

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор департамента по учебной работе

Ким М.Ю.

«29» 10 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ И МИКРОСИСТЕМНОЙ  
ТЕХНИКИ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Электроника, нанoeлектроника и микросистемная техника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**

Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2026 года

**Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

| Виды учебной деятельности          | 3 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 18        | 18    | часов   |
| Практические занятия               | 18        | 18    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 108       | 108   | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 144       | 144   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 4         | 4     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет с оценкой                | 3       |

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ким М.Ю.  
Должность: Директор департамента по учебной работе  
Дата подписания: 29.10.2025  
Уникальный программный ключ:  
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 85810

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. формирование у магистрантов системных знаний и практических навыков математического и компьютерного моделирования физических процессов в микро- и наносистемах с использованием современных САПР и численных методов.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. приобретение знания основ математического и программного обеспечения САПР микро и наносистем, основ построения математических моделей физических процессов, протекающих в микрои наносистемах, граничных и начальных условий в задачах математической физики, методов конечных разностей и конечных элементов, методов решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений, основ программирования в среде MATLAB.

2. приобретение умений осуществлять постановку задачи моделирования и проектирования элементов микро и наносистем, обоснованно формулировать граничные и начальные условия, выполнять дискретизацию дифференциальных уравнений в частных производных на конечно-разностных сетках, производить выбор метода численного решения систем уравнений, выполнять анализ результатов моделирования.

3. формирование навыков разработки программных средств численного моделирования элементов микрои наносистем, обеспечения сходимости и устойчивости процесса численного решения систем уравнений, визуализации результатов численного моделирования.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль проектно-профессиональной подготовки.

Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.04.03.

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 |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |                                   |                                               |
| -                                       | -                                 | -                                             |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |                                   |                                               |
| -                                       | -                                 | -                                             |
| <b>Профессиональные компетенции</b>     |                                   |                                               |

|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                        |                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности | ПК-2.1. Знает современные подходы к исследованию и разработке объектов профессиональной деятельности                                                                   | Знает современные подходы и численные методы моделирования объектов профессиональной деятельности    |
|                                                                                                                 | ПК-2.2. Умеет проводить исследования и разработку с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности | Умеет проводить исследования и разработку с использованием передовых технологий и САПР.              |
|                                                                                                                 | ПК-2.3. Владеет современными технологиями проектирования объектов профессиональной деятельности                                                                        | Владеет современными технологиями проектирования и программными средствами численного моделирования. |

#### 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  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|
|                                                                                                                       |             | 3 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>                                               | 36          | 36        |
| Лекционные занятия                                                                                                    | 18          | 18        |
| Практические занятия                                                                                                  | 18          | 18        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 108         | 108       |
| Подготовка к зачету с оценкой                                                                                         | 60          | 60        |
| Подготовка к тестированию                                                                                             | 48          | 48        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>                                                                                   | 144         | 144       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>                                                                                    | 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

| Названия разделов (тем) дисциплины                        | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|-----------------------------------------------------------|--------------|---------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>3 семестр</b>                                          |              |               |              |                            |                         |
| 1 Теоретические основы проектирования микро- и наносистем | 3            | 3             | 18           | 24                         | ПК-2                    |

|                                                           |    |    |     |     |      |
|-----------------------------------------------------------|----|----|-----|-----|------|
| 2 Математические основы моделирования                     | 3  | 3  | 18  | 24  | ПК-2 |
| 3 Численные методы и программная реализация               | 3  | 3  | 18  | 24  | ПК-2 |
| 4 Моделирование механических и электромеханических систем | 3  | 3  | 18  | 24  | ПК-2 |
| 5 Моделирование оптических и радиоэлектронных компонентов | 3  | 3  | 18  | 24  | ПК-2 |
| 6 Проектирование топологии и схемотехнических решений     | 3  | 3  | 18  | 24  | ПК-2 |
| Итого за семестр                                          | 18 | 18 | 108 | 144 |      |
| Итого                                                     | 18 | 18 | 108 | 144 |      |

## 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 |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>3 семестр</b>                                          |                                                                                                                                                                                             |                                      |                         |
| 1 Теоретические основы проектирования микро- и наносистем | Уровни описания и классификация проектных процедур. Методы описания объектов и процессов. Структура и виды обеспечений САПР. Международная стандартизация.                                  | 3                                    | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                                                                                       | 3                                    |                         |
| 2 Математические основы моделирования                     | Уравнения математической физики. Начальные и граничные условия. Обобщенный маршрут численного моделирования.                                                                                | 3                                    | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                                                                                       | 3                                    |                         |
| 3 Численные методы и программная реализация               | Пространственно-временные сетки. Методы конечных разностей и конечных элементов. Устойчивость, сходимость, визуализация результатов.                                                        | 3                                    | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                                                                                       | 3                                    |                         |
| 4 Моделирование механических и электромеханических систем | Механические модели мембран, балок, струн. Размерные эффекты и масштабирование. МЭМС: электростатические, пьезоэлектрические и магнитострикционные приводы. Микропотоки жидкости и газа.    | 3                                    | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                                                                                       | 3                                    |                         |
| 5 Моделирование оптических и радиоэлектронных компонентов | Физико-математические модели оптических систем (волноводы, фильтры, дифракционные решетки). Модели элементной базы ИМС: резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы. Топологические модели. | 3                                    | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                                                                                       | 3                                    |                         |

|                                                       |                                                                                                                                                                                                              |    |      |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|
| 6 Проектирование топологии и схемотехнических решений | Проектирование мембранных и балочных элементов. Расчет эквивалентных механических параметров. Резистивные мостовые схемы: чувствительность, погрешности, температурные эффекты. Технологические ограничения. | 3  | ПК-2 |
|                                                       | Итого                                                                                                                                                                                                        | 3  |      |
| 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 |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| <b>3 семестр</b>                                          |                                                                                                                             |                 |                         |
| 1 Теоретические основы проектирования микро- и наносистем | Основы программирования и визуализации данных в математических пакетах                                                      | 3               | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                       | 3               |                         |
| 2 Математические основы моделирования                     | Разработка и программная реализация дискретной модели на основе МКР для нестационарных задач                                | 3               | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                       | 3               |                         |
| 3 Численные методы и программная реализация               | Сравнительный анализ устойчивости и сходимости явных и неявных разностных схем                                              | 3               | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                       | 3               |                         |
| 4 Моделирование механических и электромеханических систем | Моделирование стационарных полей (электрических, тепловых, механических) с использованием МКЭ на неструктурированных сетках | 3               | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                       | 3               |                         |
| 5 Моделирование оптических и радиоэлектронных компонентов | Расчет механических параметров мембранных и балочных элементов микросистем                                                  | 3               | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                       | 3               |                         |
| 6 Проектирование топологии и схемотехнических решений     | Моделирование резистивных мостовых схем: анализ чувствительности и температурных погрешностей.                              | 3               | ПК-2                    |
|                                                           | Итого                                                                                                                       | 3               |                         |
| Итого за семестр                                          |                                                                                                                             | 18              |                         |
| Итого                                                     |                                                                                                                             | 18              |                         |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 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  |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| <b>3 семестр</b>                                          |                               |                 |                         |                 |
| 1 Теоретические основы проектирования микро- и наносистем | Подготовка к зачету с оценкой | 10              | ПК-2                    | Зачёт с оценкой |
|                                                           | Подготовка к тестированию     | 8               | ПК-2                    | Тестирование    |
|                                                           | Итого                         | 18              |                         |                 |
| 2 Математические основы моделирования                     | Подготовка к зачету с оценкой | 10              | ПК-2                    | Зачёт с оценкой |
|                                                           | Подготовка к тестированию     | 8               | ПК-2                    | Тестирование    |
|                                                           | Итого                         | 18              |                         |                 |
| 3 Численные методы и программная реализация               | Подготовка к зачету с оценкой | 10              | ПК-2                    | Зачёт с оценкой |
|                                                           | Подготовка к тестированию     | 8               | ПК-2                    | Тестирование    |
|                                                           | Итого                         | 18              |                         |                 |
| 4 Моделирование механических и электромеханических систем | Подготовка к зачету с оценкой | 10              | ПК-2                    | Зачёт с оценкой |
|                                                           | Подготовка к тестированию     | 8               | ПК-2                    | Тестирование    |
|                                                           | Итого                         | 18              |                         |                 |
| 5 Моделирование оптических и радиоэлектронных компонентов | Подготовка к зачету с оценкой | 10              | ПК-2                    | Зачёт с оценкой |
|                                                           | Подготовка к тестированию     | 8               | ПК-2                    | Тестирование    |
|                                                           | Итого                         | 18              |                         |                 |
| 6 Проектирование топологии и схемотехнических решений     | Подготовка к зачету с оценкой | 10              | ПК-2                    | Зачёт с оценкой |
|                                                           | Подготовка к тестированию     | 8               | ПК-2                    | Тестирование    |
|                                                           | Итого                         | 18              |                         |                 |
| Итого за семестр                                          |                               | 108             |                         |                 |
| Итого                                                     |                               | 108             |                         |                 |

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

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

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

занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           | Формы контроля                |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-------------------------------|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Сам. раб. |                               |
| ПК-2                    | +                         | +          | +         | Зачёт с оценкой, Тестирование |

## 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 |
|--------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|
| <b>3 семестр</b>         |                                                |                                             |                                                           |                  |
| Зачёт с оценкой          | 10                                             | 15                                          | 20                                                        | 45               |
| Тестирование             | 15                                             | 20                                          | 20                                                        | 55               |
| Итого максимум за период | 25                                             | 35                                          | 40                                                        | 100              |
| Нарастающим итогом       | 25                                             | 60                                          | 100                                                       | 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 |
|-------------------------------------------------------|--------|
| $\geq 90\%$ 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

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                                                  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64                                                  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов                                           | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Афонский, А. А. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике : монография / А. А. Афонский, В. П. Дьяконов. — Москва : ДМК Пресс, 2011. — 688 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/900>.

## **7.2. Дополнительная литература**

1. Смирнов, В. И. Нанoeлектроника, нанофотоника и микросистемная техника : учебное пособие / В. И. Смирнов. — Ульяновск : УлГТУ, 2017. — 280 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/170655>.

## **7.3. Учебно-методические пособия**

### **7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Электромагнитная совместимость: вычислительные методы: Учебно-методическое пособие / С. П. Куксенко - 2017. 163 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7887>.

### **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;
- 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**

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**

Учебно-научная лаборатория микроэлектроники и фотоники: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 226/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Системный блок 1 1 шт.

Системный блок 2 14 шт.

Монитор 27" 15 шт.

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL

- Комплект специализированной учебной мебели;

- Рабочее место преподавателя.

### 8.3. 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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.

### 8.4. 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)               |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------------------|
| 1 Теоретические основы проектирования микро- и наносистем | ПК-2                    | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                           |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |

|                                                           |      |                 |                                        |
|-----------------------------------------------------------|------|-----------------|----------------------------------------|
| 2 Математические основы моделирования                     | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                           |      | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 3 Численные методы и программная реализация               | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                           |      | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 4 Моделирование механических и электромеханических систем | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                           |      | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 5 Моделирование оптических и радиоэлектронных компонентов | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                           |      | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 6 Проектирование топологии и схмотехнических решений      | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                           |      | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |

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                                                              |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания                                          | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(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<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.                                                                                                                                                                                           |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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

- Какой из уровней описания относится к верхнему (системному) уровню проектирования микросистем?
  - Топологический
  - Физико-топологический
  - Функционально-логический
  - Кристаллографический
- К эллиптическому типу относится уравнение:
  - Уравнение теплопроводности
  - Волновое уравнение
  - Уравнение Лапласа
  - Уравнение диффузии
- Метод конечных разностей (МКР) основан на:
  - Аппроксимации решения комбинацией базисных функций
  - Замене производных их разностными аналогами на сетке
  - Минимизации функционала энергии
  - Разложении решения в ряд Фурье
- Триангуляция Делоне используется в методе:
  - Конечных разностей
  - Конечных элементов
  - Монте-Карло
  - Граничных элементов
- Для решения нелинейных систем алгебраических уравнений наиболее эффективен метод:
  - Якоби
  - Ньютона-Рафсона
  - Гаусса
  - Зейделя
- К базовым механическим элементам объёмной микромеханики относятся:
  - Мембраны, балки, струны

- Б. Волноводы, резонаторы, фильтры
- В. Транзисторы, диоды, конденсаторы
- Г. Дифракционные решётки, линзы
- 7. К базовым компонентам оптических микросистем НЕ относится:
  - А. Спектральный фильтр
  - Б. Планарный волновод
  - В. Дифракционная решётка
  - Г. Тензорезистор
- 8. Ратиометрическое включение мостовой схемы позволяет:
  - А. Увеличить потребляемую мощность
  - Б. Исключить влияние нестабильности источника питания
  - В. Уменьшить сопротивление резисторов
  - Г. Повысить частоту сигнала
- 9. Резистивная мостовая схема в микромеханике используется преимущественно для:
  - А. Генерации оптического излучения
  - Б. Преобразования механической деформации в электрический сигнал
  - В. Фильтрации сигналов
  - Г. Усиления магнитного поля
- 10. Физико-технологическая модель элементной базы ИМС описывает:
  - А. Только электрические характеристики
  - Б. Связь топологии, технологии и электрических параметров
  - В. Только оптические свойства
  - Г. Только механические напряжения

### **9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой**

1. Уровни описания и классификация проектных процедур микро- и наносистем.
2. Классификация уравнений математической физики и типы граничных условий.
3. Суть, преимущества и ограничения методов конечных разностей и конечных элементов.
4. Моделирование механических, тепловых и электромагнитных процессов в МЭМС.
5. Физико-математические модели оптических и радиоэлектронных компонентов.
6. Методики проектирования топологии мембранных элементов и резистивных мостовых схем.
7. Этапы численного моделирования: от постановки задачи до визуализации результатов.

### **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:

- 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, 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.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ  
протокол № 3 от «21» 10 2024 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                          | Инициалы, фамилия | Подпись                                                  |
|------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|
| Заведующий выпускающей каф. ПИШ    | А.С. Перин        | Согласовано,<br>a0f1668d-d020-4ff4-<br>9a8a-4ff4e15b36fe |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ | А.С. Перин        | Согласовано,<br>a0f1668d-d020-4ff4-<br>9a8a-4ff4e15b36fe |
| Начальник учебного управления      | Г.А. Цой          | Согласовано,<br>8a5745e4-63a0-4946-<br>bbb0-ce4977ac113e |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                                                                                                                                            |                   |                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|
| Заместитель директора по образованию, каф.<br>Передовая инженерная школа "Электронное<br>приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | А.В. Жечева       | Согласовано,<br>10222954-0bcd-4026-<br>99f7-5b18919a1928 |
| Доцент, каф. Передовая инженерная школа<br>"Электронное приборостроение и системы связи" им.<br>А.В. Кобзева                               | В.Ю. Цибульникова | Согласовано,<br>bbc9013e-1509-4582-<br>b986-4eb4b832138c |

### РАЗРАБОТАНО:

|                                                                                                              |              |                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------|
| Доцент, каф. Передовая инженерная школа<br>"Электронное приборостроение и системы связи" им.<br>А.В. Кобзева | А.Н. Коледа  | Разработано,<br>ba46bc94-d30c-42d5-<br>aaaf-a0a6d5a229c4 |
| Ассистент, каф. ТУ                                                                                           | Т.М. Клюкина | Разработано,<br>aab4d872-53d6-43a4-<br>9e4d-38750c25c163 |