МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 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: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	16	16	часов
Самостоятельная работа	56	56	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 69725

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

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

1.2. Задачи дисциплины

1. сформировать общее представление о микросистемной технике.
2. продемонстрировать основной маршрут проектирования микросистемной техники.
3. рассмотреть подходы к моделированию элементов микросистемной техники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.16.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 69725

ПК-1. Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	ПК-1.1. Знает основные физические и математические модели объектов микро- и наносистемной техники	Дает описание метода электромеханических аналогий, приводит основные следствия их применения в электростатическом актюаторе.
	ПК-1.2. Знает основные программные средства для физического и математического моделирования приборов и устройств микро- и наносистемной техники	Дает классификацию и примеры программы для физико-технического, схемотехнического моделирования микросистемной технике, а также математических пакетов.
	ПК-1.3. Умеет представлять объекты микро- и наносистемной техники в виде физических и математических моделей	Способен дать описание электростатического актюатора и его модель в виде электромеханических аналогий.
	ПК-1.4. Владеет практическими навыками работы в прикладных программах компьютерного моделирования	Уверенно владеет программой схемотехнического моделирования Qucs, математическим пакетом FreeMat, способен решать физические задачи в этих программах.
ПК-6. Готов рассчитывать и проектировать компоненты нано- и микросистемной техники	ПК-6.1. Знает основные методики проектирования и расчета компонентов нано- и микросистемной техники	Способен выполнить построение эквивалентной схемы планарной катушки индуктивности по заданным результатам измерений; способен рассчитать параметры модели МОП-транзистора.
	ПК-6.2. Умеет рассчитывать параметры компонентов нано- и микросистемной техники	Уверенно ориентируется в программе математического моделирования Qucs
	ПК-6.3. Владеет навыками работы в прикладных программах для расчета и проектирования компонентов нано- и микросистемной техники	Способен описать модель МОП-транзистора Шихмана-Ходжеса, назвать и рассчитать ее основные параметры.

Согласована на портале № 69725

ПК-9. Способен 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	ПК-9.1. Знает принципы проектирования изделий микро- и наносистемной техники	Способен описать принцип действия ёмкостного акселерометра и нескольких видов МЭМС-переключателей.
	ПК-9.2. Умеет рассчитывать параметры и характеристики приборов и устройств микро- и наносистемной техники	Способен рассчитать основные характеристики емкостного акселерометра (собственная частота колебаний, максимальное смещение и др.), а также назвать основные параметры МЭМС-переключателей.
	ПК-9.3. Владеет навыками работы в прикладных программах для расчета и проектирования устройств микро- и наносистемной техники	Способен собрать и провести анализ схемы демодулятора для получения емкости.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	52	52
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	56	56
Подготовка к тестированию	8	8
Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	10	10
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	12
Написание отчета по лабораторной работе	12	12
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	4
Подготовка к защите отчета по практическому занятию	4	4
Подготовка к дискуссии	6	6
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Согласована на портале № 69725

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Введение	2	-	8	18	28	ПК-1, ПК-6, ПК-9
2 Моделирование электронных устройств	4	16	8	28	56	ПК-1, ПК-6, ПК-9
3 Микросистемы	10	2	-	8	20	ПК-6, ПК-9
4 Проектирование электронных устройств	2	-	-	2	4	ПК-9
Итого за семестр	18	18	16	56	108	
Итого	18	18	16	56	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.
Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Введение	Вводная лекция	2	ПК-6
	Итого	2	
2 Моделирование электронных устройств	Лекция 2. Физические модели Лекция 3. Модели и моделирование	4	ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
3 Микросистемы	Лекция 4. Микросистемы - обзор Лекция 5. Электромеханические аналогии Лекция 6. Преобразователи энергии Лекция 7. Переключатели Лекция 8. Акселерометры	10	ПК-6, ПК-9
	Итого	10	
4 Проектирование электронных устройств	Лекция 9. Проектирование	2	ПК-9
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.
Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			

Согласована на портале № 69725

2 Моделирование электронных устройств	Моделирование цепей постоянного тока	4	ПК-1
	Моделирование цепей переменного тока	6	ПК-1
	Построение моделей электрических элементов	6	ПК-9
	Итого	16	
3 Микросистемы	Виды МЭМС-переключателей	2	ПК-9
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Введение	Инструменты инженера электронных схем	4	ПК-9
	Моделирование электростатического актюатора в Qucs	4	ПК-1
	Итого	8	
2 Моделирование электронных устройств	Использование численных методов для решения физических задач	4	ПК-1
	Метод электромеханических аналогий	4	ПК-1
	Итого	8	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				

Согласована на портале № 69725

1 Введение	Подготовка к тестированию	2	ПК-1	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	4	ПК-1	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПК-1	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	6	ПК-1	Отчет по лабораторной работе
	Итого	18		
2 Моделирование электронных устройств	Подготовка к тестированию	2	ПК-1	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-9	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Подготовка к защите отчета по практическому занятию	4	ПК-9	Защита отчета по практическому занятию
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	6	ПК-1	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПК-1	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	6	ПК-1	Отчет по лабораторной работе
	Итого	28		
3 Микросистемы	Подготовка к тестированию	2	ПК-9	Тестирование
	Подготовка к дискуссии	6	ПК-9	Дискуссия
	Итого	8		
4 Проектирование электронных устройств	Подготовка к тестированию	2	ПК-9	Тестирование
	Итого	2		
Итого за семестр		56		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		92		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Согласована на портале № 69725

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	+	Защита отчета по лабораторной работе, Защита отчета по практическому занятию, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование, Экзамен
ПК-6	+				Тестирование, Экзамен
ПК-9	+	+	+	+	Дискуссия, Защита отчета по лабораторной работе, Защита отчета по практическому занятию, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
7 семестр				
Защита отчета по лабораторной работе	10	10	0	20
Защита отчета по практическому занятию	8	8	0	16
Лабораторная работа	6	6	0	12
Тестирование	4	6	0	10
Дискуссия	0	4	0	4
Отчет по лабораторной работе	2	2	0	4
Отчет по практическому занятию (семинару)	2	2	0	4
Экзамен				30
Итого максимум за период	32	38		100
Нарастающим итогом	32	70	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Согласована на портале № 69725

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Наноэлектроника: Учебное пособие / Ю. В. Сахаров, П. Е. Троян - 2010. 88 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/537.
2. Проектирование и технология электронной компонентной базы. Основы сапр synopsys tcad: Учебное пособие / Д. Д. Зыков - 2012. 76 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4734.

7.2. Дополнительная литература

1. 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.).
2. Компьютерное моделирование и проектирование. Лабораторный практикум. Часть 2: Методические указания к лабораторным работам / Е. Ю. Агеев - 2012. 79 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2549.
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. Технология материалов электронной техники: Учебное пособие / А. А. Жигальский - 2006. 143 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/554.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Электротехника и электроника: Методические указания по самостоятельной работе для студентов ТУСУР по дисциплинам «Теоретические основы электротехники», «Анализ динамических систем», «Теория цепей и сигналов» / Т. В. Ганджа, В. Е. Коваленко - 2015. 28 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5045.
2. Сальников А.С. Моделирование и проектирование микро- и наносистем : Учебно-методическое пособие. - Томск: ТУСУР, 2023. - 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/32befed22e28/f/МиПМиНС_Прак_Лаб.pdf.

7.3.2. 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;

Согласована на портале № 69725

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 121 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Камера;
- Микрофон;
- Тумба для докладчика;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Google Chrome;
- LibreOffice 7.0.6.2;
- Windows;

8.3. 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 Intel(R) Core (TM)2 CPU (13 шт.);
- Проектор Benq;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

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

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Согласована на портале № 69725

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, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

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

8.5. 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 зрения** 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.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)

Согласована на портале № 69725

1 Введение	ПК-1, ПК-6, ПК-9	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
2 Моделирование электронных устройств	ПК-1, ПК-6, ПК-9	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Защита отчета по практическому занятию	Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
3 Микросистемы	ПК-6, ПК-9	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Дискуссия	Примерный перечень тем для дискуссий
4 Проектирование электронных устройств	ПК-9	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть

Согласована на портале № 69725

2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Сопоставьте начало и конец предложение так, чтобы получилось наиболее полное определение изученных нами понятий
   а. Физическая модель

Согласована на портале № 69725

б. Стационарный процесс
в. Граничные условия
г. Начальные условия

2. Выберите верные утверждения, характерные для численных методов
   а. рассчитываются в дискредитированном пространстве и времени
   б. дают приближенное решение
   в. при уменьшении шага сетки расчет более точен и идет быстрее
   г. опираются на строгое решение дифференциальных уравнений
3. Рассчитайте численную производную функции ex на сетке с шагом 1 в точке 3,5. В ответ введите полученное значение
   а. 2,71
   б. 3,54
   в. 3,96
   г. 4,44
4. Классифицируйте приведенные в задании модели
   а. Аэродинамическая труба
   б. Модель марсохода для отработки телеуправления в пустыне Аризоны
   в. МЭМС-переключатель в Comsol
   г. Цифровой двойник автомобиля для виртуальных краш-тестов
5. Сопоставьте свойства модели и их определении
   а. Полнота
   б. Гибкость
   в. Точность
   г. Апостериорная
6. Сгруппируйте МЭМС по их типам.
   а. Акселерометр
   б. Гироскоп
   в. Инерциальная измерительный модуль
   г. Датчики давления
7. Укажите соответствие физических величин в электростатическом актюаторе.
   а. ток, втекающий в конденсатор
   б. жесткость пружины
   в. смещение подвижной обкладки относительно равновесия
   г. зазор между обкладками
8. Укажите, какие силы действуют в электростатическом актюаторе:
   а. Аэродинамическая сила сопротивления среды
   б. Силы внутреннего трения в пружине
   в. Сила земли
   г. Сила Лоренца
9. Рассчитайте, с какой силой притягиваются друг к другу пластины электростатического актюатора, размером 200х200 мкм, находящиеся на расстоянии 3,9 мкм, если к ним приложено напряжение 11 В
   а. 2,5 нН
   б. 3,9 нН
   в. 220 фН
   г. 750 фН
10. Рассчитать собственную частоту колебаний груза массой 5,6·10-10 кг, подвешенного на пружине с жесткостью 8,4 Н/м. Ответ дать в Гц.
    а. 23454 Гц
    б. 19492 Гц
    в. 1054 Гц
    г. 77985 Гц

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Микросистемы (микроэлектромеханические системы). Назначение, особенности, примеры.
2. Понятие о проектировании. Этапы проектирования.

Согласована на портале № 69725

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).

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Какие уравнения описывают поведение тела на орбите.
2. Опишите принципы работы численных методов.
3. Расскажите, как эти принципы применялись в вашей работе.
4. На что будет влиять шаг расчета?
5. Какие константы нужно поменять, чтобы спутник начал удаляться от планеты?

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Инструменты инженера электронных схем
2. Моделирование электростатического актюатора в Qucs
3. Использование численных методов для решения физических задач
4. Метод электромеханических аналогий

9.1.5. Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий

1. Чем отличается моделирование на постоянном токе?
2. Как работает делитель напряжения?
3. Как работает КМОП-инвертор?
4. Какие методы расчета схем на постоянном токе существуют?
5. Как составить матрицу проводимостей в методе узловых потенциалов?

9.1.6. Темы практических занятий

1. Моделирование цепей постоянного тока
2. Моделирование цепей переменного тока
3. Построение моделей электрических элементов

9.1.7. Примерный перечень тем для дискуссий

1. Какие есть принципы актуации в МЭМС-ключах?
2. Принцип действия балочного ключа.
3. Принцип действия мембранного ключа.
4. Какие недостатки есть у МЭМС-ключей?
5. Как инженеры борются с этими недостатками?

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

Согласована на портале № 69725

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. 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,

Согласована на портале № 69725

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.

Согласована на портале № 69725

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 140 от «31» 1 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ФЭ	В.В. Каранский	Согласовано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8
Заведующий кафедрой, каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. ФЭ	А.С. Сальников	Разработано, b16db6f2-4688-45a6-92fa-85b2000b4944

Согласована на портале № 69725