

**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**

**МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**

Направленность (профиль) / специализация: **Программные средства и технологии систем автоматизированного проектирования**

Форма обучения: **очная**

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

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

Курс: **1**

Семестр: **1, 2**

Учебный план набора 2026 года

**Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

| Виды учебной деятельности          | 1 семестр | 2 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-----------|-------|---------|
| Практические занятия               | 18        | 18        | 36    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 54        | 90        | 144   | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 72        | 108       | 180   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 2         | 3         | 5     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет                          | 1       |
| Зачет с оценкой                | 2       |

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

## **1. Общие положения**

### **1.1. Цели дисциплины**

1. сформировать у студентов целостное представление о современных мировых трендах исследований и разработок, развить навыки анализа научно-технического прогресса и применения передовых разработок в профессиональной деятельности.

### **1.2. Задачи дисциплины**

1. Изучить ключевые направления развития исследований и разработок.
2. Освоить методы поиска, анализа и систематизации научно-технической информации.
3. Научиться оценивать перспективность новых технологий и их применимость в своей предметной области.
4. Сформировать понимание межкультурных аспектов международного научного сотрудничества.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Проектный модуль.

Индекс дисциплины: Б1.О.01.05.

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> |                                   |                                               |

|                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия | УК-4.1. Знает принципы построения устного и письменного высказывания на русском и иностранном(ых) языках, правила и закономерности деловой устной и письменной коммуникации                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1. Знает правила академического письма на русском и английском языках;<br>2. Знает общие правила оформления научных публикаций и презентаций.                                                     |
|                                                                                                                                                                  | УК-4.2. Имеет представление об особенностях устной и письменной коммуникации в соответствии с различными стилями, жанрами и формами делового общения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1. Имеет представление об особенностях деловой переписки в научно-технической сфере;<br>2. Имеет представление о принципах принципах коммуникации в области научных интересов.                    |
|                                                                                                                                                                  | УК-4.3. Умеет составлять собственные устные и письменные высказывания на русском и иностранном(ых) языках в соответствии с речевыми ситуациями, наиболее востребованными в рамках академической и профессиональной направленности; умеет выбирать коммуникативно приемлемые стили делового общения, вербальные и невербальные средства коммуникации                                                                                                                 | 1. Умеет составлять научные тексты на русском и английском языках;<br>2. Умеет готовить презентации о результатах научных исследований.                                                           |
|                                                                                                                                                                  | УК-4.4. Владеет навыками применения информационно-коммуникационных технологий для осуществления деловой коммуникации на русском и иностранном(ых) языке(ах) в письменной и устной форме; владеет широким словарным запасом, достаточным для осуществления деловой коммуникации в рамках академической и профессиональной направленности; владеет навыками чтения и перевода информации на иностранном(ых) языке(ах) академической и профессиональной направленности | 1. Владеет навыками академического письма на английском языке (аннотации, тезисы, статьи);<br>2. Владеет навыками публичных выступлений с использованием современных коммуникационных технологий. |

|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия | УК-5.1. Знает особенности культуры народов России и основных мировых цивилизаций, особенности мировых религий, правила и технологии эффективного межкультурного взаимодействия | 1. Знает культурные особенности научных сообществ разных стран;<br>2. Знает традиции академического общения в различных культурах.                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                        | УК-5.2. Умеет учитывать национальные, этнокультурные и конфессиональные особенности межкультурного взаимодействия                                                              | 1. Умеет учитывать культурные различия при взаимодействии с зарубежными коллегами;<br>2. Умеет представлять отечественные научные достижения на международных конференциях.                                                                                                                         |
|                                                                                                        | УК-5.3. Владеет навыками общения в условиях культурного многообразия с соблюдением этических поведенческих норм                                                                | 1. Владеет навыками межкультурной коммуникации в академической среде;<br>2. Владеет навыками взаимодействия в международных научных коллективах.                                                                                                                                                    |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>                                                                |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ОПК-4. Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований                     | ОПК-4.1. Знает общие принципы исследований, методы проведения исследований                                                                                                     | 1. Знает базовые принципы и методы научного исследования<br>2. Знает принципы выбора и обоснования подходящего набора методов для решения поставленной исследовательской задачи.                                                                                                                    |
|                                                                                                        | ОПК-4.2. Умеет формулировать принципы исследований, находить, сравнивать, оценивать методы исследований                                                                        | 1. Умеет формулировать принципы проведения исследования применительно к решаемой задаче;<br>2. Умеет осуществлять поиск методов в научной литературе и стандартах, сравнивает их по критериям точности, трудоёмкости, доступности оборудования и ограничений применимости.                          |
|                                                                                                        | ОПК-4.3. Владеет методами проведения исследований для решения практических задач профессиональной деятельности                                                                 | 1. Владеет подходами к организации исследования для практической задачи: от постановки проблемы и выбора методики до сбора данных, обработки результатов и формулирования выводов;<br>2. Владеет методами планирования эксперимента, статистической обработки, верификации и валидации результатов. |
| <b>Профессиональные компетенции</b>                                                                    |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-5. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности | ПК-5.1. Знает современные подходы к исследованию и разработке объектов профессиональной деятельности                                                                   | 1. Знает современные методологии исследования и разработки;<br>2. Знает стадии жизненного цикла изделия и соответствующие им методы и инструменты (от ТЗ и анализа требований до испытаний и сопровождения).                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                 | ПК-5.2. Умеет проводить исследования и разработку с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности | 1. Умеет планировать и выполнять исследования и разработку, интегрируя актуальные научные результаты и передовые технологии (новые материалы, цифровые инструменты, методы контроля и диагностики);<br>2. Умеет обосновывать применение конкретных технологий со ссылками на публикации, стандарты, патенты и технические характеристики.                                                                                                 |
|                                                                                                                 | ПК-5.3. Владеет современными технологиями проектирования объектов профессиональной деятельности                                                                        | 1. Владеет современными технологиями проектирования (3D-моделирование и параметризация, мультифизическое и имитационное моделирование, схмотехническое и топологическое проектирование) на всех стадиях жизненного цикла объекта;<br>2. Владеет навыками подготовки комплекта данных для передачи на следующие этапы (производство, испытания, эксплуатация), обеспечивая совместимость форматов, целостность атрибутов и контроль версий |

#### 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 5 зачетных единиц, 180 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  |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|-----------|
|                                                                                                                       |             | 1 семестр | 2 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>                                               | 36          | 18        | 18        |
| Практические занятия                                                                                                  | 36          | 18        | 18        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 144         | 54        | 90        |
| Подготовка к зачету                                                                                                   | 18          | 18        |           |
| Подготовка к тестированию                                                                                             | 90          | 36        | 54        |
| Подготовка к зачету с оценкой                                                                                         | 36          |           | 36        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>                                                                                   | 180         | 72        | 108       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>                                                                                    | 5           | 2         | 3         |

#### 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                                               | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>1 семестр</b>                                                                 |               |              |                            |                         |
| 1 Освоение новых частотных диапазонов: миллиметровые волны и терагерцовый спектр | 4             | 9            | 13                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| 2 Мировой рынок микроэлектроники и телекоммуникаций: прогнозы и стратегии        | 2             | 9            | 11                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| 3 Фотоника и оптоэлектроника в системах связи: фотонные интегральные схемы       | 4             | 9            | 13                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| 4 Цифровые двойники радиоэлектронных устройств и систем                          | 2             | 9            | 11                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| 5 Интеллектуальные отражающие поверхности (RIS) и программируемые метаматериалы  | 2             | 9            | 11                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| 6 Квантовые технологии в приборостроении и связи: от теории к прототипам         | 4             | 9            | 13                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| Итого за семестр                                                                 | 18            | 54           | 72                         |                         |
| <b>2 семестр</b>                                                                 |               |              |                            |                         |
| 7 Спутниковые сети и высотные платформы для глобального покрытия                 | 2             | 15           | 17                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| 8 Широкополосные полупроводниковые материалы: GaN, GaAs                          | 4             | 15           | 19                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| 9 СВЧ- и оптическая микроэлектроника: новые горизонты                            | 4             | 15           | 19                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| 10 Аддитивные технологии в радиоэлектронике: 3D-печать устройств СВЧ             | 4             | 15           | 19                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| 11 ИИ-алгоритмы для многокритериального синтеза пассивных СВЧ-устройств          | 2             | 15           | 17                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| 12 Искусственный интеллект в радиочастотной инженерии: новый инструментарий      | 2             | 15           | 17                         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
| Итого за семестр                                                                 | 18            | 90           | 108                        |                         |
| Итого                                                                            | 36            | 144          | 180                        |                         |

### 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>1 семестр</b>                   |                                                          |                                      |                         |

|                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|
| 1 Освоение новых частотных диапазонов: миллиметровые волны и терагерцовый спектр | Физические основы распространения сигналов в диапазонах мм-волн и суб-ТГц. Перспективные частотные диапазоны для 6G. Переход от вопросов «возможно ли» к вопросам промышленной применимости, серийной производительности и эффективности.                                                         | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                                  | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                             | - |                         |
| 2 Мировой рынок микроэлектроники и телекоммуникаций: прогнозы и стратегии        | Анализ текущего состояния и прогнозы развития мирового рынка микроэлектроники. Ключевые драйверы: вычислительная техника и телекоммуникационное оборудование. Тренд тотальной роботизации и распределённых систем управления. Стратегии технологического лидерства и коммерциализации разработок. | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                                  | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                             | - |                         |
| 3 Фотоника и оптоэлектроника в системах связи: фотонные интегральные схемы       | Переход от электронных к фотон-электронным системам. Принципы работы и преимущества фотонных интегральных схем. Прорывные результаты 2025 года: сверхширокополосные фотон-электронные чипы для связи                                                                                              | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                                  | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                             | - |                         |
| 4 Цифровые двойники радиоэлектронных устройств и систем                          | Концепция цифрового двойника в проектировании и эксплуатации РЭС. Создание виртуальных прототипов для ускорения разработки. Прогнозирование отказов и управление жизненным циклом изделия. Интеграция цифровых двойников с системами автоматизированного проектирования.                          | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                                  | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                             | - |                         |
| 5 Интеллектуальные отражающие поверхности (RIS) и программируемые метаматериалы  | Физические принципы работы реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей. Управляемые метаповерхности для улучшения покрытия и качества сигнала в сетях 5G/6G. Самоуправляемые RIS на основе оптического голографического подхода. Применение RIS в городской инфраструктуре.                   | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                                  | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                             | - |                         |

|                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |                         |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|
| 6 Квантовые технологии в приборостроении и связи: от теории к прототипам | Квантовые сенсоры и эталоны частоты для систем синхронизации. Квантовое распределение ключей для защищённых каналов связи. Квантовые вычисления для решения задач оптимизации в радиоэлектронике                                                                                                           | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                          | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | - |                         |
| Итого за семестр                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |                         |
| Итого за семестр                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |                         |
| <b>2 семестр</b>                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |                         |
| 7 Спутниковые сети и высотные платформы для глобального покрытия         | Развитие спутниковых систем связи негеостационарных орбит. Высотные платформы как элемент инфраструктуры 6G. Интеграция спутниковых и наземных сетей. Тренды в области радиосвязи и позиционирования в космосе. Отечественные решения в области спутниковой связи.                                         | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                          | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | - |                         |
| 8 Широкополосные полупроводниковые материалы: GaN, GaAs                  | Физические свойства и преимущества широкозонных полупроводников для СВЧ-электроники. Применение GaN и GaAs в мощных усилителях и высокотемпературной электронике. Перспективные материалы для устройств следующего поколения. Влияние материалов на энергоэффективность и надёжность систем.               | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                          | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | - |                         |
| 9 СВЧ- и оптическая микроэлектроника: новые горизонты                    | Современные достижения в проектировании СВЧ-интегральных схем. КМОП технологии для генераторов, управляемых напряжением, в беспроводных системах нового поколения. Оптическая микроэлектроника и её роль в высокоскоростной передаче данных. Тенденции миниатюризации и повышения частотных характеристик. | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                          | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | - |                         |
| 10 Аддитивные технологии в радиоэлектронике: 3D-печать устройств СВЧ     | Применение 3D-печати для создания антенн, волноводов и корпусов РЭС. Прототипирование и мелкосерийное производство. Материалы для аддитивного производства СВЧ-устройств.                                                                                                                                  | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                          | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | - |                         |

|                                                                             |                                                                                                                                                                                                                          |   |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|
| 11 ИИ-алгоритмы для многокритериального синтеза пассивных СВЧ-устройств     | Применение методов машинного обучения для проектирования СВЧ-устройств. Разработка ИИ-алгоритмов для многокритериального синтеза пассивных СВЧ-устройств. Платформы для статистического анализа характеристик устройств. | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                             | Итого                                                                                                                                                                                                                    | - |                         |
| 12 Искусственный интеллект в радиочастотной инженерии: новый инструментарий | Революция в подходах к проектированию: от интуиции инженера к ИИ помощникам. Применение ИИ и машинного обучения при моделировании, оптимизации, автоматизации измерений и калибровке                                     | - | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 |
|                                                                             | Итого                                                                                                                                                                                                                    | - |                         |
| Итого за семестр                                                            |                                                                                                                                                                                                                          | - |                         |
| Итого                                                                       |                                                                                                                                                                                                                          | - |                         |

### 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>1 семестр</b>                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |                         |
| 1 Освоение новых частотных диапазонов: миллиметровые волны и терагерцовый спектр | Физические основы распространения сигналов в диапазонах мм-волн и суб-ТГц. Перспективные частотные диапазоны для 6G. Переход от вопросов «возможно ли» к вопросам промышленной применимости, серийной производительности и эффективности.                                                         | 4               | УК-4, УК-5              |
|                                                                                  | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4               |                         |
| 2 Мировой рынок микроэлектроники и телекоммуникаций: прогнозы и стратегии        | Анализ текущего состояния и прогнозы развития мирового рынка микроэлектроники. Ключевые драйверы: вычислительная техника и телекоммуникационное оборудование. Тренд тотальной роботизации и распределённых систем управления. Стратегии технологического лидерства и коммерциализации разработок. | 2               | УК-4, УК-5              |
|                                                                                  | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2               |                         |

|                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------|
| 3 Фотоника и оптоэлектроника в системах связи: фотонные интегральные схемы      | Переход от электронных к фотон-электронным системам. Принципы работы и преимущества фотонных интегральных схем. Прорывные результаты 2025 года: сверхширокополосные фотон-электронные чипы для связи                                                                            | 4  | УК-4, УК-5 |
|                                                                                 | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4  |            |
| 4 Цифровые двойники радиоэлектронных устройств и систем                         | Концепция цифрового двойника в проектировании и эксплуатации РЭС. Создание виртуальных прототипов для ускорения разработки. Прогнозирование отказов и управление жизненным циклом изделия. Интеграция цифровых двойников с системами автоматизированного проектирования.        | 2  | УК-4, УК-5 |
|                                                                                 | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2  |            |
| 5 Интеллектуальные отражающие поверхности (RIS) и программируемые метаматериалы | Физические принципы работы реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей. Управляемые метаповерхности для улучшения покрытия и качества сигнала в сетях 5G/6G. Самоуправляемые RIS на основе оптического голографического подхода. Применение RIS в городской инфраструктуре. | 2  | УК-4, УК-5 |
|                                                                                 | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2  |            |
| 6 Квантовые технологии в приборостроении и связи: от теории к прототипам        | Квантовые сенсоры и эталоны частоты для систем синхронизации. Квантовое распределение ключей для защищённых каналов связи. Квантовые вычисления для решения задач оптимизации в радиоэлектронике                                                                                | 4  | УК-4, УК-5 |
|                                                                                 | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4  |            |
| Итого за семестр                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 18 |            |
| <b>2 семестр</b>                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |            |
| 7 Спутниковые сети и высотные платформы для глобального покрытия                | Развитие спутниковых систем связи негеостационарных орбит. Высотные платформы как элемент инфраструктуры 6G. Интеграция спутниковых и наземных сетей. Тренды в области радиосвязи и позиционирования в космосе. Отечественные решения в области спутниковой связи.              | 2  | УК-4, УК-5 |
|                                                                                 | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2  |            |

|                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------|
| 8 Широкополосные полупроводниковые материалы: GaN, GaAs                     | Физические свойства и преимущества широкозонных полупроводников для СВЧ-электроники. Применение GaN и GaAs в мощных усилителях и высокотемпературной электронике. Перспективные материалы для устройств следующего поколения. Влияние материалов на энергоэффективность и надёжность систем.               | 4  | УК-4, УК-5 |
|                                                                             | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4  |            |
| 9 СВЧ- и оптическая микроэлектроника: новые горизонты                       | Современные достижения в проектировании СВЧ-интегральных схем. КМОП технологии для генераторов, управляемых напряжением, в беспроводных системах нового поколения. Оптическая микроэлектроника и её роль в высокоскоростной передаче данных. Тенденции миниатюризации и повышения частотных характеристик. | 4  | УК-4, УК-5 |
|                                                                             | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4  |            |
| 10 Аддитивные технологии в радиоэлектронике: 3D-печать устройств СВЧ        | Применение 3D-печати для создания антенн, волноводов и корпусов РЭС. Прототипирование и мелкосерийное производство. Материалы для аддитивного производства СВЧ-устройств.                                                                                                                                  | 4  | УК-4, УК-5 |
|                                                                             | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4  |            |
| 11 ИИ-алгоритмы для многокритериального синтеза пассивных СВЧ-устройств     | Применение методов машинного обучения для проектирования СВЧ-устройств. Разработка ИИ-алгоритмов для многокритериального синтеза пассивных СВЧ-устройств. Платформы для статистического анализа характеристик устройств.                                                                                   | 2  | УК-4, УК-5 |
|                                                                             | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2  |            |
| 12 Искусственный интеллект в радиочастотной инженерии: новый инструментарий | Революция в подходах к проектированию: от интуиции инженера к ИИ помощникам. Применение ИИ и машинного обучения при моделировании, оптимизации, автоматизации измерений и калибровке                                                                                                                       | 2  | УК-4, УК-5 |
|                                                                             | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2  |            |
| Итого за семестр                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 18 |            |
| Итого                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 36 |            |

#### 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>1 семестр</b>                                                                 |                             |                 |                         |                |
| 1 Освоение новых частотных диапазонов: миллиметровые волны и терагерцовый спектр | Подготовка к зачету         | 3               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт          |
|                                                                                  | Подготовка к тестированию   | 6               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование   |
|                                                                                  | Итого                       | 9               |                         |                |
| 2 Мировой рынок микроэлектроники и телекоммуникаций: прогнозы и стратегии        | Подготовка к зачету         | 3               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт          |
|                                                                                  | Подготовка к тестированию   | 6               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование   |
|                                                                                  | Итого                       | 9               |                         |                |
| 3 Фотоника и оптоэлектроника в системах связи: фотонные интегральные схемы       | Подготовка к зачету         | 3               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт          |
|                                                                                  | Подготовка к тестированию   | 6               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование   |
|                                                                                  | Итого                       | 9               |                         |                |
| 4 Цифровые двойники радиоэлектронных устройств и систем                          | Подготовка к зачету         | 3               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт          |
|                                                                                  | Подготовка к тестированию   | 6               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование   |
|                                                                                  | Итого                       | 9               |                         |                |
| 5 Интеллектуальные отражающие поверхности (RIS) и программируемые метаматериалы  | Подготовка к зачету         | 3               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт          |
|                                                                                  | Подготовка к тестированию   | 6               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование   |
|                                                                                  | Итого                       | 9               |                         |                |
| 6 Квантовые технологии в приборостроении и связи: от теории к прототипам         | Подготовка к зачету         | 3               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт          |
|                                                                                  | Подготовка к тестированию   | 6               | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование   |
|                                                                                  | Итого                       | 9               |                         |                |
| Итого за семестр                                                                 |                             | 54              |                         |                |
| <b>2 семестр</b>                                                                 |                             |                 |                         |                |

|                                                                             |                               |     |                         |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|-------------------------|-----------------|
| 7 Спутниковые сети и высотные платформы для глобального покрытия            | Подготовка к зачету с оценкой | 6   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой |
|                                                                             | Подготовка к тестированию     | 9   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование    |
|                                                                             | Итого                         | 15  |                         |                 |
| 8 Широкополосные полупроводниковые материалы: GaN, GaAs                     | Подготовка к зачету с оценкой | 6   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой |
|                                                                             | Подготовка к тестированию     | 9   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование    |
|                                                                             | Итого                         | 15  |                         |                 |
| 9 СВЧ- и оптическая микроэлектроника: новые горизонты                       | Подготовка к зачету с оценкой | 6   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой |
|                                                                             | Подготовка к тестированию     | 9   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование    |
|                                                                             | Итого                         | 15  |                         |                 |
| 10 Аддитивные технологии в радиоэлектронике: 3D-печать устройств СВЧ        | Подготовка к зачету с оценкой | 6   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой |
|                                                                             | Подготовка к тестированию     | 9   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование    |
|                                                                             | Итого                         | 15  |                         |                 |
| 11 ИИ-алгоритмы для многокритериального синтеза пассивных СВЧ-устройств     | Подготовка к зачету с оценкой | 6   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой |
|                                                                             | Подготовка к тестированию     | 9   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование    |
|                                                                             | Итого                         | 15  |                         |                 |
| 12 Искусственный интеллект в радиочастотной инженерии: новый инструментарий | Подготовка к зачету с оценкой | 6   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой |
|                                                                             | Подготовка к тестированию     | 9   | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Тестирование    |
|                                                                             | Итого                         | 15  |                         |                 |
| Итого за семестр                                                            |                               | 90  |                         |                 |
| Итого                                                                       |                               | 144 |                         |                 |

### 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                       |
|-------------------------|---------------------------|-----------|--------------------------------------|
|                         | Прак. зан.                | Сам. раб. |                                      |
| ОПК-4                   |                           | +         | Зачёт, Зачёт с оценкой, Тестирование |
| ПК-5                    |                           | +         | Зачёт, Зачёт с оценкой, Тестирование |
| УК-4                    | +                         | +         | Зачёт, Зачёт с оценкой, Тестирование |
| УК-5                    | +                         | +         | Зачёт, 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>1 семестр</b>         |                                                |                                             |                                                           |                  |
| Зачёт                    | 20                                             | 20                                          | 30                                                        | 70               |
| Тестирование             | 10                                             | 10                                          | 10                                                        | 30               |
| Итого максимум за период | 30                                             | 30                                          | 40                                                        | 100              |
| Нарастающим итогом       | 30                                             | 60                                          | 100                                                       | 100              |
| <b>2 семестр</b>         |                                                |                                             |                                                           |                  |
| Зачёт с оценкой          | 20                                             | 20                                          | 30                                                        | 70               |
| Тестирование             | 10                                             | 10                                          | 10                                                        | 30               |
| Итого максимум за период | 30                                             | 30                                          | 40                                                        | 100              |
| Нарастающим итогом       | 30                                             | 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 |
|-------------------------------------------------------|--------|
| ≥ 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. Баланов, А. Н. Машинное обучение и искусственный интеллект : учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 172 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/513580>.

2. Моргунов, Р. Б. Физические основы квантовых вычислений : учебное пособие / Р. Б. Моргунов, О. В. Коплак, О. С. Дмитриев. — Тамбов : ТГТУ, 2017. — 98 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/319688>.

3. Белоусов, Ю. И. Инфракрасная фотоника / Ю. И. Белоусов, Е. С. Постников. — 2-е изд., стер. (полноцветная печать). — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 340 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/309734>.

4. Туев, В. И. Аддитивные технологии производства устройств радиоэлектроники : учебное пособие / В. И. Туев. — Москва : ТУСУР, 2020. — 90 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/313322>.

## **7.2. Дополнительная литература**

1. Казаков, Ю. В. Системный подход к научно-исследовательской работе : учебное пособие / Ю. В. Казаков. — Тольятти : ТГУ, 2010. — 68 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/139737>.

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

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

1. Академическое письмо. От исследования к тексту : учебник и практикум для вузов / Ю. М. Кувшинская, Н. А. Зевахина, Я. Э. Ахапкина, Е. И. Гордиенко ; под редакцией Ю. М. Кувшинской. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 284 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/516638>.

2. Организация самостоятельной работы: Учебно-методическое пособие / Д. О. Ноздреватых, Б. Ф. Ноздреватых - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7867>.

### **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 практических занятий**

Лекторий: 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, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 229/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Панель интерактивная Lumien со встраиваемым ПК

- Комплект специализированной учебной мебели;
  - Рабочее место преподавателя.
- Программное обеспечение:
- Microsoft Windows 10 Pro;
  - Smath Studio Desktop 0.98;

## 8.2. 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.

## 8.3. 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 Освоение новых частотных диапазонов: миллиметровые волны и терагерцовый спектр | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт           | Перечень вопросов для зачета           |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 2 Мировой рынок микроэлектроники и телекоммуникаций: прогнозы и стратегии        | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт           | Перечень вопросов для зачета           |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 3 Фотоника и оптоэлектроника в системах связи: фотонные интегральные схемы       | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт           | Перечень вопросов для зачета           |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 4 Цифровые двойники радиоэлектронных устройств и систем                          | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт           | Перечень вопросов для зачета           |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 5 Интеллектуальные отражающие поверхности (RIS) и программируемые метаматериалы  | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт           | Перечень вопросов для зачета           |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 6 Квантовые технологии в приборостроении и связи: от теории к прототипам         | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт           | Перечень вопросов для зачета           |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 7 Спутниковые сети и высотные платформы для глобального покрытия                 | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 8 Широкополосные полупроводниковые материалы: GaN, GaAs                          | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 9 СВЧ- и оптическая микроэлектроника: новые горизонты                            | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 10 Аддитивные технологии в радиоэлектронике: 3D-печать устройств СВЧ             | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 11 ИИ-алгоритмы для многокритериального синтеза пассивных СВЧ-устройств          | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                                                                  |                         | Тестирование    | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 12 Искусственный интеллект в радиочастотной инженерии: новый инструментарий      | ОПК-4, ПК-5, УК-4, УК-5 | 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

- В каком частотном диапазоне работают системы, использующие миллиметровые волны?
  - 300 МГц–3 ГГц
  - 3 ГГц–30 ГГц
  - 30 ГГц–300 ГГц
  - 300 ГГц–3 ТГц
- Какое ключевое преимущество фотонных интегральных схем (ФИС) перед традиционными электронными схемами?
  - Более низкая стоимость производства
  - Меньшее энергопотребление и более высокая скорость передачи данных
  - Устойчивость к электромагнитным помехам
  - Простота интеграции с механическими компонентами
- Что лежит в основе работы квантовых коммуникационных систем?
  - Эффект сверхпроводимости
  - Квантовая запутанность и принцип неопределённости
  - Явление фотоэлектрического эффекта
  - Эффект Доплера
- Что такое цифровой двойник радиоэлектронного устройства?
  - Его точная физическая копия
  - Виртуальная модель, воспроизводящая поведение реального устройства в реальном времени
  - Программа для моделирования отдельных компонентов
  - База данных с техническими характеристиками
- Какую функцию выполняют интеллектуальные отражающие поверхности (RIS)?
  - Генерируют радиосигналы
  - Активно усиливают сигнал
  - Динамически изменяют фазу и амплитуду отражённого сигнала для оптимизации покрытия
  - Преобразуют радиочастотную энергию в электрическую
- Какой фактор является ключевым для роста мирового рынка микроэлектроники в ближайшие 5 лет?
  - Снижение спроса на потребительскую электронику
  - Развитие 5G/6G, IoT и искусственного интеллекта
  - Сокращение инвестиций в НИОКР
  - Стабилизация цен на кремний
- Какое преимущество СВЧ-микроэлектроники перед традиционной электроникой?
  - Возможность работы на высоких частотах и обеспечение широкой полосы пропускания
  - Более низкая рабочая температура
  - Меньшая чувствительность к радиации
  - Упрощённая технология производства
- Какой широкополосный полупроводниковый материал обладает высокой подвижностью электронов и используется в СВЧ-транзисторах?
  - Кремний (Si)
  - Арсенид галлия (GaAs)
  - Германий (Ge)
  - Оксид цинка (ZnO)
- Какое основное преимущество аддитивных технологий (3D-печати) в радиоэлектронике?
  - Полное отсутствие необходимости в постобработке
  - Возможность создания сложных трёхмерных структур и интегральных компонентов

- в. Более высокая прочность по сравнению с литьём
  - г. Низкая стоимость материалов
10. Что обеспечивают высотные платформы (HAPS) в спутниковых сетях?
    - а. Замену геостационарных спутников
    - б. Локальное покрытие и ретрансляцию сигнала в труднодоступных районах
    - в. Прямую связь с подводными объектами
    - г. Работу исключительно в миллиметровом диапазоне
  11. Какую задачу решают ИИ-алгоритмы при многокритериальном синтезе СВЧ-устройств?
    - а. Автоматическое создание чертежей корпуса
    - б. Оптимизацию параметров (размер, КПД, полоса пропускания) с учётом множества противоречивых требований
    - в. Прогнозирование срока службы компонентов
    - г. Расчёт стоимости производства
  12. Как ИИ применяется в радиочастотной инженерии для диагностики неисправностей?
    - а. Путём визуального осмотра компонентов
    - б. С помощью анализа паттернов сигналов и выявления аномалий
    - в. Через замену всех аналоговых компонентов на цифровые
    - г. Автоматическим изменением рабочей частоты
  13. Какой терагерцовый диапазон (ТГц) наиболее перспективен для систем связи следующего поколения?
    - а. 0,1–1 ТГц
    - б. 0,3–3 ТГц
    - в. 10–100 ТГц
    - г. 100–1000 ТГц
  14. Что является основным ограничением при использовании терагерцового спектра для связи на большие расстояния?
    - а. Высокая стоимость оборудования
    - б. Сильное поглощение атмосферными газами (водяным паром, кислородом)
    - в. Низкая скорость передачи данных
    - г. Несовместимость с существующими стандартами
  15. Какая технология позволяет динамически изменять электромагнитные свойства материала для управления радиоволнами?
    - а. Нанолитография
    - б. Программируемые метаматериалы
    - в. Электрохимическое осаждение
    - г. Лазерная абляция

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Освоение миллиметровых волн: преимущества, ограничения и перспективы применения в системах связи 5G/6G.
2. Фотонные интегральные схемы: структура, компоненты и роль в развитии оптических коммуникаций.
3. Квантовые технологии в приборостроении: основные направления и примеры действующих прототипов.
4. Концепция цифровых двойников: определение, архитектура и применение в радиоэлектронике.
5. Интеллектуальные отражающие поверхности: принцип работы, архитектура и потенциальные сценарии использования.
6. Анализ текущего состояния и прогнозов развития мирового рынка микроэлектроники.
7. СВЧ- и оптическая микроэлектроника: ключевые инновации и их влияние на развитие телекоммуникаций.
8. Широкополосные полупроводниковые материалы: сравнительная характеристика GaN и GaAs, области применения.
9. Аддитивные технологии в радиоэлектронике: возможности 3D-печати СВЧ-устройств и её преимущества перед традиционными методами.
10. Спутниковые сети и высотные платформы: архитектура, технологии и роль в обеспечении

глобального покрытия.

### 9.1.3. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Миллиметровые волны и терагерцовый спектр: физические особенности диапазонов, технические вызовы и перспективные приложения.
2. Эволюция фотонных интегральных схем: от дискретных компонентов к комплексной интеграции, примеры реализации.
3. Квантовые технологии: принципы квантовой коммуникации, квантовые сенсоры и прототипы квантовых компьютеров.
4. Цифровые двойники радиоэлектронных систем: методология создания, этапы внедрения и примеры успешного применения в промышленности.
5. Интеллектуальные отражающие поверхности и программируемые метаматериалы: физические принципы, архитектура, сценарии развёртывания в сетях 5G/6G.
6. Мировой рынок микроэлектроники: анализ ключевых игроков, стратегических альянсов и геополитических факторов влияния.
7. СВЧ- и оптическая микроэлектроника: синергия технологий, новые материалы и компоненты, перспективы интеграции.
8. Широкополосные полупроводниковые материалы (GaN, GaAs): физико-химические свойства, технологические особенности производства и применение в СВЧ-электронике.
9. Аддитивные технологии в радиоэлектронике: методы 3D-печати, материалы для СВЧ-устройств, примеры прототипов и серийных изделий.
10. Спутниковые сети и высотные платформы (HAPS): архитектура систем, стандарты связи, сценарии глобального покрытия и экономические аспекты.
11. ИИ-алгоритмы для многокритериального синтеза пассивных СВЧ-устройств: методы оптимизации, примеры задач и результаты внедрения.
12. Искусственный интеллект в радиочастотной инженерии: инструменты машинного обучения для проектирования антенн, фильтров и других компонентов, примеры успешных кейсов.

### 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 2025 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:

|                                                                                                                                            |             |                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------|
| Доцент, каф. СВЧиКР                                                                                                                        | Е. Жечев    | Согласовано,<br>965eaa31-3663-4771-<br>9257-b32c8d7ceb1c |
| 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 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                    |               |                                                          |
|--------------------|---------------|----------------------------------------------------------|
| Профессор, каф. ТУ | Р.С. Суровцев | Разработано,<br>f62e14b8-29e1-4d14-<br>b2c7-477770f462ec |
|--------------------|---------------|----------------------------------------------------------|