

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2025 14:55:10

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73d036e858ca9f20816602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г.Игнатова

«01» сентября 2020 г.

М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Современные системы измерений»

Направление подготовки - 11.04.01 «Радиотехника»

Направленность (профиль) – «Радиолокационные системы дистанционного зондирования  
Земли»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-1 «Способность к проведению научных исследований в области радиотехники, включая постановку задачи исследования, моделирование объектов процессов в целях оптимизации их параметров, проведению экспериментальных исследований и подготовке отчетов и публикаций» сформулирована на основе профессионального стандарта 29.015 «Специалист по конструированию радиоэлектронных средств».**

**Обобщенная трудовая функция D - Разработка радиоэлектронных комплексов и систем.**

**Трудовая функция D/07.7 Проведение аппаратного макетирования и экспериментальных работ по проверке соответствия параметров разрабатываемых радиоэлектронных комплексов и систем заданным требованиям нормативно-технической документации.**

| Подкомпетенции, формируемые в дисциплине                                                                                | Задачи профессиональной деятельности                                                                                          | Индикаторы достижения подкомпетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1.ССИ<br>Способен к разработке программ экспериментальных исследований с использованием современных систем измерений | разработка программ экспериментальных исследований, ее реализация, включая выбор технических средств и обработку результатов; | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- понятия теоретической метрологии;</li><li>- положения системы стандартизации и сертификации, системы обеспечения единства измерений, место и роль измерений в системах качества;</li><li>- основные принципы и методы радиоизмерений, включая измерения параметров радиотехнических сигналов, измерения интенсивности электромагнитного излучения радиодиапазона, измерения параметров антенно-фидерных и приёмо-передающих устройств.</li></ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы.</li><li>- организовывать и проводить экспериментальные исследования с применением современных средств и методов;</li><li>- разрабатывать методики испытаний РИНС с применением современных аппаратно-программных комплексов;</li><li>- проводить физическое и математическое моделирование РИНС с применением аппаратно-программных комплексов;</li><li>- изучать и применять стандарты и нормативные технические документы систем измерений, испытаний, сертификации устройств, узлов, радиоэлектронных систем;</li><li>- разрабатывать и применять разработки с целью получения новых научных знаний.</li></ul> <p>Имеет опыт деятельности</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- по разработке методик выполнения измерений при разработке, производстве, испытаниях радиоэлектронных систем</li></ul> |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Современные системы измерений» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине – необходимы компетенции в области электротехники, электроники, аналоговой техники, теории вероятностей и статистики.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Курс | Семестр | Общая трудоёмкость (ЗЕ) | Общая трудоёмкость (часы) | Контактная работа |                            |                             | Самостоятельная работа (часы) | Промежуточная аттестация |
|------|---------|-------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
|      |         |                         |                           | Лекции (часы)     | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) |                               |                          |
| 2    | 3       | 3                       | 108                       | 16                | -                          | 32                          | 24                            | Экз(36)                  |

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № и наименование модуля                                            | Контактная работа |                            |                             | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                    | Лекции(часы)      | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) |                        |                                                                                                |
| 1.Методы и средства измерений параметров сигналов.                 | 4                 | -                          | 8                           | 4                      | Контроль выполнения практических заданий по тематике модуля<br>Ответы на теоретические вопросы |
| 2. Измерения частотных характеристик систем.                       | 4                 | -                          | 8                           | 7                      | Контроль выполнения практических заданий по тематике модуля<br>Ответы на теоретические вопросы |
| 3. Измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем. | 4                 | -                          | 8                           | 6                      | Контроль выполнения практических заданий по тематике модуля<br>Ответы на теоретические вопросы |

|                                                                                    |   |   |   |   |                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. Измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве. | 4 | - | 8 | 7 | Контроль выполнения практических заданий по тематике модуля<br>Ответы на теоретические вопросы |
|------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4.1. Лекционные занятия

| № модуля дисциплины | № лекции | Объем занятий (часы) | Краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|----------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | 1        | 2                    | Сигналы. Осциллографы. Генераторы. Измерение параметров сигналов. Принципы измерений. Преобразование Фурье (прямое, обратное). Быстрое преобразование Фурье. Модуляция. Виды модуляции.<br>Научное исследование. Цель исследования. Объект и предмет исследования. Характерные особенности исследования. Эмпирические и теоретические исследования. Компоненты исследования. Тема исследования. Модель объекта. Эксперимент.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                     | 2        | 2                    | Сигналы. Сигналы, отображаемые во временной области. Соотношения между временной и частотной областями. Периодические сигналы. Непериодические сигналы. Анализаторы сигналов.<br>Разработка изделий. Образец. Технические характеристики. Технические требования на изделие. Стадии разработки. Технические условия. Результаты испытаний.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2                   | 3        | 2                    | Измерение частоты электромагнитных колебаний. Средства измерений частоты сигнала. Стандарт частоты. Методы измерений частоты. Гетеродинный метод измерения частоты. Измерение частоты в коаксиальных и волноводных трактах.<br>Основные измерительные задачи в радиоэлектронных системах:<br>Практическая реализация анализатора, работающего по супергетеродинному принципу. Обработка сигнала промежуточной частоты. Получение видеосигнала.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                     | 4        | 2                    | Структурная схема и органы управления анализатора спектра. Анализаторы, работающие по супергетеродинному принципу. Детекторы. Метрологические характеристики анализаторов спектра. Характеристики фильтров. Погрешность частоты.<br>Основные измерительные задачи:<br>Измерения фазового шума. Измерения импульсных сигналов. Измерения мощности в канале и соседнем канале.<br>Техническое задание. Структура технического задания. Наименование разработки. Цель разработки. Область применения. Технические требования. Этапы выполнения опытно-конструкторской работы. Стадии разработки технического задания.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3                   | 5        | 2                    | Векторный анализатор цепей (ВАЦ). Волновые величины и S-параметры. Векторный анализ цепей. Внутреннее устройство N-портового ВАЦ. Структурная схема. Генератор. Опорный и измерительный приёмники. Модель ВАЦ. Калибровка ВАЦ (градуировка). Калибровочные наборы. Процедура измерений.<br>Основные измерительные задачи:<br>Измерение комплексного коэффициента отражения и передачи. Измерение группового времени запаздывания. Измерение фазового запаздывания, электрической длины. Измерение устойчивости. Измерение параметров симметричных линий. Измерение перекрестных помех на входе и выходе системы. Измерения усилителей, работающих в импульсном режиме. Измерение эффективности (КПД).<br>Технические условия. Основные параметры и характеристики. Требования назначения. Подразделы технических условий. Методы контроля. Программа и методика испытаний. |
|                     | 6        | 2                    | Погрешности измерений комплексных коэффициентов отражения и передачи. Источники погрешностей измерений комплексных коэффициентов отражения и передачи с использованием ВАЦ. Составляющие систематической погрешности ВАЦ. Случайные погрешности. Способы уменьшения случайных погрешностей измерений. Коррекция                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|   |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|---|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |   | <p>систематических погрешностей измерений. Эталоны комплексных коэффициентов отражения и передачи. Линейные модели ошибок и методика калибровки. Дистанционное управление ВАЦ.</p> <p>Основные измерительные задачи в радиоэлектронных системах:</p> <p>Измерения во временной области. Анализ во временной области. Численное обратное преобразование Фурье. Измерение точки компрессии. Измерение характеристики детектора. Гармоники. Интермодуляция. Измерение S – параметров. Дифференциальные измерения. Измерения смесителей. Сигналы и параметры смесителей.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 4 | 7 | 2 | <p>Параметры антенно-фидерных устройств.</p> <p>Основные измерительные задачи в радиоэлектронных системах:</p> <p>Резонансные методы измерения входного сопротивления. Мостовые методы измерения входного сопротивления антенн. Измерение параметров антенно-фидерных устройств с помощью анализаторов цепей. Измерение модуля коэффициента отражения в фидерных линиях. Смешанные методы определения параметров антенно-фидерных устройств. Измерения параметров трактов с распределёнными постоянными. Измерение параметров фидерных линий. Измерение напряжённости поля. Измерение диаграммы направленности антенн. Измерение коэффициента усиления антенн. Безэховые камеры. Испытания и измерения. Опытный образец. Модель. Технические требования. Метрологические требования. Метрологическая экспертиза. Структурные элементы измерений. Методика выполнения измерений. Измерительная задача.</p>                                                     |
|   | 8 | 2 | <p>Измерение параметров электромагнитной совместимости (ЭМС) в РЭС.</p> <p>Основные измерительные задачи в радиоэлектронных системах:</p> <p>Измерение спектральных параметров излучений радиопередающих устройств. Измерение параметров побочных излучений радиопередающих устройств. Измерение напряжённости электромагнитного поля. Измерение допустимого отклонения частоты радиопередатчиков. Измерение промышленных радиопомех. Измерение радиопомех, создаваемых радиоприёмниками. Измерение параметров восприимчивости радиоприёмных устройств.</p> <p>Метрологическое обеспечение. Единство измерений. Государственная система обеспечения единства измерений. Прослеживаемость измерений. Поверка. Калибровка. Испытания. Методика испытаний. Требования к метрологическому обеспечению. Содержание программы испытаний. Объекты и задачи метрологического обеспечения. Метрологическое обеспечение измерений. Обработка результатов измерений.</p> |

#### 4.2. Практические занятия (семинары)

| № модуля дисциплины | № практического занятия | Объем занятий (часы) | Краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | 1                       | 2                    | <p>Решение задач по теме</p> <p>Методы и средства измерений параметров сигналов.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Измерение частотно-модулированных сигналов. Амплитудная модуляция. Фазовая модуляция.</p>                                    |
|                     | 2                       | 2                    | <p>Решение задач по теме</p> <p>Методы и средства измерений параметров сигналов.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Визуализация сигнала с помощью осциллографа. Спектр сигнала. Преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье.</p>         |
|                     | 3                       | 2                    | <p>Решение задач по теме</p> <p>Методы и средства измерений параметров сигналов.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Визуализация сигнала с помощью анализатора сигналов. Измерение параметров спектра сигнала с помощью анализатора спектра.</p> |
|                     | 4                       | 2                    | <p>Решение задач по теме</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|   |    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |    |   | <p>Методы и средства измерений параметров сигналов.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Измерение параметров спектра сигнала с помощью анализатора цепей. Измерение фазового сдвига и группового времени запаздывания.</p>                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2 | 5  | 2 | <p>Решение задач по теме</p> <p>Измерения частотных характеристик систем.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Измерение амплитудно-частотных характеристик. Практическая реализация анализатора, работающего по супергетеродинному принципу. Обработка сигнала промежуточной частоты.</p>                                                                                                                                                                               |
|   | 6  | 2 | <p>Решение задач по теме</p> <p>Измерения частотных характеристик систем.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Получение видеосигнала. Обработка кривых.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|   | 7  | 2 | <p>Решение задач по теме</p> <p>Измерения частотных характеристик систем.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Измерения фазового шума. Измерения импульсных сигналов. Измерения мощности в канале и соседнем канале.</p>                                                                                                                                                                                                                                                |
|   | 8  | 2 | <p>Решение задач по теме</p> <p>Измерения частотных характеристик систем.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Измерения модулированных сигналов. Измерения мощности в канале и соседнем канале.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3 | 9  | 2 | <p>Решение задач по теме</p> <p>Измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Измерение коэффициента отражения и КСВ. Измерение коэффициента передачи. Измерение группового времени запаздывания. Измерение фазового запаздывания, электрической длины. Измерение устойчивости. Измерение параметров симметричных линий.</p>                                                                                      |
|   | 10 | 2 | <p>Решение задач по теме</p> <p>Измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Измерение перекрестных помех на входе и выходе системы. Измерение времени переключения и эффектов дрейфа. Измерения усилителей, работающих в импульсном режиме. Измерение эффективности (КПД). Измерения во временной области. Анализ во временной области.</p>                                                                     |
|   | 11 | 2 | <p>Решение задач по теме</p> <p>Измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Численное обратное преобразование Фурье. Примеры измерений во временной области. Измерение расстояния до повреждения. Измерения ПАВ фильтра во временной области. Измерение характеристики детектора. Измерение комплексных эффективных системных данных. Интермодуляция. Измерение S – параметров. Дифференциальные измерения.</p> |
|   | 12 | 2 | <p>Решение задач по теме</p> <p>Измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем.</p> <p>Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:</p> <p>Измерения смесителей. Сигналы и параметры смесителей. Особенности измерений. Измерения антенных устройств и эффективной площади рассеяния. Основные измеряемые характеристики антенн. Измерения радиолокационного поперечного сечения.</p>                                                                                          |

|   |    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | 13 | 2 | Решение задач по теме<br>Измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:<br>Измерение параметров антенно-фидерных устройств с помощью анализаторов цепей. Измерение модуля коэффициента отражения в фидерных линиях. Смешанные методы определения параметров антенно-фидерных устройств. Измерения параметров трактов с распределёнными постоянными. |
|   | 14 | 2 | Решение задач по теме<br>Измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:<br>Измерение параметров фидерных линий. Измерение напряжённости поля. Измерение диаграммы направленности антенн. Измерение коэффициента усиления антенн. Измерение эффективной площади рассеяния. Измерение спектральных параметров излучений радиопередающих устройств.    |
|   | 15 | 2 | Решение задач по теме<br>Измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:<br>Измерение параметров побочных излучений радиопередающих устройств. Измерение напряжённости электромагнитного поля. Измерение допустимого отклонения частоты радиопередатчиков. Измерение диаграмм направленности антенн.                                                 |
|   | 16 | 2 | Решение задач по теме<br>Измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве. Разработка методик выполнения измерений при решении типовых измерительных задач:<br>Измерение промышленных радиопомех. Измерение радиопомех, создаваемых радиоприёмниками. Измерение параметров восприимчивости радиоприёмных устройств.                                                                                                                     |

### 4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены.

### 4.4. Самостоятельная работа студентов

| № модуля дисциплины | Объем занятий (часы) | Вид СРС                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | 2                    | Подготовка к практическим занятиям №1 №2:<br>Методы и средства измерений параметров сигналов. Сигналы. Осциллографы. Генераторы. Измерение параметров сигналов. Принципы измерений. Преобразование Фурье (прямое, обратное). Быстрое преобразование Фурье. Модуляция. Виды модуляции. Сигналы, отображаемые во временной области. Соотношения между временной и частотной областями. Периодические сигналы. Непериодические сигналы. Анализаторы сигналов. |
| 1                   | 2                    | Подготовка к практическим занятиям №3 №4:<br>Сигналы. Сигналы, отображаемые во временной области. Соотношения между временной и частотной областями. Периодические сигналы. Непериодические сигналы. Анализаторы сигналов.<br>Подготовка доклада по теме индивидуального задания «Технические характеристики приборов Keysight и Rohde & Schwarz».<br>Подготовка к лабораторной работе дисциплины «Измерительные комплексы Keysight/NI».                   |

|   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | 3 | Подготовка к практическим занятиям №5 №6:<br>Структурная схема и органы управления анализатора спектра. Фурье – анализатор. Анализаторы, работающие по супергетеродинному принципу. Детекторы. Обработка сигнала промежуточной частоты. Получение видеосигнала.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2 | 4 | Подготовка к практическим занятиям №7 №8:<br>Рабочие характеристики анализаторов спектра. Собственные шумы. Нелинейности. Фазовый шум. Устойчивость к помехам. Паразитное прохождение сигнала гетеродина. Характеристики фильтров. Погрешность частоты. Часто встречающиеся измерения и расширенные возможности.<br>Основные измерительные задачи:<br>Измерения фазового шума. Измерения импульсных сигналов. Измерения мощности в канале и соседнем канале.<br>Подготовка к лабораторной работе дисциплины «Измерительные комплексы Keysight /NI».                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3 | 3 | Подготовка к практическим занятиям №9 №10:<br>Анализатор цепей. Волновые величины и S – параметры. Векторный анализ цепей. Реализация выделяющих элементов. Генератор. Опорный и измерительный приёмники. Измерение комплексного коэффициента отражения и КСВН. Измерение комплексного коэффициента передачи. Измерение группового времени запаздывания. Измерение фазового запаздывания, электрической длины. Измерение устойчивости. Измерение параметров симметричных линий. Усилителей, работающих в импульсном режиме. Измерение эффективности (КПД). Измерения во временной области. Анализ во временной области.                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3 | 3 | Подготовка к практическим занятиям №11 №12:<br>Дистанционное управление прибором. Точность измерений и калибровка приборов. Снижение случайных погрешностей измерений. Коррекция систематических погрешностей измерения. Эталоны для калибровки. Линейные модели ошибок и методика калибровки. Единство измерений. Линейные измерения. Нелинейные измерения. Численное обратное преобразование Фурье. Примеры измерений во временной области. Измерение расстояния до повреждения. Интермодуляция. Измерение S – параметров. Дифференциальные измерения. Измерения смесителей. Сигналы и параметры смесителей. Измерения антенных устройств и эффективной площади рассеяния. Основные измеряемые характеристики антенн. Измерения радиолокационного поперечного сечения.<br>Подготовка к лабораторной работе дисциплины «Измерительные комплексы Keysight/NI». |
| 4 | 4 | Подготовка к практическим занятиям №13 №14:<br>Параметры антенно-фидерных устройств. Резонансные методы измерения входного сопротивления. Мостовые методы измерения входного сопротивления антенн. Измерение параметров антенно-фидерных устройств с помощью анализаторов цепей. Измерение модуля коэффициента отражения в фидерных линиях. Измерения параметров трактов с распределёнными постоянными. Измерение параметров фидерных линий. Измерение напряжённости поля. Измерение диаграммы направленности антенн. Измерение коэффициента усиления антенн. Безэховые камеры.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 4 | 3 | Подготовка к практическим занятиям №15 №16:<br>Измерение спектральных параметров излучений радиопередающих устройств. Измерение параметров побочных излучений радиопередающих устройств. Измерение напряжённости электромагнитного поля. Измерение допустимого отклонения частоты радиопередатчиков. Измерение промышленных радиопомех. Измерение радиопомех, создаваемых радиоприёмниками. Измерение параметров восприимчивости радиоприёмных устройств.<br>Подготовка к лабораторной работе дисциплины «Измерительные комплексы Keysight/NI».                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрено.

### 1. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Метрология, стандартизация и сертификация : Практикум / В.Н. Кайнова, Т.Н. Гребнева, Е.В. Тесленко, Е.А. Куликова; Под ред. В.Н. Кайновой. - СПб. : Лань, 2015. - 368 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/61361> (дата обращения: 09.12.2020). - ISBN 978-5-8114
2. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога [Электронный ресурс]: справочник. м Электрон. дан. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=60989](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60989) (дата обращения: 14.04.2020)
3. Гребенкин В.З. Метрология : Лабораторный практикум / В.З. Гребенкин, А.А. Дегтярев, В.А. Летягин; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ); Под ред. А.А. Дегтярева. - М. : МИЭТ, 2010. - 124 с.
4. Боровков А.С. Метрология и радиоизмерения : Лабораторный практикум / А.С. Боровков, П.Ю. Вацков; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2017. - 76 с.

### **Периодические издания**

1. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА : научно-технический журнал / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии; ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы" и др. - Москва : Стандартинформ, 1939 - . - URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8723> (дата обращения: 01.01.2019) . - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей МИЭТ (2014-2019 гг.); URL: <https://lib.rucont.ru/efd/576179/info> (дата обращения: 01.01.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей МИЭТ с 2020 г.
2. МЕТРОЛОГИЯ : приложение к журналу "Измерительная техника" / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии; ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы" и др. - Москва : Стандартинформ, 1969 - . URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7893> (дата обращения: 01.01.2019). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей МИЭТ (2016 г.). - ISSN 0132-4713

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. ELECTRONIX : форум. – URL: <https://electronix.ru/forum/> (дата обращения: 19.03.2020). – Режим доступа: после регистрации.
2. Электронно-библиотечная система Лань : сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования таких инструментов как видеолекции, онлайн тестирование, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС(<http://orioks.miet.ru>).

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи и социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах электронных компонентов видео-сервисов Discord и ZOOM.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитория с мультимедийной доской.

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы                             | Перечень программного обеспечения                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебная аудитория                                                     | Компьютер с мультимедийным оборудованием.                                                         | Операционная система Microsoft Windows<br>Пакет программ Microsoft Office<br>браузер<br>Acrobat reader DC |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся                      | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС | Операционная система Microsoft Windows<br>Пакет программ Microsoft Office<br>браузер<br>Acrobat reader DC |

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОД КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-1.ССИ «Способность к разработке программ экспериментальных исследований с использованием современных систем измерений».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: [https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science/index?id\\_science=119232](https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science/index?id_science=119232)

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Целью изучения дисциплины является развитие у студентов способностей разрабатывать программы экспериментальных исследований с использованием современных систем измерений и проводить обработку результатов измерений.

Процесс обучения разбит на четыре модуля.

Дисциплина состоит из курса лекций и практических занятий. Курс лекций содержит такие разделы как: методы и средства измерений параметров сигналов, измерения частотных характеристик систем, измерения параметров цепей радиотехнических устройств и систем, измерения величин и параметров электромагнитных полей в свободном пространстве научное исследование; разработка изделий; техническое задание; технические условия; испытания и измерения; метрологическое обеспечение измерений. На практических занятиях студенты закрепляют материал, выполняют задания, решают задачи, выступают с докладами, проходят тестирование.

Консультации предназначены для закрытия долгов по контрольным работам, предоставлению отчетов о текущем состоянии курсовой работы и для иного текущего консультирования в рамках дисциплины.

Обучение студента на практических занятиях – семинарах производится в формах:

2. Решение задач по темам семинаров, способствующее усвоению знаний принципов и методов радиоизмерений, включая измерения параметров радиотехнических сигналов, интенсивности электромагнитного излучения радиодиапазона, параметров антенно-фидерных и приёмо-передающих устройств.
3. Доклады и их обсуждение.
4. Публичное выступление с рецензией докладов, выполненных другим исполнителем.
5. Опрос по знанию основных положений, терминов, определений.

### 11.2. Система контроля и оценивания

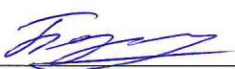
Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: лекции (максимум 4 балла), семинары (максимум 2 балла), контрольная работа №1 (КР1) (максимум 10 баллов,) контрольная работа №2 (КР2) (максимум 12 баллов), сдача экзамена (максимум 30 баллов). Общая сумма баллов 0 - 100.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

### РАЗРАБОТЧИК:

Доцент Института МПСУ, к.т.н.

 /А.С. Боровков /

Рабочая программа дисциплины «Современные системы измерений» по направлению подготовки 11.04.01 «Радиотехника», направленности (профиля) «Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли» разработана в Институте МПСУ и утверждена на заседании УС Института 30.09 2020 года, протокол № 1

Зам.директора института МПСУ по ОД

 /Д.В. Калеев/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 /Т.П. Филиппова /