

**ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский)  
университет**



Утверждено  
Директор Института  
Агаронян А.К.

«11» июня 2024 г., протокол № 38  
Утвержден Ученым Советом ИФИ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование дисциплины: **Б1.О.05 «Расширенная цифровая  
связь»**

Автор (ы) Эйрамджян Сурен Геворкович, к.т.н.  
*Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)*

Направление подготовки: **11.04.02 Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи**

Наименование образовательной программы: **Беспроводные  
коммуникации и сенсоры**

# 1. АННОТАЦИЯ

- 1.1.** Учебная программа «Расширенная цифровая связь» ориентирована на подготовку высокопрофессиональных кадров в области телекоммуникаций, которые должны обладать основополагающими знаниями и навыками цифровых коммуникационных устройств, методами формирования и обработки цифровых сигналов, т.к. последние являются неотъемлемой частью современных телекоммуникационных систем и сетей. Актуальной практической задачей дисциплины является подготовка магистрантов к творческому профессиональному восприятию последующих специальных дисциплин.
- 1.2.** Данная дисциплина теснейшим образом взаимосвязана с последующими дисциплинами: основы связи, цифровые системы связи, построение телекоммуникационных сетей и систем, теория связи и т.д.
- 1.3.** Магистрант должен
- **знать** основы по курсам: математического анализа, аналитической геометрии, векторной алгебры и векторного анализа, дифференциальных уравнений, по общим курсам физики - электричество и магнетизм, теория цепей, а также теорию сигналов.
  - **уметь** применять знания при решении соответствующих задач,
  - **владеть** навыками интегрального, дифференциального, векторного и матричного исчислений.
- 1.4.** Дисциплины, изучение которых является необходимой базой для освоения данной дисциплины следующие - физика I, II, III, IV, математика I, II, III, IV, теория цепей, теория сигналов и т.д.

Код компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом)	Наименование компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом)	Код индикатора достижения компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом)	Наименование индикатора достижений компетенций (в соответствии рабочим с учебным планом)
УК-6	<b>Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования</b>	УК-6.1;  УК-6.2;	<b>Знает</b> методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения. <b>Умеет</b> решать задачи собственного личностного и профессионального

	<i>на основе самооценки</i>		<p>развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности, применять методики самооценки и самоконтроля, применять методики, позволяющие улучшить и сохранить здоровье в процессе жизнедеятельности.</p> <p><b>Владеет</b> технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни.</p>
<b>ОПК-1</b>	Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	<p>УК-6.3;</p> <p>ОПК-1.1;</p> <p>ОПК-1.2;</p> <p>ОПК-1.3;</p>	<p><b>Знает</b> принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и умеет оценивать их достоинства и недостатки</p> <p><b>Умеет</b> проводить экспериментальные исследования систем передачи, распределения, обработки и хранения информации</p> <p><b>Владеет</b> навыками реализации новых принципов и методов обработки и передачи информации в современных инфокоммуникационных системах и сетях.</p>
<b>ОПК-2</b>	Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	<p>ОПК-2.1;</p> <p>ОПК-2.2;</p> <p>ОПК-2.3;</p>	<p><b>Знает</b> технические характеристики и экономические показатели разработок в области радиоэлектронной техники, действующие нормативные требования и государственные стандарты.</p> <p><b>Умеет</b> осуществлять патентный поиск, проводить сбор, анализ и систематизацию научно-исследовательской информации, формулировать цели и задачи научно-исследовательских работ.</p> <p><b>Владеет</b> навыками разработки и анализа вариантов создания радиоэлектронного устройства или радиоэлектронной системы на основе синтеза накопленного опыта, изучения литературы.</p>
<b>ОПК-3</b>	Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач	ОПК-3.1	<p><b>Знает</b> принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных</p>

	своей профессиональной деятельности	ОПК-3.2	программных средств в дисциплинах профессионального цикла и профессиональной сфере деятельности <b>Умеет</b> использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности
	Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения проектно-конструкторских и научно-исследовательских задач Код индикатора достижения компетенций	ОПК-3.3  ОПК-4.1 ОПК-4.2	<b>Владеет</b> передовым отечественным и зарубежным опытом при проведении исследований, проектировании, ПГУ технологических процессов и эксплуатации инфокоммуникационных систем, сетей и устройств.  <b>Знает</b> основные методы обработки экспериментальных данных с помощью современного специализированного программно-математического обеспечения при решении научно-исследовательских задач <b>Умеет</b> использовать современное специализированное программно-математическое обеспечение для решения задач приема, обработки и передачи информации и проведения исследований в области инфокоммуникаций
ПК-1	Способен использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС, ставить задачи исследования, выбирать методы	ОПК-4.3  ПК-1.1;  ПК-1.2;  ПК-1.3;	<b>Владеет</b> методами компьютерного моделирования и обработки информации с помощью специализированного программного-математического обеспечения <b>Знает</b> методики сбора, анализа и обработки статистической информации инфокоммуникационных систем <b>Умеет</b> проводить исследования характеристик телекоммуникационного оборудования и оценки качества предоставляемых услуг <b>Владеет</b> навыками анализа научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников, а также навыками проведения экспериментальных работ.

ПК-2	<p>экспериментальной работы с целью совершенствования и созданию новых перспективных инфокоммуникационных систем</p> <p>Способен самостоятельно выполнять экспериментальные исследования для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования</p>	<p>ПК-2.1;</p> <p>ПК-2.2;</p> <p>ПК-2.3;</p>	<p><b>Знает</b> общие принципы функционирования и архитектуру аппаратных, программных и программно-аппаратных средств администрируемой сети</p> <p><b>Умеет</b> пользоваться контрольно-измерительными приборами и аппаратурой, анализировать сообщения об ошибках в сетевых устройствах и операционных системах.</p> <p><b>Владеет</b> навыками мониторинга установленных сетевых устройств и программного обеспечения, выявления и устранения сбоев и отказов сетевых устройств.</p>
ПК-5	<p>Способен организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки и улучшения качества предоставляемых услуг связи, соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов</p>	<p>ПК-5.1;</p> <p>ПК-5.2;</p> <p>ПК-5.3</p>	<p><b>Знает</b> основы архитектуры, устройства и функционирования вычислительных систем, стандарты информационного взаимодействия систем.</p> <p><b>Умеет</b> собирать данные для анализа показателей качества программных технических средств инфокоммуникационной системы и анализировать системные проблемы обработки системы.</p> <p><b>Владеет</b> навыками обнаружения и определения причин возникновения критических инцидентов при работе системного программного обеспечения</p>
ПК-7	<p>Способен к выполнению работ по обеспечению функционирования телекоммуникационного</p>	<p>ПК-7.1</p>	<p><b>Знает</b> основы сетевых технологий, стандарты и методы защищенной передачи данных в корпоративных сетях современные технологии и стандарты</p>

	оборудования корпоративных сетей с учетом требований информационной безопасности.	ПК-7.2  ПК-7.3	администрирования телекоммуникационных корпоративных сетей. <b>Умеет</b> поддерживать актуальность сетевой инфраструктуры, вести электронные базы данных применять новые технологии администрирования, использовать средства диагностики и мониторинга оборудования. <b>Владеет</b> навыками администрирования системного и сетевого программного обеспечения, навыками защиты баз данных от несанкционированного доступа
--	---	----------------------	---

## **2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА**

**2.1. Цель дисциплины** - изучение теоретических основ формирования цифровых сигналов, структуры и построения аналоговых и цифровых устройств для преобразования сигналов, способов обработки аналоговых и цифровых сигналов, и приобретение магистрантами необходимых практических навыков.

**Задача** - привить студентам навыки оценивать применимость различных цифровых систем и устройств телекоммуникаций, определять их параметры и характеристики, навыки практической работы с измерительной аппаратурой, понимание и освоение устройств цифровой связи, для грамотной эксплуатации цифровых телекоммуникационных систем и подсистем.

После изучения дисциплины студент должен:

- **знать** классификацию устройств цифровой связи и требования, предъявляемые к ним; современный уровень развития техники цифровой связи и техники приема и передачи данных; принципы организации цифровых телекоммуникационных устройств и сетей;
- **уметь** при работе с телекоммуникационным оборудованием разрабатывать и

грамотно эксплуатировать устройства цифровой связи, со строгим соблюдением правил техники безопасности.

- *иметь* понимание современных тенденций развития цифровых систем и устройств связи.

- *владеть* навыками практической работы с системами и устройствами цифровой связи, а также современной измерительной аппаратурой для исследования и тестирования таковых.

**2.2.** Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах -144 и зачетных единицах - 4) *(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)*

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах	Распределение по семестрам					
		<u>I</u> сем	<u>II</u> сем	<u>III</u> сем	<u>IV</u> - сем.	<u>—</u> сем	<u>—</u> сем.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1.Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:</b>	<b>144</b>			<b>144</b>			
1.1.Аудиторные занятия, в т. ч.:	<b>34</b>			<b>34</b>			
1.1.1.Лекции	<b>18</b>			<b>18</b>			
1.1.2.Практические занятия, в т. ч.	<b>16</b>			<b>16</b>			
1.1.2.1. Обсуждение прикладных проектов							
1.1.2.2. Контрольные работы							
1.1.2.3. Другое (указать)							
1.1.3.Семинары							
1.1.4.Лабораторные работы							
1.1.5.Другие виды (практические работы)							
1.2.Самостоятельная работа, в т. ч.:	<b>74</b>			<b>74</b>			
1.2.1. Подготовка к экзаменам	<b>30</b>			<b>30</b>			
1.2.1.1.Другое (указать)							
1.3. Консультации	<b>10</b>			<b>10</b>			
1.4. Другие методы и формы занятий	<b>34</b>			<b>34</b>			
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	<b>Экзамен 36</b>			<b>Экзамен 36</b>			

### 2.3. Содержание дисциплины

**2.3.1.** Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Семинары (ак. часов)	Практ. Занятия (ак. часов)	Лабор. (ак. часов)
1	2=3+4+5+6+7	3	4	5	6
Введение	-	-	-	-	-
<b>Раздел 1. Цифровые устройства и их</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<i>Тема 1.1. Системы на чипах, их архитектуры.</i>	5	1	-	2	2
<i>Тема 1.2. Цифровая модуляция.</i>	3	1	-	2	-
<i>Тема 1.3. БПФ, Комплексный спектр.</i>	4	2	-	-	2
<b>Раздел 2. Цифровое формирование сигналов</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<i>Тема 2.1. Комплексная модуляция (IQ), оцифровка по Найквисту, Оконные функции и искажения цифрования.</i>	5	1	-	2	2
<i>Тема 2.2. Битовая и символьная скорость, типы цифровой модуляции.</i>	3	1	-	2	-
<i>Тема 2.3. Измерения параметров цифровых приемных устройств, Коэффициент ошибок по битам и пакетам (BER, PER).</i>	4	2	-	-	2
<b>Раздел 3. Измерения цифровых сигналов</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<i>Тема 3.1. Спектральный анализ (скалярный и векторный)</i>	2	1	-	1	-
<i>Тема 3.2. Канальные искажения, полоса сигнала, фазовые шумы и их влияния на цифровые сигналы.</i>	4	1	-	1	2
<i>Тема 3.3. Квадратурные искажения и их влияние на цифровые модуляции.</i>	4	1	-	2	2



<i>Тема 3.4. Фазовые шумы, Коэффициент шума, Гармонические искажения, Интермодуляционные искажения и влияние на качество цифровой связи.</i>	4	1	-	-	2
<b>Раздел 4. Расширение спектра в цифровой связи</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<i>Тема 4.1. Прямое расширение спектра, системы с кодовым разделением каналов.</i>	3	2	-	1	-
<i>Тема 4.2. Расширение спектра с псевдослучайной перестройкой частоты.</i>	3	-	-	1	2
<b>Раздел 5. Разделение каналов</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<i>Тема 5.1. Частотное и временное разделение каналов.</i>	4	2	-	2	2
<i>Тема 5.2. Ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM)</i>	2	1	-	1	-
<i>Тема 5.3. Системт с множественными выходами и входами (MIMO) и пространственное разделение каналов.</i>	2	1	-	1	-
<b>ИТОГО</b>	<b>54</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>18</b>

### 2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

#### **РАСШИРЕННАЯ ЦИФРОВАЯ СВЯЗЬ**

##### *Введение*

Содержание дисциплины. Понятие устройств цифровой передачи и приема сигналов.

##### **Раздел 1. Цифровые устройства и их архитектура.**

###### *Тема 1.1. Системы на чипах, их архитектуры.*

Архитектуры цифровых приемопередающих устройств, современные системы на одном чипе или кристалле (SOC).

###### *Тема 1.2. Цифровая модуляция.*

Типы модуляции: аналоговая и цифровая, разница, преимущества и недостатки цифровой модуляции.

###### *Тема 1.3. БПФ, Комплексный спектр.*

Цифровая обработка сигналов и преобразование спектра, Преобразование Фурье (дискретное и быстрое) как инструмент обработки сигналов, понятия скалярного и комплексного спектров сигнала.

## **Раздел 2. Цифровое формирование сигналов**

**Тема 2.1. Комплексная модуляция (IQ), оцифровка по Найквисту, Оконные функции и искажения цифрования.**

Понятие комплексной модуляции, формирование квадратуры (IQ) и ее применение в формировании цифровых сигналов. Понятие критерий Найквиста, понятие зон Найквиста и их влияние при оцифровке сигналов. Оконные функции в качестве инструмента против искажений возникающих в следствие оцифровки (когерентной и некогерентной).

**Тема 2.2. Битовая и символьная скорость, типы цифровой модуляции.**

Понятие символов в цифровой модуляции, взаимосвязь символьной и битовой скорости, а также зависимость от схемы модуляции.

**Тема 2.3. Измерения параметров цифровых приемных устройств, Коэффициент ошибок по битам и пакетам (BER, PER).**

Методы и средства измерения приемных устройств цифровой связи, изучение чувствительности, а также зависимость коэффициентов ошибок по битам и пакетам от них.

## **Раздел 3. Измерения цифровых сигналов**

**Тема 3.1. Спектральный анализ (скалярный и векторный).**

Ознакомление с различными методами измерения сигналов, временная и частотная зависимость, спектральный анализ сигналов, скалярные и векторные анализаторы сигналов и их применение при исследовании цифровых сигналов.

**Тема 3.2. Канальные искажения, полоса сигнала, фазовые шумы и их влияния на цифровые сигналы.**

Понятие канала, его спектральные характеристики, такие как полоса, мощность в полосе, спектральная маска, а также их искажения в следствие фазовых шумов опорных генераторов (гетеродинов) и т.д.

**Тема 3.3. Квадратурные искажения и их влияние на цифровые модуляции**

Понятие квадратурных искажениях во время квадратурной модуляции (IQ Impairments), разбаланс квадратуры, деформация, постоянный сдвиг и т.д., и влияние на цифровую модуляцию, возникновение вектора ошибки (EVM, MER).

***Тема 3.4. Фазовые шумы, Коэффициент шума, Гармонические искажения, Интермодуляционные искажения и влияние на качество цифровой связи..***

Опорные генераторы и их фазовые шумы, коэффициент шума примененных устройств, гармонические искажения генераторов, а также нелинейность усилительных трактов приводящих к интермодуляционным искажениям, влияние перечисленных явлений на качество цифрового сигнала.

**Раздел 4. Расширение спектра в цифровой связи**

***Тема 4.1. Прямое расширение спектра, системы с кодовым разделением каналов.***

Ознакомление с методом прямого расширения сигналов путем использования псевдослучайных последовательностей, формирование шумоподобных сигналов.

***Тема 4.2. Расширение спектра с псевдослучайной перестройкой частоты..***

Ознакомление с понятием расширения спектра путем псевдослучайной перестройки радио частоты (ППРЧ), а также с понятиями быстрой и медленной перестройки частоты. Шума и помехозащищенность таких сигналов.

**Раздел 5. Разделение каналов**

***Тема 5.1. Частотное и временное разделение каналов.***

Изучение методов увеличения каналов путем разделения частот (FDM), а также использование временного разделения для передачи и приема сигналов в различные периоды времени (слотов) с использованием одних и тех же частот (TDM). Примеры систем с использованием частотным и временным разделением.

***Тема 5.2. Ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM).***

Изучения ортогонального частотного мультиплексирования, понятие многолучевости и равоты систем с OFDM в таких условиях, метод формирования и обработка сигналов.

***Тема 5.3. Системт с множественными входами и выходами (MIMO) и пространственное разделение каналов..***

Изучение систем с множественными входами и выходами (MIMO), понятие многоэлементных систем и фазированных антенных решеток, формирования многолучевых структур, а также пространственного разделения каналов.....

**2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума**

<b>Наименование практичеких работ</b>
---------------------------------------

1. Оцифровка, скалярный и векторный спектр
2. Комплексная модуляция (IQ)
3. Цифровые модуляции и их виды
4. Исследование антиалайзинговых фильтров.
5. Коэффициент шума, Фазовый шум и влияние на цифровые сигналы
6. Частотное, временное и кодовое разделение каналов (FDM, TDMA и CDMA)
7. Ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM)
8. Множественные входы/выходы (MIMO) и пространственное разделение

### 2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные методические пособия
- Вычислительная техника для обеспечения практического изучения материала методом симуляций и мат обработки
- Измерительные ВЧ/СВЧ приборы (Векторный Анализатор Сигналов, Генератор сигналов и т.д.)
- Проектор

### 2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)		Весы результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1	M2	M1	M2	M1	M2			
<b>Вид учебной работы/контроля</b>	M1 <sup>1</sup>	M2	M1	M2	M1	M2			
Контрольная работа ( <i>при</i> )									

<sup>1</sup> Учебный Модуль

наличии)								
Устный опрос (при наличии)								
Тест (при наличии)								
Лабораторные работы (при наличии)		1						
Письменные домашние задания (при наличии)								
Реферат (при наличии)								
Эссе (при наличии)								
Проект (при наличии)								
Другие формы (при наличии)								
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						0.5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						0.5		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.4
<b>Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля</b>								(Экзамен) 0.6
	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

**3. Теоретический блок (указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)**

## Рекомендуемая литература

### а) Базовый учебник

*DIGITAL. COMMUNICATIONS. Fundamentals and Applications. Second Edition.*  
BERNARD SKLAR. *Communications Engineering Services*, Tarzana, California.

### б) Основная литература:

RF Measurement Fundamentals, Course Manual. © 2008–2010 National Instruments Corporation

### в) Другие источники:

1. <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/digital-modulation>
2. <https://www.scribbr.com/methodology/sampling-methods/>
3. <https://www.ni.com/en/perspectives/5-rf-transmitter-measurements-every-engineer-should-know.html>
4. [https://en.wikipedia.org/wiki/Spread\\_spectrum](https://en.wikipedia.org/wiki/Spread_spectrum)
5. [https://en.wikipedia.org/wiki/Code-division\\_multiple\\_access](https://en.wikipedia.org/wiki/Code-division_multiple_access)
6. <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/orthogonal-frequency-division-multiplexing>
7. <https://en.wikipedia.org/wiki/MIMO>

## Практический блок

### Программные средства освоения дисциплины

Платформа графической разработки систем моделирования, управления и тестирования LabVIEW

## 4. Фонды оценочных средств (указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).

### Перечень итоговых контрольных вопросов

1. Структура современного цифрового примемопередающего модуля.
2. Преобразование Фурье – ДПФ, БПФ
3. Комплексная модуляция и демодуляция (IQ), методы и способы.
4. Когерентная и некогерентная оцифровка и оконные функции.
5. Современная система цифровой коммуникации и основы модуляций.
6. Понятия EVM и MER.
7. Цифровые модуляции, типы и спектральная эффективность.
8. Искажения или нарушения квадратуры (IQ Impairments) и их влияния.
9. Понятие BER и методы его проверки
10. Измерения чувствительности цифрового приемника.

11. Методы расширения спектра
12. Расширение спектра прямой последовательностью (DSSS)
13. Расширение спектра по ППЧ (FHSS)
14. Множественный доступ с кодовым разделением (CDMA)
15. Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM)
16. Системы с множественным входом и множественным выходом (MIMO)

## **5. Методический блок**

### Методика преподавания

Во время каждого занятия преподаватель представляет материал по теме дня и вовлекает группу в обсуждение. Практичный характер курса предполагает активное вмешательство каждого студента в процессы представления и обсуждения темы. За преподавателем закреплена ответственность придерживаться тематики данного занятия и предоставлять необходимые фундаментальные знания и концепции.

После завершения изучения каждой из программ будет проведена контрольная работа для закрепления навыков.