МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«28» 09 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование и проектирование микро- и наносистем

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Профиль: **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 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	34	34	часов
3	Лабораторные занятия	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	5	З.Е

Экзамен: 8 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 7142

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 73 от « 8 » 9 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 06 марта 2015 г. № 177, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « 8 » 09 2016, протокол № 73 .

Разработчики:

Доцент каф. ФЭ _____ Сальников А. С.

Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ _____ Воронин А. И.

Заведующий профилирующей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

Заведующий выпускающей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

Эксперты:

Председатель методической комиссии факультета ФЭТ _____ Чистоедова И. А.

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ _____ Чистоедова И. А.

Согласована на портале № 7142

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 ООП

Дисциплина «Моделирование и проектирование микро- и наносистем» относится к вариативной части блока 1 (Б1.В.ОД.13) образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике» направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Микросхемотехника, Схемотехника, Технология кремниевой наноэлектроники, Технология материалов микро- и наноэлектроники.

Последующими дисциплинами являются: написание выпускной квалификационной работы.

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 наноэлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования;

В результате изучения дисциплины студент 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

Согласована на портале № 7142

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	34	34	часов
3	Лабораторные занятия	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	5	З.Е

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	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
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	20	34	36	54	144	

Согласована на портале № 7142

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 (час.)	Формируемые компетенции
8 семестр				
1	Введение. Основные подходы к проектированию	Введение. Что такое микросистемы и их применение. Под-ходы к проектированию микросистем. Уровни моделирования.	4	ПК-1, ПСК-1
2	Моделирование микросистем	Представление в виде сосредоточенных элементов. Двухполюсники. Применение закона Кирхгофа в микросистемах. Формулировка динамических уравнений. Примеры моделирования.	4	ПК-1, ПСК-1
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
4	СВЧ микросистемные переключатели	Требования к электростатическому воздействию. Численное моделирование параметров переключателя. Определение вносимых потерь и изоляции переключателя.	4	ПК-1, ПСК-1
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		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 представ-лены 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			+	+	+
4	Схемотехника			+		

Согласована на портале № 7142

5	Технология кремниевой наноэлектроники	+			+	+
8	Технология материалов микро- и наноэлектроники	+				
Последующие дисциплины						
1	Написание выпускной квалификационной работы	+				

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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компе-тенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа; Опрос на занятиях; Отчет по лабораторной работе; Реферат; Экзамен
ПСК-1	+	+	+	+	Контрольная работа; Опрос на занятиях; Отчет по лабораторной работе; Реферат; Экзамен

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

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

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

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

Согласована на портале № 7142

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

№	Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
8 семестр				
1	Моделирование микросистем	Моделирование физических полей в функциональных элементах микро- и наносистем при заданном воздействии	4	ПК-1, ПСК-1
2	Моделирование микросистем	Моделирование технологического процесса формирования элемента микро- и наносистемы	4	ПК-1, ПСК-1
3	Проектирование СВЧ микросистем	Знакомство с набором программных средств для проектирования функциональных элементов	4	ПК-1, ПСК-1
4	СВЧ микросистемные переключатели	Проектирование топологии функционального элемента микро- и наносистемы	12	ПК-1, ПСК-1
5	Виды СВЧ переключателей и их проектирование	Проектирование функциональных узлов микромеханических систем в пакете Microwave Office	12	ПК-1, ПСК-1
	Итого		36	

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

№	Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
8 семестр				
1	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
2	Проектирование СВЧ микросистем	Идентификация параметров модели. Расчетный способ определения параметров модели для различных технологических узлов.	4	ПК-1, ПСК-1
3	Проектирование СВЧ микросистем	Методы формирования математических моделей физико-механических	4	ПК-1, ПСК-1

Согласована на портале № 7142

		компонентов микро- и наносистем		
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 мик-ро- и наносистем на компонентном уровне	8	ПК-1, ПСК-1
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		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 (час.)	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр					
1	Проектирование СВЧ микросистем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Экзамен, Компонент своевременности
2	Проектирование СВЧ микросистем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Экзамен, Компонент своевременности
3	СВЧ микросистемные переключатели	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Экзамен, Компонент своевременности
4	Введение. Основные подходы к проектированию	Написание рефератов	13	ПК-1, ПСК-1	Реферат
5	Виды СВЧ переключателей и их проектирование	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Экзамен
6	СВЧ микросистемные переключатели	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Экзамен
7	Введение. Основные подходы к проектированию	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПСК-1	Экзамен

Согласована на портале № 7142

8	Моделирование микросистем	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Экзамен
9	Проектирование СВЧ микросистем	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Экзамен
10	Виды СВЧ переключателей и их проектирование	Оформление отчетов по лабораторным работам	4	ПК-1, ПСК-1	Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности
11	СВЧ микросистемные переключатели	Оформление отчетов по лабораторным работам	4	ПК-1, ПСК-1	Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности
12	Проектирование СВЧ микросистем	Оформление отчетов по лабораторным работам	4	ПК-1, ПСК-1	Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности
13	Моделирование микросистем	Оформление отчетов по лабораторным работам	4	ПК-1, ПСК-1	Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности
14	Моделирование микросистем	Оформление отчетов по лабораторным работам	4	ПК-1, ПСК-1	Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности
	Всего (без экзамена)		54		
15	Подготовка к экзамену		36		Экзамен
	Итого		90		

9.1. Темы рефератов

1. Пьезорезистивный датчик давления
2. Способы построения дисплеев на МЭМС
3. DMD-чипы
4. Газоанализатора на МЭМС
5. Использование МЭМС в электрических аккумуляторах
6. Запоминающие устройства на основе микросистем
7. Оптические микросистемы (интегральная оптика)
8. Фазовращатели на основе МЭМС
9. Микродвигатели
10. Микронасосы
11. МЭМС-микрофоны
12. Печатающие микроголовки струйных принтеров

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные 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				
Компонент своевременности	2	2	2	6

Согласована на портале № 7142

Контрольная работа	4			4
Опрос на занятиях	8	10	6	24
Отчет по лабораторной работе	8	8	10	26
Реферат		10		10
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)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	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. П.Е. Троян. Функциональная электроника : Учебное пособие // Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 70 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Troyan/Троян_ПЕ_-_Функциональная_электроника.zip

2. Д.Д. Зыков, К.Ю. Осипов. Проектирование и технология электронной компонентной базы. Основы САПР Synopsys TCAD // Томск: Томский государственный университет систем управления и ра-диоэлектроники, 2012. - 76 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Zikov/Зыков_ДД_Осипов_КЮ_-_ПиТЭКБ.zip

12.2. Дополнительная литература

1. Учебное пособие по дисциплине "Технология наносистем" [Текст] : учебное пособие / С. П. Тимошенков, В. В. Калугин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет "МИЭТ" (М.). - М. : МИЭТ, 2011. - 200 с. (наличие

Согласована на портале № 7142

в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

2. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам : Сборник статей / ред. П. П. Мальцев. - М.: Техносфера, 2005. - 589 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 6 экз.)

3. 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.)

4. А.А. Жигальский. Проектирование и конструирование микросхем: Учебное пособие // Томск: ТУСУР, 2007. -195 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Jigalsky/ Жигальский_АА_-_ПиКИМС.zip

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. К.Ю. Осипов, П.Е. Троян. Приборно-технологическое моделирование: Методические указания по выполнению лабораторных работ и самостоятельной работе. // Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 24 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Troyan/Троян_ПЕ_Осипов_КЮ_-_ПТМ.zip

2. Сальников А.С. Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС : методические указания по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе // Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. - 35 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Salnikov/Сальников_АС_-_МиПГСВЧМИС.zip

3. Зыков Д.Д. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 50 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Zikov/Зыков_ДД_Осипов_КЮ_-_ПиТЭКБ.zip

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые 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

Для реализации программы учебной дисциплины требуется аудитория, оснащенная мультимедийным проектором; для реализации лабораторных работ – компьютерный класс.

Требуемое программное обеспечение:

1. Программа моделирования электрических схем Qucs
2. Универсальный пакет математического анализа и моделирования Matlab

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Посещение лекций является обязательным.

Условием допуска к экзамену является выполнение всех лабораторных работ и защита реферата.

БИБЛИОТЕКА ТУСУР

Согласована на портале № 7142

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«28» 09 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Моделирование и проектирование микро- и наносистем

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Профиль: **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 2016 года

Разработчики:
- Доцент каф. ФЭ Сальников А. С.

Экзамен: 8 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 7142

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПСК-1	способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микроэлектроники и твердотельной электроники, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования	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; Должен уметь – провести моделирование микросистемы и её блоков на разных уровнях абстракции; составить модель микросистемы в виде эквивалентной схемы; строить модели электронных компонентов Должен владеть – навыками работы в программах 3D физического моделирования;
ПК-1	способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Должен знать – принципы работы основных классов микросистем; основы технологии изготовления микросистем; основные подходы к проектированию микроэлектромеханических систем; основные конструкции СВЧ микроэлектромеханического переключателя; Должен уметь – рассчитывать СВЧ микроэлектромеханический переключатель; Должен владеть – навыками проектирования простых схем управления микросистемами; навыками работы в системах автоматизированного проектирования микросистем;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы

Согласована на портале № 7142

	применимости	проблем	
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПСК-1

ПСК-1: способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микроэлектроники и твердотельной электроники, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	знает принципы работы основных классов микросистем; знает основы технологии изготовления микросистем; знает основные подходы к проектированию микроэлектромеханических систем; знает основные конструкции СВЧ микроэлектромеханического переключателя;	умеет рассчитывать СВЧ микроэлектромеханический переключатель;	владеет навыками проектирования простых схем управления микросистемами; владеет навыками работы в системах автоматизированного проектирования микросистем;
Виды занятий	• Подготовка к экзамену; • Самостоятельная работа; • Лекции; • Интерактивные лекции;	• Самостоятельная работа; • Лабораторные занятия; • Практические занятия; • Интерактивные лекции; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные практические занятия;	• Самостоятельная работа; • Лабораторные занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные практические занятия;
Используемые средства	• Контрольная работа; • Опрос на занятиях;	• Контрольная работа; • Отчет по	• Отчет по лабораторной работе;

Согласована на портале № 7142

оценивания	• Реферат; • Экзамен;	лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• знает основные подходы к проектированию микро-электромеханических систем; физически аргументирует выбор математической модели; аргументирует выбор конструкции проектируемого прибора; понимает связь между физическими параметрами объектов и электрическими параметрами приборов;	• умеет рассчитывать СВЧ микроэлектромеха-нический переключатель; свободно применяет методы проектирования микросистем;	• владеет навыками проектирования простых схем управления микросистемами; демонстрирует способность корректно смоделировать параметры разработанного устройства;
Хорошо (базовый уровень)	• знает принципы работы основных классов микросистем; знает основы технологии изготовления микросистем; определяет методы проектирования основных классов микросистем; аргументирует выбор подхода к проектированию устройства;	• самостоятельно подбирает необходимые программные инструменты для разработки микросистем; применяет нетиповых подходы к проектированию микросистем; определяет основные виды физических взаимодействий в разных типах микросистем;	• владеет навыками работы в системах автоматизированного проектирования микросистем; способен классифицировать устройства микроси-стемной техники;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• дает определения основных понятий в области микросистем; знает основные конструкции СВЧ микроэлектроме-ханического переключателя;	• умеет работать со справочной литературой; использует программные средства в соответствии с указаниями к лабораторной работе; умеет представлять результаты в виде отчета;	• владеет терминологией в предметной области знания; владеет навыками практи-ческой работы с инструментами моделирования в объеме, необходимом для выполнения лабораторной работы;

2.2 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального

Согласована на портале № 7142

назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	знает виды и уровни абстракции математических моделей микросистем и их компонентов знает способы представления механических систем в виде электрических аналогий знает принципы физического моделирования микросистемных объектов	умеет провести моделирование микросистемы и её блоков на разных уровнях абстракции умеет составить модель микросистемы в виде эквивалентной схемы умеет строить модели электронных компонентов	владеет навыками работы в программах 3D физического моделирования
Виды занятий	• Подготовка к экзамену; • Самостоятельная работа; • Лекции; • Интерактивные лекции;	• Самостоятельная работа; • Лабораторные занятия; • Практические занятия; • Интерактивные лекции; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные практические занятия;	• Самостоятельная работа; • Лабораторные занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные практические занятия;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Опрос на занятиях; • Реферат; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	знает способы представления механических систем в виде электрических аналогий; понимает связь между параметрами модели и физическими	свободно применяет методы решения нетиповых задач; умеет провести моделирование микросистемы и её блоков на разных уровнях абстракции;	владеет навыками работы в программах 3D физического моделирования; способен оценить ошибку математической модели;

Согласована на портале № 7142

	характеристиками электронных компонентов микросистем; физически аргументирует выбор типа математической модели;	умеет составить модель микросистемы в виде эквивалентной схемы;	
Хорошо (базовый уровень)	знает виды и уровни абстракции математических моделей микросистем и их компонентов; имеет представление о моделируемых физических процессах; аргументирует выбор и план проведения моделирования;	самостоятельно подбирает необходимые инструментальные средства решения задач моделирования микросистемных объектов; умеет строить модели электронных компонентов	способен классифицировать математические модели и выбрать требуемые в данной задаче уровень абстракции;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	дает определения основных понятий; знает принципы физического моделирования микросистемных объектов; знает основные математически методы формального моделирования;	умеет работать со стандартными моделями; использует программные средства в соответствии с указаниями к лабораторной работе; умеет оформить результаты в виде отчёта	владеет терминологией в предметной области знания; владеет навыками практической работы с инструментами моделирования в объеме, необходимом для выполнения лабораторной работы

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Темы рефератов

1. Пьезорезистивный датчик давления
2. Способы построения дисплеев на МЭМС
3. DMD-чипы
4. Газоанализатора на МЭМС
5. Использование МЭМС в электрических аккумуляторах
6. Запоминающие устройства на основе микросистем
7. Оптические микросистемы (интегральная оптика)
8. Фазовращатели на основе МЭМС
9. Микродвигатели
10. Микронасосы
11. МЭМС-микрофоны
12. Печатающие микроголовки струйных принтеров

3.2 Темы опросов на занятиях

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

– Требования к электростатическому воздействию. Численное моделирование параметров

Согласована на портале № 7142

переключателя. Определение вносимых потерь и изоляции переключателя.

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

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

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

3.3 Экзаменационные вопросы

– 1. Микросистемы (микроэлектромеханические системы). Назначение, особенности, примеры. 2. Понятие о проектировании. Этапы проектирования. 3. Математическая модель: понятие, виды, свойства. 4. Моделирование микросистем на физическом уровне. Особенности численных методов моделирования. 5. Технологии изготовления микросистем, сходства и различия с традиционными технологиями ИС 6. ВЧ переключатели (ключи). Назначение, основные схемы включения, SPST и SPMT. Характеристики. 7. ВЧ МЭМС переключатели: основные конструкции (не менее 4-х). 8. Надёжность ВЧ МЭМС. Факторы надёжности. Надежность SPDT схемы приемо-передающего модуля 9. ВЧ переключатели на pin-диодах и транзисторах. 10. Электростатический актюатор: принцип работы, эквивалентная модель, срабатывание (схлопывание пластин). 11. Восстановление эквивалентной схемы по известным Y-параметрам (экстракция).го транзисторов 12. Модели пассивных элементов: резистора, конденсатора, катушки индуктивности, п/п диода 13. Метод электрических схем замещения (электромеханических аналогий) при моделировании МЭМС. 14. Схемы замещения. Энергия и коэнергия. Обобщенный резистор, обобщенный конденсатор, обобщенная индуктивности (инертность). 15. Схемы измерения ёмкости в ёмкостных акселерометрах и других микросистемах 16. Емкостные акселерометры: принципы работы, схемы замещения, характеристики 17. Измерение положения тела с помощью измерения ёмкости в МЭМС: структуры и соотношения.

3.4 Темы контрольных работ

– 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.

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

– 2. Составьте уравнение, описывающее комплексную передаточную функцию I1(s)/V(s) для эквивалентной схемы, представленной на рисунке.

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

3.5 Темы лабораторных работ

– Проектирование функциональных узлов микромеханических систем в пакете Microwave Office

– Проектирование топологии функционального элемента микро- и наносистемы

– Знакомство с набором программных средств для проектирования функциональных элементов

– Моделирование технологического процесса формирования элемента микро- и наносистемы

– Моделирование физических полей в функциональных элементах микро- и наносистем при заданном воздей-ствии

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

Согласована на портале № 7142

4.1. Основная литература

1. П.Е. Троян. Функциональная электроника : Учебное пособие // Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 70 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Troyan/Троян_ПЕ_-_Функциональная_электроника.zip

2. Д.Д. Зыков, К.Ю. Осипов. Проектирование и технология электронной компонентной базы. Основы САПР Synopsys TCAD // Томск: Томский государственный университет систем управления и ра-диоэлектроники, 2012. - 76 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Zikov/Зыков_ДД_Осипов_КЮ_-_ПиТЭКБ.zip

4.2. Дополнительная литература

1. Учебное пособие по дисциплине "Технология наносистем" [Текст] : учебное пособие / С. П. Тимошенков, В. В. Калугин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет "МИЭТ" (М.). - М. : МИЭТ, 2011. - 200 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 1 экз.)

2. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам : Сборник статей / ред. П. П. Мальцев. - М.: Техносфера, 2005. - 589 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 6 экз.)

3. 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.)

4. А.А. Жигальский. Проектирование и конструирование микросхем: Учебное пособие // Томск: ТУСУР, 2007. -195 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Jigalsky/ Жигальский_АА_-_ПиКИМС.zip

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. К.Ю. Осипов, П.Е. Троян. Приборно-технологическое моделирование: Методические указания по выполнению лабораторных работ и самостоятельной работе. // Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 24 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Troyan/Троян_ПЕ_Осипов_КЮ_-_ПТМ.zip

2. Сальников А.С. Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС : методические указания по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе // Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. - 35 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Salnikov/ Сальников_АС_-_МиПГСВЧМИС.zip

3. Зыков Д.Д. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 50 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Zikov/Зыков_ДД_Осипов_КЮ_-_ПиТЭКБ.zip

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые 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/

Согласована на портале № 7142