микро- и наносистемы	12	ПК-1, ПСК-1
	Итого	12	
5 Виды СВЧ переключателей и их проектирование	Проектирование функциональных узлов микромеханических систем в пакете Microwave Office	12	ПК-1, ПСК-1
	Итого	12	
Итого за семестр		36	

### 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
2 Моделирование микросистем	Особенности моделирования физико-механических компонентов микро- и наносистем. Моделирование физико-механических компонентов микро- и наносистем с использованием моделей различных уровней иерархии.	8	ПК-1, ПСК-1
	Итого	8	
3 Проектирование СВЧ микросистем	Идентификация параметров модели. Расчетный способ определения параметров модели для различных технологических узлов.	4	ПК-1, ПСК-1
	Методы формирования математических моделей физико-механических компонентов микро- и наносистем	4	
	Итого	8	
4 СВЧ микросистемные переключатели	Применение пакета Matlab для моделирования физико-механических компонентов микро- и наносистем на меж-дисциплинарном уровне. Применение пакета Matlab для моделирования физико-механических компонентов микро- и наносистем на компонентном уровне	8	ПК-1, ПСК-1
	Итого	8	
5 Виды СВЧ переключателей и их проектирование	Применение пакета Matlab для многовариантного моделирования физико-механических компонентов микро- и наносистем. Применение пакета Matlab для построения макромоделей физико-механических компонентов микро- и наносистем	10	ПК-1, ПСК-1
	Итого	10	
Итого за семестр		34	

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				
1 Введение. Основные подходы к проектированию	Написание рефератов	13	ПК-1, ПСК-1	Реферат, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	14		
2 Моделирование микросистем	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	9		
3 Проектирование СВЧ микросистем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПСК-1	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	13		
4 СВЧ микросистемные переключатели	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	13		
5 Виды СВЧ переключателей и их проектирование	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	5		
Итого за семестр		54		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		90		

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
8 семестр				
Контрольная работа	4			4
Опрос на занятиях	8	10	6	24
Отчет по лабораторной работе	10	10	12	32
Реферат		10		10
Итого максимум за период	22	30	18	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	22	52	70	100

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
65 - 69		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Основы компьютерных технологий проектирования радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Кобрин Ю. П. - 2018. 56 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7906> (дата обращения: 02.10.2018).
2. А.А. Жигальский. Проектирование и конструирование микросхем [Электронный ресурс]: Учебное пособие // Томск: ТУСУР, 2007. - 195 с. — Режим доступа: [http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii\\_kompleks%20disciplin/Jigalsky/Proekt\\_Lec.pdf](http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Jigalsky/Proekt_Lec.pdf) (дата обращения: 02.10.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Микросхемотехника : учебное пособие для вузов / А. Г. Алексенко, И. И. Шагурин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1990. - 496 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 8 экз.)
2. Физика микросистем : учебное пособие для вузов / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов. - Новосибирск : НГТУ, 2004. - Ч. 1. - 415 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)
3. Электронные цепи и микросхемотехника : Учебник для вузов / Ю. А. Быстров, И. Г. Мироненко. - М. : Высшая школа, 2002. - 384 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 99 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов и устройств [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям / Саликаев Ю. Р. - 2012. 16 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2848> (дата обращения: 02.10.2018).
2. Компьютерное моделирование и проектирование. Лабораторный практикум. Часть 2 [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторным работам / Агеев Е. Ю. - 2012. 79 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2549> (дата обращения: 02.10.2018).
3. Пакеты прикладных программ [Электронный ресурс]: Методические указания к самостоятельной работе / Кочергин М. И., Ганджа Т. В. - 2018. 29 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7763> (дата обращения: 02.10.2018).

#### 12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

##### Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

##### Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

##### Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
2. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/>

### **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

#### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

##### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

##### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 124 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер персональный (13 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice
- Microsoft Windows 7
- PDF-XChange Viewer
- PascalABC

##### **13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 124 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер персональный (13 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice
- Microsoft Windows 7
- PDF-XChange Viewer
- PascalABC

##### **13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;

- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### **14.1.1. Тестовые задания**

Какова длина волны «I-линии» ртути?

- a) 800 нм
- b) 365 нм
- c) 2 микрона
- d) 50 нм

Что означает акроним MEMS?

- a) Микроэлектромеханические устройства
- b) Микроэлектромеханические системы
- c) Микроэлектронные и механические устройства
- d) Миниатюрная электромеханическая система

Какой материал обычно используется в RF MEMS для его превосходных магнитных и термических свойства расширения?

- a) Хлопок
- b) Оксид олова
- c) Гальванический никель
- d) Гомогенизированный стронций

Что отличает MEMS-устройства от традиционных интегральных схем?

- a) Значительно более высокий коэффициент усиления для усилителей
- b) Радиационное упрочнение для космических сред
- c) Менее дорого

d) Физическое перемещение внутренних компонентов

По каким свойствам переключателя MEMS RF превосходят твердотельный RF-переключатель?

- a) Вносимые потери и пропускная способность
- b) Скорость и размер
- c) упаковка устройства
- d) Межсоединения

По каким свойствам переключателя MEMS RF уступает твердотельному RF-переключателю?

- a) Вносимые потери и пропускная способность
- b) Скорость и размер
- c) упаковка устройства
- d) Межсоединения

Какова цель жертвенного слоя во время изготовления MEMS?

- a) Более быстрая обработка
- b) дешевле производить
- c) Он успокаивает богов MEMS
- d) Позволяет сухую травление уменьшать подрезание и эрозию, общие с мокрым травлением

ем

Какое приложение было бы идеальным для многополюсного переключателя MEMS RF с несколькими бросками?

- a) Тесты тестовой матрицы
- b) Многодиапазонные смартфоны
- c) Управляемые антенные решетки
- d) все вышеперечисленное

Какова цель «удерживающего электрода»?

- a) Для противодействия индуцированному смещению от сильного уровня мощности радиочастотного сигнала
- b) Чтобы соединение не позволяло
- c) Предотвращение возникновения дуги
- г) Назван в честь изобретателя Эммануэля Холда

Какое явление возможно в устройстве MEMS, но не в твердотельном устройстве?

- a) Ударное самосрабатывание
- b) Активация из-за космических лучей
- c) Предохранитель перегрузки по току
- d) Осцилляция

Что такое упаковка с нулевым уровнем (0-уровневая)?

- a) Не требуется инкапсуляция
- b) Самый высокий уровень чистой комнаты для инкапсуляции
- c) Инкапсуляция на пластине
- d) Металлическая упаковка

Какие бывают классы усиления в усилителях:

- a) A, B, AB, C, D;
- b) A, B, ABC, CD;
- c) A, B, C, D, E;
- d) AB, BC, CD, DE;

Покажите верное расположение рабочей точки в A классе усиления:

- a) на середине линейного участка сквозной динамической характеристики.
- b) в верхней точке.
- c) в нижней части.
- d) произвольно, вне пределах линейного участка.

В классе A низкий:

- a) Коэффициент нелинейных искажений ( $K_{нл}$ );
- b) К.п.д.  $\eta = 0,4$ ;

- с) Коэффициент Ромера;
- д) Нет верного варианта ответа;

Класс А применяется:

- а) Все ответы верны;
- б) в каскадах предварительного усиления;
- с) в предоконечных каскадах;
- д) в RC-генераторах синусоидального напряжения;

Где выбирается начальная рабочая точка в классе усиления В:

- а) в точке запираания транзистора;
- б) на середине линейного участка;
- с) левее начала СДХ на оси абсцисс;
- д) в начале оси координат;

Угол, при котором ток коллектора максимальный  $I_{kmax}$ , называется

- а) углом отсечки;
- б) углом искажения;
- с) углом смещения линейного участка;
- д) углом нелинейного искажения;

Режим усиления В характеризуется:

- а) высоким к.п.д.  $\eta = 0.7$ ;
- б) высоким  $K_n$  (коэффициентом нелинейных искажений);
- с) низким к.п.д.  $\eta = 0.4$ ;
- д) низким  $K_n$  (коэффициентом нелинейных искажений);

Какое значение имеет к.п.д. класса усиления С:

- а) Высокий  $\eta \approx 0,9$ ;
- б)  $\eta \gg 0,9$ ;
- с)  $\eta \ll 0$  стремится к 0;
- д)  $\eta = 0.5$ ;

Режим класса Д или ключевой режим работы транзистора, состоит в том, что на его вход подаются:

- а) прямоугольные импульсы большой амплитуды;
- б) синусоидальный импульс;
- с) треугольный импульс малой амплитуды;
- д) Прямоугольные импульсы с малой амплитудой;

#### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Микросистемы. Особенности, примеры использования.
2. Понятие о проектировании. Этапы проектирования.
3. Основные принципы развития технических систем.
4. Математическая модель: понятие, виды, свойства.
5. Моделирование микросистем на физическом уровне. Особенности численных методов моделирования.
6. Моделирование схем на постоянном токе. Математические основы, преимущества и ограничения.
7. Моделирование схем на переменном токе в частотной области. Математические основы, преимущества и ограничения.
8. Моделирование схем во временной области (режиме переходных процессов). Математические основы, преимущества и ограничения.
9. Принцип действия инвертора на КМОП-логике. Логический элемент И-НЕ на КМОП-логике.
10. Назначение и параметры ВЧ ключей. Примеры конструкций МЭМС ключей, их принцип работы (не менее 4-х).
11. Назначение и параметры ВЧ ключей. Принцип действия ВЧ переключателей на pin-диодах и транзисторах.
12. Основные понятия надёжности. Факторы надёжности ВЧ МЭМС переключателей.
13. Электростатический актюатор: принцип работы, эквивалентная модель,

срабатывание (схлопывание пластин).

14. Виды моделей транзисторов. Эквивалентная схема Эберса-Молла.

15. Виды моделей транзисторов. Эквивалентная схема Шихмана-Ходжеса.

16. Понятие эквивалентной схемы. Модели пассивных элементов: резистора, конденсатора, катушки индуктивности, п/п диода.

17. Понятие эквивалентной схемы. Принцип экстракции ЭС.

18. Метод электромеханических аналогий при моделировании МЭМС. Обобщенный резистор, обобщенный конденсатор, обобщенная индуктивности (инертность).

19. Емкостные акселерометры: принципы работы, схемы замещения, параметры

20. Измерение положения тела с помощью измерения ёмкости в МЭМС: структуры и формулы.

#### **14.1.3. Темы контрольных работ**

1. Составьте эквивалентную схему для механической системы, представленной на рисунке

2. Составьте уравнение, описывающее комплексную передаточную функцию  $I(s)/V(s)$  для эквивалентной схемы, представленной на рисунке.

3. Составьте систему уравнений состояния для схемы, представленной в задаче №2.

4. Насос производит постоянный поток воды в течение всех суток и наполняет цистерну. Уровень воды в цистерне изменяется в течение дня, в зависимости от её потребления. Представьте эквивалентную схему, которая описывает такое поведение системы. Обоснуйте выбор эквивалентных элементов для насоса, цистерны и потребителей воды.

#### **14.1.4. Темы опросов на занятиях**

Введение. Что такое микросистемы и их применение. Под-ходы к проектированию микросистем. Уровни моделирования.

Представление в виде сосредоточенных элементов. Двухполюсники. Применение закона Кирхгофа в микросистемах. Формулировка динамических уравнений. Примеры моделирования.

Введение. Принципы работы и определяющие параметры микросистемных приборов. Влияние окружающей среды. Виды микросистемных переключателей. Аспекты проектирование микросистемных переключателей.

Требования к электростатическому воздействию. Численное моделирование параметров переключателя. Определение вносимых потерь и изоляции переключателя.

Переключатели с высокой изоляцией. Переключатели для миллиметрового диапазона волн. Переключатели с металлической мембраной.

#### **14.1.5. Темы рефератов**

Пьезорезистивный датчик давления

Способы построения дисплеев на мэмс

DMD-чипы

Газоанализатора на МЭМС

Использование МЭМС в электрических аккумуляторах

Запоминающие устройства на основе микросистем

Оптические микросистемы (интегральная оптика)

Фазовращатели на основе МЭМС

Микродвигатели

Микронасосы

МЭМС-микрофоны

Печатающие микроголовки струйных принтеров

Микротурбины

МЭМС-генераторы сигналов

МЭМС-манипуляторы для перемещения микрообъектов

Компьютерные мыши на основе технологий МЭМС

Использование МЭМС в миниатюрных фотокамерах

МЭМС в очках виртуальной реальности

Пульсометры на МЭМС

Google Glass и используемые в них МЭМС

#### 14.1.6. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Особенности моделирования физико-механических компонентов микро- и наносистем. Моделирование физико-механических компонентов микро- и наносистем с использованием моделей различных уровней иерархии.

Идентификация параметров модели. Расчетный способ определения параметров модели для различных технологических узлов.

Применение пакета Matlab для моделирования физико-механических компонентов микро- и наносистем на меж-дисциплинарном уровне. Применение пакета Matlab для моделирования физико-механических компонентов микро- и наносистем на компонентном уровне

Применение пакета Matlab для многовариантного моделирования физико-механических компонентов микро- и наносистем. Применение пакета Matlab для построения макромоделей физико-механических компонентов микро- и наносистем

#### 14.1.7. Темы лабораторных работ

Моделирование физических полей в функциональных элементах микро- и наносистем при заданном воздействии

Моделирование технологического процесса формирования элемента микро- и наносистемы

Знакомство с набором программных средств для проектирования функциональных элементов

Проектирование топологии функционального элемента микро- и наносистемы

Проектирование функциональных узлов микромеханических систем в пакете Microwave Office

#### 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;

- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.