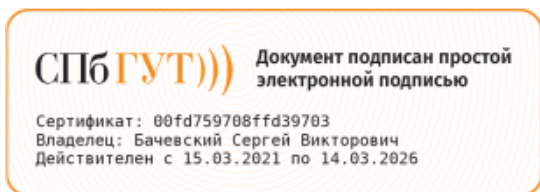


**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ,  
СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»  
(СПбГУТ)**

Кафедра \_\_\_\_\_ Радиосистем и обработки сигналов \_\_\_\_\_  
(полное наименование кафедры)



Регистрационный № 21.04/333-Д

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Техническая электродинамика  
(наименование дисциплины)

образовательная программа высшего образования

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(код и наименование направления подготовки / специальности)

бакалавр  
(квалификация)

Цифровое телерадиовещание  
(направленность / профиль образовательной программы)

очная форма, заочная форма  
(форма обучения)

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины составлена на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности) подготовки «11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи», утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 № 930, и в соответствии с рабочим учебным планом, утвержденным ректором университета.

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Техническая электродинамика» является: изучение основных законов теории электромагнитного поля, способов решения системы уравнений Максвелла, исследование явлений, возникающих при распространении электромагнитных волн в свободном пространстве и различных направляющих системах и развитие у студентов качественно нового знания об окружающем мире, позволяющего понимать природу происходящих электромагнитных явлений и давать им объективную оценку.

Эта цель достигается путем решения следующих(ей) задач(и):

изучения основных законов электромагнитного поля и анализа особенностей распространения радиоволн в свободном пространстве, в направляющих системах и СВЧ и оптического диапазона волн

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Техническая электродинамика» Б1.В.16 является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 учебного плана подготовки бакалавриата по направлению «11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Изучение дисциплины «Техническая электродинамика» опирается на знания дисциплин(ы) «Высшая математика»; «Физика».

## 3. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 1

| № п/п | Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | ОПК-1           | Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности                                                                                                                                                   |
| 2     | ОПК-2           | Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных                                                                                                                                 |
| 3     | ПК-3            | Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований |

### Индикаторы достижения компетенций

Таблица 2

|         |                                                                                                                                       |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1.1 | Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации |
| ОПК-1.2 | Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера                    |

|         |                                                                                                                                                                                                                               |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1.3 | Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач                                                                                                                                      |
| ОПК-2.1 | Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи                                                                                                                                      |
| ОПК-2.2 | Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки                                                                                                                   |
| ОПК-2.3 | Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение                                                                                                               |
| ОПК-2.4 | Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач                                                                                                                                                                      |
| ОПК-2.5 | Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации                                                                                                             |
| ОПК-2.6 | Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования                                                                                                                                        |
| ОПК-2.7 | Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений                                                                                                                      |
| ПК-3.1  | Знает основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования |
| ПК-3.2  | Умеет работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих                                                                                                |
| ПК-3.3  | Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг                                                  |

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

##### Очная форма обучения

Таблица 3

| Вид учебной работы                                                                                                                                            |       | Всего часов | Семестры |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|----------|
|                                                                                                                                                               |       |             | 5        |
| Общая трудоемкость                                                                                                                                            | 4 ЗЕТ | 144         | 144      |
| Контактная работа с обучающимися                                                                                                                              |       | 52.35       | 52.35    |
| в том числе:                                                                                                                                                  |       |             |          |
| Лекции                                                                                                                                                        |       | 20          | 20       |
| Практические занятия (ПЗ)                                                                                                                                     |       | 16          | 16       |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                                                                                                      |       | 14          | 14       |
| Защита контрольной работы                                                                                                                                     |       |             | -        |
| Защита курсовой работы                                                                                                                                        |       |             | -        |
| Защита курсового проекта                                                                                                                                      |       |             | -        |
| Промежуточная аттестация                                                                                                                                      |       | 2.35        | 2.35     |
| Самостоятельная работа обучающихся (СРС)                                                                                                                      |       | 58          | 58       |
| в том числе:                                                                                                                                                  |       |             |          |
| Курсовая работа                                                                                                                                               |       |             | -        |
| Курсовой проект                                                                                                                                               |       |             | -        |
| И / или другие виды самостоятельной работы: подготовка к лабораторным работам, практическим занятиям, контрольным работам, изучение теоретического материала. |       | 58          | 58       |
| Подготовка к промежуточной аттестации                                                                                                                         |       | 33.65       | 33.65    |
| Вид промежуточной аттестации                                                                                                                                  |       |             | Экзамен  |

## Заочная форма обучения

Таблица 4

| Вид учебной работы                                                                                                                                            |       | Всего часов | Семестры |      |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|----------|------|---------|
|                                                                                                                                                               |       |             | ус5      | 5    | 6       |
| Общая трудоемкость                                                                                                                                            | 4 ЗЕТ | 144         | 6        | 59   | 79      |
| <b>Контактная работа с обучающимися</b>                                                                                                                       |       | 12.65       | 6        | 4.3  | 2.35    |
| в том числе:                                                                                                                                                  |       |             |          |      |         |
| Лекции                                                                                                                                                        |       | 4           | 4        | -    | -       |
| Практические занятия (ПЗ)                                                                                                                                     |       | 4           | -        | 4    | -       |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                                                                                                      |       | 2           | 2        | -    | -       |
| Защита контрольной работы                                                                                                                                     |       | 0.3         | -        | 0.3  | -       |
| Защита курсовой работы                                                                                                                                        |       |             | -        | -    | -       |
| Защита курсового проекта                                                                                                                                      |       |             | -        | -    | -       |
| Промежуточная аттестация                                                                                                                                      |       | 2.35        | -        | -    | 2.35    |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся (СРС)</b>                                                                                                               |       | 122.35      | -        | 54.7 | 67.65   |
| в том числе:                                                                                                                                                  |       |             |          |      |         |
| Курсовая работа                                                                                                                                               |       |             | -        | -    | -       |
| Курсовой проект                                                                                                                                               |       |             | -        | -    | -       |
| И / или другие виды самостоятельной работы: подготовка к лабораторным работам, практическим занятиям, контрольным работам, изучение теоретического материала. |       | 122.35      | -        | 54.7 | 67.65   |
| Подготовка к промежуточной аттестации                                                                                                                         |       | 9           | -        | -    | 9       |
| <b>Вид промежуточной аттестации</b>                                                                                                                           |       |             | -        | -    | Экзамен |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов дисциплины.

Таблица 5

| № п/п | Наименование раздела (темы) дисциплины                                          | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | № семестра |              |         |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|---------|
|       |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | очная      | очно-заочная | заочная |
| 1     | Раздел 1.<br>Введение. Источники и векторы электромагнитного поля               | Место и назначение дисциплины. Векторы электромагнитного поля. Свободные и связанные заряды. Токи проводимости и переноса. Плотности заряда и тока. Электромагнитные параметры среды. Классификация сред.                                                                                                                                                                                                             | 5          |              | 5       |
| 2     | Раздел 2.<br>Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергетический баланс ЭМП. | Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Закон сохранения заряда и уравнение непрерывности. Сторонние источники. Монохроматическое ЭМП. Комплексная диэлектрическая проницаемость среды. Граничные условия для касательных и нормальных составляющих векторов электромагнитного поля для общего случая и на идеально проводящей поверхности. Энергетический баланс ЭМП. Теорема Умова-Пойнтинга. | 5          |              | 5       |

|   |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |  |   |
|---|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|---|
| 3 | Раздел 3.<br>Методы решения уравнений Максвелла           | Однородная и неоднородная система уравнений Максвелла. Однородное и неоднородное волновое уравнение. Единственность решения. Скалярный и векторный потенциал. Внутренняя и внешняя задача. Функция Грина.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5 |  | 5 |
| 4 | Раздел 4.<br>Излучение электромагнитных волн (ЭМВ).       | Элементарные излучатели. Диполь Герца, его ЭМП в ближней и дальней зонах. Волновой характер решения. Диаграмма направленности. Мощность и сопротивление излучения.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 5 |  | 5 |
| 5 | Раздел 5.<br>Плоские волны в однородной изотропной среде. | Понятие о локально плоской волне. Декартова система координат для ее описания. Плоская волна в среде с потерями. Коэффициент затухания и распространения. Плоская волна в реальном диэлектрике и проводнике. Приближенное граничное условие Леонтовича-Щукина. Поверхностный эффект. Поляризация плоских волн. Наложение плоских волн. Коэффициент отражения, коэффициент бегущей и стоячей волны. Плоская волна в произвольной системе координат. Волновой вектор.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 5 |  | 5 |
| 6 | Раздел 6.<br>Волновые явления на границе раздела сред.    | Законы Снеллиуса. Коэффициенты отражения и прохождения. Явление полного внутреннего отражения и его практическое использование. Коэффициенты Френеля для различных поляризаций волны. Угол Брюстера                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 5 |  | 5 |
| 7 | Раздел 7.<br>Направляющие системы и направляемые волны.   | Типы направляющих систем и направляемых волн. Волны классов Т, Е и Н. Структура и свойства ЭМП в волноводах. Критическая частота. Режимы полей в волноводах. Фазовая и групповая скорости. Прямоугольные волноводы. Решение волновых уравнений для продольных составляющих полей классов Е и Н. Передаваемая мощность и затухание основной волны. Элементы возбуждения, выбор размеров поперечного сечения, структура полей высших типов. Круглый волновод, структура полей, применение ряда волн в технике связи. Коаксиальный волновод, структура поля волны класса Т, условие одноволнового режима, волновое сопротивление, использование в технике связи. Полосковые линии, структура поля, выбор поперечных размеров. Микрополосковые линии. Линии передачи оптического диапазона – световоды. Затухание волн в световодах. Дисперсионные искажения. | 5 |  | 5 |

|   |                                  |                                                                                                                                                                                                                                     |   |  |   |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|---|
| 8 | Раздел 8.<br>Объемные резонаторы | Волноводные резонаторы. Стоячая волна в волноводе и ее структура. Коаксиальный и полосковый резонаторы с укорачивающей емкостью. Возбуждение резонаторов. Частотная характеристика, нагруженная, собственная и внешняя добротности. | 5 |  | 5 |
|---|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|---|

5.2. Междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами.

Таблица 6

| №<br>п/п | Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин     |
|----------|---------------------------------------------------------|
| 1        | Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства |

5.3. Разделы дисциплин и виды занятий.

Очная форма обучения

Таблица 7

| №<br>п/п | Наименование раздела (темы)<br>дисциплин                                        | Лек-<br>ции | Практ.<br>занятия | Лаб.<br>занятия | Семи-<br>нары | СРС | Всего<br>часов |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|-----------------|---------------|-----|----------------|
| 1        | Раздел 1.<br>Введение. Источники и векторы электромагнитного поля               | 1           | 2                 |                 |               | 3   | 6              |
| 2        | Раздел 2.<br>Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергетический баланс ЭМП. | 1           |                   |                 |               | 1   | 2              |
| 3        | Раздел 3.<br>Методы решения уравнений Максвелла                                 | 1           |                   |                 |               | 3   | 4              |
| 4        | Раздел 4.<br>Излучение электромагнитных волн (ЭМВ).                             | 3           | 2                 | 2               |               | 5   | 12             |
| 5        | Раздел 5.<br>Плоские волны в однородной изотропной среде.                       | 3           | 2                 |                 |               | 12  | 17             |
| 6        | Раздел 6.<br>Волновые явления на границе раздела сред.                          | 4           | 2                 |                 |               | 12  | 18             |
| 7        | Раздел 7.<br>Направляющие системы и направляемые волны.                         | 5           | 6                 | 10              |               | 18  | 39             |
| 8        | Раздел 8.<br>Объемные резонаторы                                                | 2           | 2                 | 2               |               | 4   | 10             |
| Итого:   |                                                                                 | 20          | 16                | 14              | -             | 58  | 108            |

Заочная форма обучения

Таблица 8

| №<br>п/п | Наименование раздела (темы)<br>дисциплин                                        | Лек-<br>ции | Практ.<br>занятия | Лаб.<br>занятия | Семи-<br>нары | СРС | Всего<br>часов |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|-----------------|---------------|-----|----------------|
| 1        | Раздел 1.<br>Введение. Источники и векторы электромагнитного поля               | 0.5         | 0.5               |                 |               | 6   | 7              |
| 2        | Раздел 2.<br>Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергетический баланс ЭМП. | 0.5         |                   |                 |               | 2   | 2.5            |

|        |                                                           |     |     |     |   |        |        |
|--------|-----------------------------------------------------------|-----|-----|-----|---|--------|--------|
| 3      | Раздел 3.<br>Методы решения уравнений Максвелла           | 0.5 |     |     |   | 4      | 4.5    |
| 4      | Раздел 4.<br>Излучение электромагнитных волн (ЭМВ).       | 0.5 | 0.5 |     |   | 8      | 9      |
| 5      | Раздел 5.<br>Плоские волны в однородной изотропной среде. | 0.5 | 0.5 |     |   | 17     | 18     |
| 6      | Раздел 6.<br>Волновые явления на границе раздела сред.    | 0.5 | 0.5 |     |   | 17.7   | 18.7   |
| 7      | Раздел 7.<br>Направляющие системы и направляемые волны.   | 0.5 | 1.5 | 1.5 |   | 51.65  | 55.15  |
| 8      | Раздел 8.<br>Объемные резонаторы                          | 0.5 | 0.5 | 0.5 |   | 16     | 17.5   |
| Итого: |                                                           | 4   | 4   | 2   | - | 122.35 | 132.35 |

## 6. Лабораторный практикум

Очная форма обучения

Таблица 9

| № п/п  | Номер раздела (темы) | Наименование лабораторной работы                                            | Всего часов |
|--------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1      | 4                    | Исследование электромагнитного поля элементарного электрического излучателя | 2           |
| 2      | 7                    | Исследование электромагнитного поля в прямоугольном волноводе               | 2           |
| 3      | 7                    | Исследование электромагнитного поля в волноводе круглого сечения            | 2           |
| 4      | 7                    | Исследование электромагнитного поля в линиях передачи с волнами класса Т.   | 2           |
| 5      | 7                    | Исследование мостовых устройств СВЧ                                         | 2           |
| 6      | 7                    | Исследование направленных ответвителей                                      | 2           |
| 7      | 8                    | Измерение добротности объемного резонатора                                  | 2           |
| Итого: |                      |                                                                             | 14          |

Заочная форма обучения

Таблица 10

| № п/п  | Номер раздела (темы) | Наименование лабораторной работы                                          | Всего часов |
|--------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1      | 7                    | Исследование электромагнитного поля в прямоугольном волноводе             | 1           |
| 2      | 7                    | Исследование электромагнитного поля в линиях передачи с волнами класса Т. | 0.5         |
| 3      | 8                    | Измерение добротности объемного резонатора                                | 0.5         |
| Итого: |                      |                                                                           | 2           |

## 7. Практические занятия (семинары)

Очная форма обучения

Таблица 11



| № п/п  | Номер раздела (темы) | Наименование практических занятий (семинаров)                                                                                                                                                     | Всего часов |
|--------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1      | 1                    | Источники и векторы электромагнитного поля. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Монохроматическое поле. Энергетический баланс.                                | 2           |
| 2      | 4                    | Излучение электромагнитных волн, Мощность излучения. Сопротивление излучения.                                                                                                                     | 2           |
| 3      | 5                    | Плоская волна в среде с потерями. Поляризация плоской волны. Отражение плоской волны от неоднородностей. Коэффициент отражения. Коэффициент бегущей и стоячей волны.                              | 2           |
| 4      | 6                    | Отражение плоской волны от границы раздела двух диэлектриков. Зависимость коэффициента отражения от угла падения. Угол Брюстера. Структура поля при полном внутреннем отражении.                  | 2           |
| 5      | 7                    | Одноволновый режим в различных волноводах. Зависимость коэффициента затухания основной волны в одноволновой области. Размеры области, занимаемой волной высшего типа в окрестности неоднородности | 2           |
| 6      | 7                    | Структуры поля волн в волноводах и их практическое использование                                                                                                                                  | 2           |
| 7      | 7                    | Волны в световодах. Сравнение счетоводов и волноводов СВЧ диапазона по коэффициенту затухания. Оценка дисперсионных искажений по уширению импульса.                                               | 2           |
| 8      | 8                    | Анализ процессов в резонаторе (на примере резонатора на прямоугольном волноводе с колебанием H <sub>101</sub> ).                                                                                  | 2           |
| Итого: |                      |                                                                                                                                                                                                   | 16          |

### Заочная форма обучения

Таблица 12

| № п/п  | Номер раздела (темы) | Наименование практических занятий (семинаров)                                                                                                                                                     | Всего часов |
|--------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1      | 1                    | Источники и векторы электромагнитного поля. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Монохроматическое поле. Энергетический баланс.                                | 0.5         |
| 2      | 4                    | Излучение электромагнитных волн, Мощность излучения. Сопротивление излучения.                                                                                                                     | 0.5         |
| 3      | 5                    | Плоская волна в среде с потерями. Поляризация плоской волны. Отражение плоской волны от неоднородностей. Коэффициент отражения. Коэффициент бегущей и стоячей волны.                              | 0.5         |
| 4      | 6                    | Отражение плоской волны от границы раздела двух диэлектриков. Зависимость коэффициента отражения от угла падения. Угол Брюстера. Структура поля при полном внутреннем отражении.                  | 0.5         |
| 5      | 7                    | Одноволновый режим в различных волноводах. Зависимость коэффициента затухания основной волны в одноволновой области. Размеры области, занимаемой волной высшего типа в окрестности неоднородности | 0.5         |
| 6      | 7                    | Структуры поля волн в волноводах и их практическое использование                                                                                                                                  | 0.5         |
| 7      | 7                    | Волны в световодах. Сравнение счетоводов и волноводов СВЧ диапазона по коэффициенту затухания. Оценка дисперсионных искажений по уширению импульса.                                               | 0.5         |
| 8      | 8                    | Анализ процессов в резонаторе (на примере резонатора на прямоугольном волноводе с колебанием H <sub>101</sub> ).                                                                                  | 0.5         |
| Итого: |                      |                                                                                                                                                                                                   | 4           |

## 8. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Рабочим учебным планом не предусмотрено

## 9. Самостоятельная работа

Очная форма обучения

Таблица 13

| № раздела дисциплины | Содержание СРС                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Форма контроля | Всего часов |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|
| 1                    | Основные формулы векторного анализа, используемые в дисциплине. Декартова, цилиндрическая и сферическая система координат. Графическое изображение полей. Вихревое и потенциальное поле.                                                                                                                                                                                               | коллоквиум.    | 2           |
| 1                    | Материальные уравнения. Анизотропия среды. Нелинейные свойства среды.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | коллоквиум.    | 1           |
| 2                    | Источники и векторы электромагнитного поля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | коллоквиум.    | 1           |
| 3                    | Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергетический баланс ЭМП..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | коллоквиум.    | 3           |
| 4                    | Неоднородные и однородные волновые уравнения. Физический смысл функции Грина. Единственность решения. Условие Зоммерфельда.                                                                                                                                                                                                                                                            | коллоквиум.    | 2           |
| 4                    | Элементарный электрический и магнитный излучатели. Примеры практической реализации. Сравнение по сопротивлению излучения. Щелевой излучатель. Элемент Гюйгенса                                                                                                                                                                                                                         | коллоквиум     | 3           |
| 5                    | Плоские волны в изотропной среде. Случай реального диэлектрика и реального проводника. Фазовый сдвиг между векторами электрического и магнитного поля. Основы теории скин эффекта.                                                                                                                                                                                                     | коллоквиум.    | 5           |
| 5                    | Поляризация плоских волн. Связь линейной и круговой поляризации.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | коллоквиум.    | 3           |
| 5                    | Отражение плоских волн от неоднородности. Распределение поля в продольном направлении и возможности его регистрации. Возможность оценки когерентности поля излучения                                                                                                                                                                                                                   | коллоквиум.    | 4           |
| 6                    | Волновые явления на границе раздела сред. Влияние параметров сред на вид зависимости коэффициента отражения от угла падения. Примеры практического использования эффектов полного прохождения через границу раздела и полного внутреннего отражения. Структура поля при полном внутреннем отражении. Характер поля в направлении нормали к границе раздела и в продольном направлении. | коллоквиум.    | 4           |
| 6                    | Волновые явления на границе с идеальным проводником. Анализ структуры поля.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | коллоквиум.    | 4           |
| 6                    | Волновые явления на границе с неидеальным проводником. Приближенные граничные условия Леонтовича – Щукина                                                                                                                                                                                                                                                                              | коллоквиум.    | 4           |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|
| 7      | 1.Направляющие системы и направляемые волны. Классификация волн на примере планарного волновода (концепция Бриллюэна). Критические длины волн, Основная волна. Одноволновый режим. Фазовая скорость, скорость переноса энергии. Волновой пакет. Групповая скорость  | коллоквиум. | 6  |
| 7      | 2.Волны в волноводах. Характеристические и волновые сопротивления. Неоднородности в волноводах и их эквивалентные схемы. Устройства возбуждения волн в волноводах. Симметричная полосковая линия, микрополосковая линия, связанные полосковые линии, шелевая линия. | коллоквиум. | 6  |
| 7      | 3.Волны в световодах. Потери на различных длинах волн. Дисперсионные искажения в световодах. Связанные волны в световодах. Примеры практического использования                                                                                                      | коллоквиум. | 6  |
| 8      | Объемные резонаторы. Анализ процессов в резонаторе. Обмен энергией между электрическим и магнитным полем. Энергетическое определение добротности резонатора. Вынужденные и собственные колебания                                                                    | коллоквиум. | 4  |
| Итого: |                                                                                                                                                                                                                                                                     |             | 58 |

### Заочная форма обучения

Таблица 14

| № раздела дисциплины | Содержание СРС                                                                                                                                                                           | Форма контроля | Всего часов |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|
| 1                    | Основные формулы векторного анализа, используемые в дисциплине. Декартова, цилиндрическая и сферическая система координат. Графическое изображение полей. Вихревое и потенциальное поле. | коллоквиум.    | 3           |
| 1                    | Материальные уравнения. Анизотропия среды. Нелинейные свойства среды.                                                                                                                    | коллоквиум.    | 3           |
| 2                    | Источники и векторы электромагнитного поля                                                                                                                                               | коллоквиум.    | 2           |
| 3                    | Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергетический баланс ЭМП..                                                                                                                      | коллоквиум.    | 4           |
| 4                    | Неоднородные и однородные волновые уравнения. Физический смысл функции Грина. Единственность решения. Условие Зоммерфельда.                                                              | коллоквиум.    | 3           |
| 4                    | Элементарный электрический и магнитный излучатели. Примеры практической реализации. Сравнение по сопротивлению излучения. Щелевой излучатель. Элемент Гюйгенса                           | коллоквиум     | 5           |
| 5                    | Плоские волны в изотропной среде. Случай реального диэлектрика и реального проводника. Фазовый сдвиг между векторами электрического и магнитного поля. Основы теории скин эффекта.       | коллоквиум.    | 5           |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|
| 5      | Поляризация плоских волн. Связь линейной и круговой поляризации.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | коллоквиум. | 5      |
| 5      | Отражение плоских волн от неоднородности. Распределение поля в продольном направлении и возможности его регистрации. Возможность оценки когерентности поля излучения                                                                                                                                                                                                                   | коллоквиум. | 7      |
| 6      | Волновые явления на границе раздела сред. Влияние параметров сред на вид зависимости коэффициента отражения от угла падения. Примеры практического использования эффектов полного прохождения через границу раздела и полного внутреннего отражения. Структура поля при полном внутреннем отражении. Характер поля в направлении нормали к границе раздела и в продольном направлении. | коллоквиум. | 7      |
| 6      | Волновые явления на границе с идеальным проводником. Анализ структуры поля.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | коллоквиум. | 7      |
| 6      | Волновые явления на границе с неидеальным проводником. Приближенные граничные условия Леонтовича - Щукина                                                                                                                                                                                                                                                                              | коллоквиум. | 3.7    |
| 7      | 1.Направляющие системы и направляемые волны. Классификация волн на примере планарного волновода (концепция Бриллюэна). Критические длины волн, Основная волна. Одноволновый режим. Фазовая скорость, скорость переноса энергии. Волновой пакет. Групповая скорость                                                                                                                     | коллоквиум. | 16     |
| 7      | 2.Волны в волноводах. Характеристические и волновые сопротивления. Неоднородности в волноводах и их эквивалентные схемы. Устройства возбуждения волн в волноводах. Симметричная полосковая линия, микрополосковая линия, связанные полосковые линии, шелевая линия.                                                                                                                    | коллоквиум. | 19.65  |
| 7      | 3.Волны в световодах. Потери на различных длинах волн. Дисперсионные искажения в световодах. Связанные волны в световодах. Примеры практического использования                                                                                                                                                                                                                         | коллоквиум. | 16     |
| 8      | Объемные резонаторы. Анализ процессов в резонаторе. Обмен энергией между электрическим и магнитным полем. Энергетическое определение добротности резонатора. Вынужденные и собственные колебания                                                                                                                                                                                       | коллоквиум. | 16     |
| Итого: |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             | 122.35 |

## 10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для самостоятельной работы по дисциплине рекомендовано следующее учебно-методическое обеспечение:

- Положение о самостоятельной работе студентов в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича;

- рекомендованная основная и дополнительная литература;
- конспект занятий по дисциплине;
- слайды-презентации и другой методический материал, используемый на занятиях;
- методические рекомендации по подготовке письменных работ, требования к их содержанию и оформлению (реферат, эссе, контрольная работа) ;
- фонды оценочных средств;
- методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов;

## **11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Фонд оценочных средств разрабатывается в соответствии с локальным актом университета "Положение о фонде оценочных средств" и является приложением (Приложение А) к рабочей программе дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для каждого результата обучения по дисциплине определяются показатели и критерии оценки сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

## **12. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **12.1. Основная литература:**

#### **1. Петров, Б. М.**

Электродинамика и распространение радиоволн : учебник для вузов / Б. М. Петров. - 2-е изд., испр. - М. : Горячая линия-Телеком, 2007. - 558 с. : ил. - (Специальность). - Библиогр.: с. 547-550. - ISBN 5-93517-073-6 : 308.88 р., 205.92 р., 430.00 р., 400.00 р. - Текст : непосредственный. Прил.: с. 539-546

#### **2. Фальковский, Олег Исаакович.**

Техническая электродинамика : учебник / О. И. Фальковский. - 2-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2009. - 431 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 423-424. - ISBN 978-5-8114-0980-8 : 566.92 р. - Текст : непосредственный. Прил. : с. 415-422

## 12.2. Дополнительная литература:

1. Пименов, Юрий Вадимович.  
Техническая электродинамика : учебное пособие для вузов / Ю. В. Пименов, В. И. Вольман, А. Д. Муравцов ; ред. Ю. В. Пименов. - М. : Радио и связь, 2002. - 536 с. : ил. - ISBN 5-256-01287-8 : 154.00 р. - Текст : непосредственный.
2. Электромагнитные поля и волны : метод. указ. к лаб. работам / М-во Рос. Федерации по связи и информатизации, С.-Петерб. гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича; ред. О. И. Фальковский. - СПб. : СПбГУТ, 2000 - . Ч. 2 / сост. О. И. Фальковский [и др.]. - 2002. - 59 с. : ил. - Библиогр.: с. 58. - (в обл.) : 14.19 р.
3. Электромагнитные поля и волны : методические указания к лабораторным работам / Т. Г. Булушева [и др.] ; рец. Е. И. Бочаров ; Федеральное агентство связи, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича". - СПб. : СПбГУТ. Ч. 1. - 2012. - 34 с. - ). - 60.02 р.
4. Романова, В. И.  
Электромагнитные поля и волны : сборник задач / В. И. Романова, С. Л. Романов ; рец. В. Н. Жемчугов ; Федеральное агентство связи, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича". - СПб. : СПбГУТ, 2012. - 72 с. : ил. - 44.03 р. - Текст : непосредственный.
5. Трещинская, Галина Ивановна.  
Техническая электродинамика : [Электронный ресурс] : методические указания и контрольные задания / Г. И. Трещинская, Т. П. Казанцева ; рец. Е. И. Бочаров ; Федеральное агентство связи, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича". - СПб. : СПбГУТ, 2013. - 10 с. - 11.51 р.
6. Милютин, Евгений Рафаилович. Техническая электродинамика : учебное пособие / Е. Р. Милютин ; рец.: С. В. Кулаков, Э. В. Гуревич ; Федеральное агентство связи, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича". - СПб. : СПбГУТ. Ч. 1. - 2014. - 220 с. : ил. - ISBN 978-5-89160-115-4 : 1361.06 р. Есть автограф: Экз. 876488 : Милютин, Евгений Рафаилович
7. Неганов В. А. Устройства СВЧ и антенны : учебник / В. А. Неганов, Д. С. Клюев, Д. П. Табаков ; ред. В. А. Неганов. - Стер. изд. - М. : ЛЕНАНД. - Текст : непосредственный. Ч. 2 : Теория и техника антенн / рец. С. Б. Раевский. - 2016. - 728 с. : ил. - ISBN 978-5-9710-2722-5 : 858.00 р.
8. Неганов В. А. Устройства СВЧ и антенны : учебник / В. А. Неганов, Д. С. Клюев, Д. П. Табаков ; ред. В. А. Неганов. - Стер. изд. - М. : ЛЕНАНД. - Текст : непосредственный. Ч. 1 : Проектирование, конструктивная реализация, примеры применения устройств СВЧ / рец. С. Б. Раевский. - 2017. - 608 с. : ил. - ISBN 978-5-

9710-4320-1 : 780.00 р.

9. Техническая электродинамика : лабораторный практикум / А. В. Косарев [и др.] ; рец. В. М. Устименко ; Федер. агентство связи, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича". - СПб. : СПбГУТ. Ч. 2. - 2017. - 55 с. : ил. - ). - 488.43 р.

### **13. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- [www.sut.ru](http://www.sut.ru)
- [lib.spbgut.ru/jirbis2\\_spbgut](http://lib.spbgut.ru/jirbis2_spbgut)

### **14. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

14.1. Программное обеспечение дисциплины:

- MATLAB v.7.11.0.584 (R2010b)
- Open Office

14.2. Информационно-справочные системы:

- ЭБС iBooks (<https://ibooks.ru>)
- ЭБС Лань (<https://e.lanbook.com/>)
- ЭБС СПбГУТ (<http://lib.spbgut.ru>)

### **15. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

15.1. Планирование и организация времени, необходимого для изучения дисциплины

Важным условием успешного освоения дисциплины «Техническая электродинамика» является создание системы правильной организации труда, позволяющей распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с графиком образовательного процесса. Большую помощь в этом может оказать составление плана работы на семестр, месяц, неделю, день. Его наличие позволит подчинить свободное время целям учебы, трудиться более успешно и эффективно. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Все задания, включая вынесенные на самостоятельную работу, рекомендуется выполнять непосредственно после соответствующего аудиторного занятия (лекции, практического занятия), что способствует лучшему усвоению материала, позволяет своевременно выявить и устранить «пробелы» в знаниях,

систематизировать ранее пройденный материал, на его основе приступить к овладению новыми знаниями и навыками.

Система университетского обучения основывается на рациональном сочетании нескольких видов учебных занятий (в первую очередь, лекций и практических занятий), работа на которых обладает определенной спецификой.

### 15.2. Подготовка к лекциям

Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции, где от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая студенту понять глубинные процессы развития изучаемого предмета, как в истории, так и в настоящее время.

Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

### 15.3. Подготовка к практическим занятиям

Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке пройденного материала (материала лекций, практических занятий), а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

Необходимо понимать, что невозможно во время аудиторных занятий изложить



весь материал из-за лимита аудиторных часов, и при изучении дисциплины недостаточно конспектов занятий. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

#### 15.4. Рекомендации по работе с литературой

Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения. В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет. Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого студент знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам

изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информация может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
- фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;
- готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;
- работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
- пользоваться реферативными и справочными материалами;
- контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;
- обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим студентам;
- пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорами в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);
- использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»
- повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;
- обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);
- использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

#### 15.5. Подготовка к промежуточной аттестации

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

### 16. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Таблица 15

| № п/п | Наименование специализированных аудиторий и лабораторий | Наименование оборудования |
|-------|---------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1     | Лекционная аудитория                                    | Аудио-видео комплекс      |

|    |                                                                                |                                                                     |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 2  | Аудитории для проведения групповых и практических занятий                      | Аудио-видео комплекс                                                |
| 3  | Компьютерный класс                                                             | Персональные компьютеры                                             |
| 4  | Аудитория для курсового и дипломного проектирования                            | Персональные компьютеры                                             |
| 5  | Аудитория для самостоятельной работы                                           | Компьютерная техника                                                |
| 6  | Читальный зал                                                                  | Персональные компьютеры                                             |
| 7  | Лаборатория "Метрология и техническое регулирование"                           | Лабораторные стенды (установки)<br>Контрольно-измерительные приборы |
| 8  | Лаборатория "Регулирование и мониторинг использования радиочастотного ресурса" | Лабораторные стенды (установки)<br>Контрольно-измерительные приборы |
| 9  | Лаборатория антенно-фидерных устройств.                                        | Лабораторные стенды (установки)<br>Контрольно-измерительные приборы |
| 10 | Лаборатория радиорелейных и спутниковых систем                                 | Лабораторные стенды (установки)<br>Контрольно-измерительные приборы |
| 11 | Лаборатория распространения радиоволн                                          | Лабораторные стенды (установки)<br>Контрольно-измерительные приборы |
| 12 | Лаборатория технической электродинамики и устройств СВЧ.                       | Лабораторные стенды (установки)<br>Контрольно-измерительные приборы |
| 13 | Сетей широкополосного доступа                                                  | Лабораторные стенды (установки)<br>Контрольно-измерительные приборы |