

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радиоэлектронные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**5G/4G ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В БАЗОВЫХ СТАНЦИЯХ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.19.02.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>9 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>9 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>9 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>9 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>9 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Куликов Р.С.
	Идентификатор	R7ef0b374-KulikovRS-e851162c

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
	Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7

(подпись)

А.Ю. Сизякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Куликов Р.С.
	Идентификатор	R7ef0b374-KulikovRS-e851162c

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение теоретических основ адаптивной цифровой обработки сигналов в современных базовых станциях стандарта 4G/5G

### Задачи дисциплины

- изучение теории принципов построения базовых станций беспроводной мобильной связи стандартов 4G/5G;
- изучение теоретических основ линейной и нелинейной адаптивной цифровой обработки сигналов в системах беспроводной связи стандартов 4G/5G;
- приобретение знаний и умений для практических приложений адаптивной цифровой обработки сигналов в современных системах передачи информации.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов	знать: - методы построения адаптивных идентификаторов линейных и нелинейных искажений аналоговых трактов радиоэлектронных систем и комплексов; - методы предискажений сигнала передатчика и посткоррекции аналогового тракта приемника; - методы оценки оптимальных коэффициентов адаптивных фильтров, основанные на методах оптимизации первого и второго порядка; - методы цифровой обработки сигналов для моделирования цифровой части приемопередающего тракта систем и комплексов связи 4G/5G.
ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров	уметь: - использовать методы адаптации при построении корректоров аналоговых трактов системы связи; - моделировать линейные и нелинейные искажения аналоговых трактов, а также структуры адаптивных корректоров.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехнические системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиотехнические системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы линейной алгебры (произведение векторов и матриц, обращение матриц, решение систем линейных алгебраических уравнений)
- знать основы теории функций комплексного переменного (голоморфность, аналитичность, условия дифференцируемости)
- знать основы теории вероятностей, математической статистики и теории случайных процессов (понятие вероятности, матожидания, дисперсии, условной и совместной плотности вероятности, автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности, понятие стационарности и эргодичности случайного процесса)
- знать основы цифровой обработки сигналов (цифровые фильтры КИХ, БИХ и их характеристики, дискретное преобразование Фурье, быстрое преобразование Фурье)
- знать основы радиотехнических цепей и сигналов (понятие аналоговой и цифровой модуляции, линейные и нелинейные приемопередающие тракты систем связи, смесители и усилители мощности радиосигналов)
- уметь вычислять произведения векторов и матриц, рассчитывать обратные матрицы, решать системы линейных уравнений с использованием математических пакетов
- уметь рассчитывать выборочные статистические оценки матожидания, дисперсии, автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности
- уметь рассчитывать характеристики цифровых фильтров: амплитудно-частотные, фазочастотные характеристики и групповое время запаздывания

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G	27	9	8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 477-560</p>	
1.1	Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-		
2	Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-		<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 36-93</p>
2.1	Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-		
3	Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-		

	базовой станции 4G/5G												станции 4G/5G и подготовка к контрольной работе
3.1	Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G	27	8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], стр. 17-64
4	Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G	26.7	8	-	4	-	-	-	-	-	14.7	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
4.1	Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G	26.7	8	-	4	-	-	-	-	-	14.7	-	[1], стр. 324-405
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	<b>-</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	<b>-</b>	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G

#### 1.1. Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G

Эволюция систем цифровой сотовой связи 2G (GSM) -> 3G (CDMA) -> 4G (LTE) -> 5G (MIMO). Обобщенная структура приема-передающего тракта системы. Основные характеристики основных элементов структуры (полосы передающего и принимающего сигналов, частоты несущих, частоты АЦП, ЦАП, параметры дуплектора, выходные мощности усилителя). Модули линейной и нелинейной адаптивной коррекции в приеме-передающем тракте системы цифровой связи. Квадратурное представление комплексной огибающей сигналов. Структура цифрового КИХ-фильтра и его характеристики. Прохождение сигнала через КИХ-фильтр. Выход фильтра в виде линейной свертки. Понятие вектора состояния фильтра и вектора коэффициентов. Адаптивный фильтр как фильтр с изменяющимися коэффициентами. Понятие опорного сигнала. Ошибка адаптации и критерий минимума среднего квадрата ошибки. Временные соотношения сигналов в адаптивном линейном фильтре. Блочная обработка сигналов. Основные статистические свойства сигнала как стационарного эргодического случайного процесса. Корреляционная матрица и ее свойства. Оценка корреляционной матрицы сигнала по ограниченной выборке. Смещенные и несмещенные выборочные оценки..

### 2. Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G

#### 2.1. Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G

Понятие скалярной и векторной функции скалярного и векторного аргумента. Понятие вектора градиента, Гессiana, Якобиана. Краткий обзор методов минимизации целевой функции. Анализ целевой функции минимума СКО как неголоморфной функции и обзор методов дифференцирования скалярной вещественнозначной функции векторного комплексного аргумента. Решение задачи адаптации коэффициентов КИХ-фильтра по критерию минимума СКО. Дифференцирование целевой функции по векторному аргументу. Уравнение Винера-Хопфа. Решение задачи минимизации при оценке корреляционной матрицы сигнала. LS алгоритм. Фильтр Винера. Обзор алгоритмов численного решения LS. LU-алгоритм, QR-алгоритм, SVD разложение корреляционной матрицы. Практические аспекты использования LS оценки при ограничении полосы сигнала. Регуляризация решения и использование псевдоинверсии для расчета коэффициентов фильтра. Метод градиентного спуска при адаптации фильтра. LMS алгоритм. Устойчивость LMS алгоритма и сходимость LMS и LS оценок в предельном переходе с уменьшением шага адаптации. Регуляризация LMS алгоритма методом утечки. RLS алгоритм адаптации линейного фильтра как результат итерационной оценки на основе Леммы об инверсии матрицы. Введение в адаптивную Калмановскую фильтрацию..

### 3. Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G

#### 3.1. Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G

Нелинейные характеристики AM-AM AM-PM. Общее описание нелинейной модели. Ряд Вольтера. Построение системы адаптивной коррекции методами прямого и непрямого

обучения. Модель нелинейного усилителя без памяти. Способы аппроксимации нелинейной функции. Полиномиальная аппроксимация, преимущества и недостатки. Численная неустойчивость полиномиальной модели с ростом порядка полинома. Использование ортогональных полиномов для повышения численной устойчивости полиномиальной аппроксимации. Реализационные проблемы использования полиномиальных моделей усилителя мощности. Модель усилителя с линейной и нелинейной памятью. Полиномиальная модель с памятью. Структура корреляционной матрицы нелинейного адаптивного фильтра. Сравнение характеристик нелинейной аппроксимации моделей с памятью и без..

#### 4. Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G

##### 4.1. Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G

Многослойные модели, нелинейно зависящие от коэффициентов. Модель Винера и Гаммерштейна. Адаптация многослойных моделей методами стохастического градиентного спуска в реальном времени, методом градиентного спуска в блочном режиме, а также методом Ньютона. Введение в теорию нелинейной аппроксимации на основе нейронных сетей. Нейросетевые модели DPD с памятью. Адаптация нейронной сети методом обратного распространения ошибки. Построение нейронной сети в поле комплексных чисел. Проблемы адаптации нейросетевых структур. Обучение нейросети как невыпуклая задача оптимизации. Наличие локальных экстремумов при адаптации модели.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Оценка статистических характеристик сигналов базовой станции 4G/5G;
2. Синхронизация сигналов в приеме-передающих трактов по времени, частоте, амплитуде и фазе для построения адаптивных корректоров;
3. Адаптация линейного корректора методами первого порядка: Стохастический градиентный спуск, градиентный спуск при блочной оценке;
4. Численная стабилизация LS оценки коэффициентов адаптивного корректора методом регуляризации Тихонова и при использовании SVD разложения корреляционной матрицы;
5. Линейная коррекция канала связи и компенсация квадратурного разбаланса модулятора и демодулятора базовой станции;
6. Адаптация нелинейного корректора усилителя мощности без памяти. Оценка оптимальных коэффициентов корректора методами первого и второго порядка;
7. Построение адаптивного нелинейного корректора усилителя мощности с линейной и нелинейной памятью;
8. Многослойные корректоры выходного усилителя, нелинейно зависящие от коэффициентов модели.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

Текущий контроль (ТК)



1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
методы цифровой обработки сигналов для моделирования цифровой части приемопередающего тракта систем и комплексов связи 4G/5G	ИД-1ПК-1	+				Контрольная работа/Контрольная работа №1 по теме: Оценка статистических характеристик сигналов базовой станции 4G/5G
методы оценки оптимальных коэффициентов адаптивных фильтров, основанные на методах оптимизации первого и второго порядка	ИД-1ПК-1		+			Контрольная работа/Контрольная работа №2 по теме: Синхронизация сигналов приемо-передающих трактов по времени, частоте, амплитуде и фазе для построения адаптивных корректоров
методы предсказаний сигнала передатчика и посткоррекции аналогового тракта приемника	ИД-1ПК-1				+	Контрольная работа/Контрольная работа №4 по теме: Адаптивная компенсация нелинейных искажений выходного усилителя базовой станции мобильной связи
методы построения адаптивных идентификаторов линейных и нелинейных искажений аналоговых трактов радиоэлектронных систем и комплексов	ИД-1ПК-1			+		Контрольная работа/Контрольная работа №3 по теме: Адаптивная линейная коррекция неравномерности приемо-передающих трактов базовой станции мобильной связи
<b>Уметь:</b>						
моделировать линейные и нелинейные искажения аналоговых трактов, а также структуры адаптивных корректоров	ИД-2ПК-1			+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №3 по теме: Адаптивная линейная коррекция неравномерности приемо-передающих трактов базовой станции мобильной связи Контрольная работа/Контрольная работа №4 по теме: Адаптивная компенсация нелинейных искажений выходного усилителя базовой станции мобильной связи
использовать методы адаптации при построении корректоров аналоговых трактов	ИД-2ПК-1		+			Контрольная работа/Контрольная работа №2 по теме: Синхронизация сигналов приемо-передающих трактов

системы связи						по времени, частоте, амплитуде и фазе для построения адаптивных корректоров
---------------	--	--	--	--	--	---

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**9 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 по теме: Оценка статистических характеристик сигналов базовой станции 4G/5G (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 по теме: Синхронизация сигналов приемо-передающих трактов по времени, частоте, амплитуде и фазе для построения адаптивных корректоров (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №3 по теме: Адаптивная линейная коррекция неравномерности приемо-передающих трактов базовой станции мобильной связи (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №4 по теме: Адаптивная компенсация нелинейных искажений выходного усилителя базовой станции мобильной связи (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №9)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей

В диплом выставляется оценка за 9 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Джиган, В. И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы / В. И. Джиган . – М. : Техносфера, 2013 . – 528 с. – (Мир цифровой обработки) . - ISBN 978-5-94836-342-4 .;
2. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов : пер. с англ. / Б. Уидроу, С. Стирнз . – М. : Радио и связь, 1989 . – 440 с.;
3. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов : пер. с англ. / А. Оппенгейм, Р. Шафер . – 3-е изд., испр . – М. : Техносфера, 2012 . – 1048 с. – (Мир радиоэлектроники) . - ISBN 978-5-94836-329-5 .;
4. О. Р. Ерзунов- "Линеаризация тракта усиления радиотехнических сигналов методом предискажений: выпускная квалификационная работа магистра", Рязань, 2017 - (73 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463494>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Acrobat Reader;
4. Python;
5. GNU Octave.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
	А-402, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-400д/10а, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, шкаф для одежды, доска меловая, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Ж-400/3, Консультационный зал каф. "РТС"	стол, стул, шкаф для документов, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-400/9, Прочее каф. "РТС"	стеллаж для хранения книг, стул, книги, учебники, пособия

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### 5G/4G обработка сигналов в базовых станциях

(название дисциплины)

#### 9 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Контрольная работа №1 по теме: Оценка статистических характеристик сигналов базовой станции 4G/5G (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа №2 по теме: Синхронизация сигналов приемо-передающих трактов по времени, частоте, амплитуде и фазе для построения адаптивных корректоров (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа №3 по теме: Адаптивная линейная коррекция неравномерности приемо-передающих трактов базовой станции мобильной связи (Контрольная работа)
- КМ-4 Контрольная работа №4 по теме: Адаптивная компенсация нелинейных искажений выходного усилителя базовой станции мобильной связи (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G					
1.1	Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G		+			
2	Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G					
2.1	Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G			+		
3	Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G					
3.1	Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G				+	+
4	Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G					
4.1	Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G				+	+
Вес КМ, %:			25	25	25	25