



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


(подпись) _____ Стаценко Л.Г.
(Ф.И.О.)

« 27 » января 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента электроники,
телекоммуникации и приборостроения


(подпись) _____ Стаценко Л.Г.
(Ф.И.О.)

« 27 » января 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Эффективность использования радиочастотного спектра в цифровых каналах связи
Направление подготовки 11.04.02 инфокоммуникационные технологии и системы связи
(системы радиосвязи и радиодоступа)
Форма подготовки *очная*

курс 1 семестр 2
лекции 18 час.
практические занятия 36 час.
лабораторные работы не предусмотрены
в том числе с использованием МАО лек. - ____ / пр. 20 / лаб. 0 час.
в том числе с использованием МАО 20 час.
всего часов аудиторной нагрузки 54 час.
самостоятельная работа 54 час.
контрольные работы (количество) не предусмотрены
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены
зачет 2 семестр
экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19.09.2017 г. №958.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения
протокол №7 от «27» января 2021 г. _____

Директор департамента _____ д.ф.-м.н., проф., Стаценко Л.Г.
Составитель (ли): д.ф.-м.н., проф., Стаценко Л.Г. _

Владивосток
2021

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании *департамента*:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Директор департамента: _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании *департамента*:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Директор департамента: _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании *департамента*:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Директор департамента: _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании *департамента*:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Директор департамента: _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

1. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: дать студентам знания для развития навыков, дающих им возможность оценивать эффективность использования частот в системах радиосвязи. Современные системы радиосвязи - сотовые, спутниковые сети - используют узкополосные и широкополосные каналы для передачи и приема цифровой информации. Существующие технические, экономические и функциональные критерии эффективности невозможно объединить в один критерий.

Задачи:

- сформировать у обучающихся представление о направлении повышения использования природного радиочастотного ресурса;
- дать комплекс базовых теоретических знаний о способах технической реализации новых радиосистем, повышающих количество радиослужб в одной и той же полосе частот;
- дать базовые знания о технической реализации методов помехоустойчивого кодирования в беспроводных системах для повышения технической эффективности.

В результате изучения дисциплины «Цифровая передача информации» у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательские	ПК-3 Способен самостоятельно собирать и анализировать исходные данные с целью формирования плана развития, выработке и внедрения научно	ПК-3.1 Анализирует перспективы внедрения передового отечественного и зарубежного опыта в области предоставления услуг связи
		ПК-3.2 Выбирает технологии для предоставления различных услуг связи в соответствии с потребительским спросом

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	обоснованных решений по оптимизации сети связи	ПК-3.3 Планирует развитие сети связи с учётом внедрения новых технологий
Технологические	ПК-7 Способен к разработке моделей различных технологических процессов и проверке их адекватности на практике, готов использовать пакеты прикладных программ анализа и синтеза инфокоммуникационных систем, сетей и устройств	ПК-7.3 Использует прикладные программы анализа и синтеза инфокоммуникационных систем, сетей и устройств

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-3.1 Анализирует перспективы внедрения передового отечественного и зарубежного опыта в области предоставления услуг связи	Знает направления развития технических средств с лучшим использованием радиочастотного ресурса;
	Умеет оценивать характеристики отдельных блоков систем передачи данных; составлять алгоритмы процедур помехоустойчивого кодирования для кодеров канала;
	Владеет навыками работы с простыми микросхемами, применяемыми в системах передачи данных; навыками составления математических программ для моделирования сигналов кодера речи и кодера канала;
ПК-3.2 Выбирает технологии для предоставления различных услуг связи в соответствии с потребительским спросом	Знает преимущества и недостатки программируемого радио
	Умеет составлять программы для программируемого радиоизмерять основные характеристики каналов связи программируемых приемопередатчиков USRP.
	Владеет навыками работы с новой радиоаппаратурой программируемого радио, необходимой для проведения практических занятий
ПК-3.3 Планирует развитие сети связи с учётом внедрения новых технологий	Знает проблемы внедрения когнитивного радио; преимущества когнитивного радио.
	Умеет проводить исследования программируемого радио по результатам измерений;
	Владеет приемами расчета основных характеристик каналов радиосвязи.

2. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 зачётных единиц (4 академических часов).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр	Практические занятия
ОК	Онлайн курс
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Международная практика регулирования использования радиочастотного ресурса	2	5	0	0	0	0	0	экзамен
2	Регулирование спектра в Российской Федерации	2	4	0	0	0	0	0	
3	Программируемое радио	2	5	0	0	0	0	0	
4	Когнитивное радио CRS	2	4	0	0	0	0	0	
5	Подключение радио USRP-2920 к локальной сети	2	0	0	4	0	11	0	
6	Формирование и измерение ВЧ сигналов в LabVIEW с помощью радиомодуля NI-USRP 2920	2	0	0	4	0	3	0	
7	Основы программирования в LabVIEW	2	0	0	4	0	10	0	
8	Детектирование сигналов в LabVIEW	2	0	0	4	0	3	0	
9	Программирование генератора несущей частоты в среде LabVIEW	2	0	0	4	0	10	0	
10	Модели распространения радиосигнала	2	0	0	4	0	3	0	
11	Спектры и ширина полосы излучений	2	0	0	4	0	14	0	
12	Вероятность ошибок BER	2	0	0	4	0	0	0	
13	Расчет спектра	2	0	0	4	0	0	0	
	Итого:	2	18	0	36	0	54	0	

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел 1. Международная практика регулирования использования радиочастотного ресурса. 5 час.

Тема 1. Критерии эффективности использования РЧС. 1 час.

Экономические, технические, функциональные оценки эффективности использования радиочастотного спектра. Единицы измерения радиочастотного ресурса. Конверсия радиочастот. Определения когнитивного радио CRS и программируемого радио SDR.

Национальный и международный аспект проблемы использования радиочастотного спектра. Спрос на радиочастотный ресурс превышает предложение. Радиочастотный ресурс как совокупность действующих и потенциально возможных частотных назначений на определенной территории, предназначенных для работы в эфире, удовлетворяющих требованиям МСЭ, и учитывающих диапазон частот, ширину занимаемого спектра частот, используемые технологии, временной период действия разрешения на использование указанного ресурса.

Радиочастотный ресурс (РЧР), диапазон частот, пригодный для связи, локации. Потребители РЧР - регионы, страны, области, радиослужбы, радиосистемы. Единица измерения радиочастотного ресурса, частота * пространство * время.

Например, [РЧР] = МГц * Кв. км * Год.

Тема 2. Регулирование использования радиочастотного спектра. 1 час.

Регулирование использования радиочастотного спектра в Российской Федерации. Межведомственный коллегиальный орган по радиочастотам при федеральном органе исполнительной власти в области связи – государственная комиссия по радиочастотам.

Регулирование использования радиочастотного спектра, исключительное право государства. Обеспечение регулирования законодательством и международными договорами при проведении экономических, организационных и технических мероприятий по конверсии радиочастотного спектра.

Принципы использования радиочастотного спектра в Российской Федерации. Разрешительный порядок доступа пользователей к радиочастотному спектру. Сближение российского распределения полос радиочастот и международного распределения частот. Право доступа всех

пользователей к радиочастотному спектру с учетом приоритета государственных служб.

Платность использования радиочастотного спектра. Недопустимость бессрочного выделения полос радиочастот, присвоения радиочастот или радиочастотных каналов. Конверсия радиочастотного спектра. Прозрачность и открытость процедур распределения и использования радиочастотного спектра.

Тема 3. Конверсия спектра 1 час.

Процесс конверсии, его организационно-технические мероприятия. Разработка условий совместного использования РЧС РЭС различного назначения, модернизация РЭС военного и спецназначения. Внедрение в полном объеме сети сотовой связи и МШПД на базе ИМТ почти во всех ранее выделенных для них в Российской Федерации полосах радиочастот категории ПР (правительственные), а также в диапазоне 1800 МГц категории СИ (совместного использования). Исключение - диапазоны ПР 2300 и 800 МГц.

Распределение на ВКР-15 полос радиочастот для ИМТ в Регионе 1 в диапазоне 1,5 ГГц категории ПР, в диапазоне 3,5 ГГц категории СИ. Диапазон 700 МГц (СИ), распределенный на ВКР-12, Невозможность использования полос радиочастот сетями ИМТ.

Конверсия радиочастотного спектра, расширение использования радиочастотного спектра радиоэлектронными средствами гражданского назначения, Федеральный закон от 7 июля 2003 года № 126_ФЗ "О связи".

Составляющие конверсии. Передача неиспользуемых частот от силовых структур в гражданское использование (несущественные затраты). Перевод РЭС силовых структур или гражданских пользователей в другие диапазоны (существенные затраты, проектирование). Показатели эффективности конверсии РЧР. Динамика роста доли радиочастотного спектра гражданского назначения. Ежегодный прирост налоговых доходов государства за счет конверсии. Ежегодный прирост налоговых доходов государства за счет перевода гражданских РЭС в другие диапазоны частот. Суммарная стоимость проектов конверсии и перевода РЭС в другие диапазоны частот.

Тема 4. Регламент радиосвязи. 1 час.

Три сектора МСЭ: Сектор радиосвязи, Бюро радиосвязи (БР) и Радиорегламентарный комитет (РПК), Сектор развития электросвязи, в состав которого входит Бюро развития электросвязи (БРЭ), и Сектор стандартизации электросвязи.

Документ, определяющий порядок управления использованием РЧС на международном уровне, Регламент радиосвязи МСЭ. Международная таблица распределения частот (МТРЧ) между службами.

Регламент радиосвязи, сборник основных международных постановлений, принятых Всемирными административными конференциями по радиосвязи. Определения терминов, относящихся к РЧС, к параметрам излучения радиосредств, к классификации излучений.

Порядок международного присвоения частот и координации действий стран в области использования частот, меры борьбы с радиопомехами. Регламент радиосвязи (РР): решения всемирных конференций радиосвязи, в том числе все Приложения, Резолюции и Рекомендации, а также Рекомендации МСЭ-Р.

Утверждение Радиорегламентарным комитетом правил процедуры. Дополнение Регламента радиосвязи разъяснениями применения регламентных положений.

Тема 5. Международная таблица распределения частот МСЭ. 1 час.

Международная таблица распределения частот МСЭ, компонент Регламента. Распределение полос частот внутри стран с учетом или в полном соответствии с Таблицей МТРЧ. Администрации связи определяют особенности использования радиочастот в данной стране.

Распределение РЧС и регистрация присвоенных радиочастот, обеспечение работы радиостанций различных стран, координация деятельности по исключению вредных помех между ними и повышению эффективности использования спектра частот.

Участки МТРЧ всего диапазона радиочастот (9 кГц...400 ГГц) для 40 радиослужб, определенные Регламентом. Исключительное распределение для интернационального использования оборудования. Совместное распределение, когда несколько радиослужб могут эффективно работать в одной и той же полосе частот.

Раздел 2. Регулирование спектра в Российской Федерации. 4 час.

Тема 6. Распределение радиочастот в Российской Федерации. 1 час.

Распределение радиочастотного спектра в таблице на полосы радиочастот для радиослужб. Признаки: назначение радиосвязи, трасса распространения радиоволн, подвижность технических средств. Изменения в развитии радиосвязи, радиотехнологии и конвергенция. Использование в таблице принципа распределения спектра на полосы по радиослужбам не отвечает достигнутому уровню развития радиосвязи. Необходимо изменение принципов построения таблицы.

Использование в научно-технической литературе и нормативно-правовых документах терминов, которые не имеют общепризнанных определений (радиотехнология, радиочастотный ресурс, перераспределение радиочастотного спектра). В терминологии МСЭ определение термина

"радиочастотный спектр" отсутствует, а в ФЗ "О связи" он трактуется как совокупность радиочастот в установленных МСЭ пределах, которые могут быть использованы для функционирования РЭС. Установленное Федеральным законом определение этого термина не тождественно близкому понятию "спектр", под которым понимается частотное распределение мощности, амплитуды тока или напряжения сигнала и представляется в координатах "уровень электромагнитного поля – радиочастота".

Тема 7. Комиссии и агентства по связи. 1 час.

Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, функции Администрации связи РФ при осуществлении международной деятельности в области связи.

Государственная комиссия по радиочастотам (ГКРЧ), межведомственный координационный орган, действующий при Министерстве связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Полномочия ГКРЧ в области регулирования радиочастотного спектра.

Организационные и технические меры по обеспечению использования радиочастот или радиочастотных каналов и соответствующих радиоэлектронных средств или высокочастотных устройств гражданского назначения во исполнение решений ГКРЧ обеспечение регулирования использования радиочастот и радиоэлектронных средств при Минсвязи - Государственной радиочастотной службой (ГРЧС).

Государственная радиочастотная служба Российской Федерации: Главный радиочастотный центр и семь радиочастотных центров федеральных округов. Главный радиочастотный центр, регулирование использования радиочастот централизованного назначения и РЭС гражданского применения на всей территории РФ, международно-правовая защита частотных присвоений РЭС наземных и спутниковых радиослужб РФ.

Государственная комиссия по радиочастотам, проведение работ по реализации технической политики в области использования РЧС и обеспечения электромагнитной совместимости. Координация действий федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц, связанных с обеспечением международно-правовой защиты частотных присвоений РЭС РФ.

Тема 8. Координация частот. 1 час.

Управление использованием РЧС на международном уровне, координация частот. Координация, процедура достижения соглашения между несколькими странами (Администрациями связи) о совместном использовании радиочастот. Цель координации, при введении в действие нового радиосредства обеспечить отсутствие вредных помех между всеми

существующими и планируемыми системами радиосвязи. Процедуры координации частот - средство динамического планирования спектрального и/или орбитального ресурса, обеспечивающее его более эффективное использование.

Участие в координации частот двух или более стран (Администраций связи). Действия координации: определение сопредельных стран, частотные назначения РЭС, которых могут быть затронуты; выполнение расчетов параметров возможных помех с применением рекомендаций и решений международных организаций связи; выполнение процедуры координации, определенной Регламентом радиосвязи, обмен данными. Публикация результатов координации в циркуляре Бюро радиосвязи МСЭ.

Тема 9. Система регулирования использования спектра. 1 час.

Управление использованием спектра на национальном уровне: государственное законодательство, политические принципы, Регламент радиосвязи и перспективный план использования спектра.

Основные документы, определяющие порядок управления РЧС на национальном уровне в России: национальная таблица распределения частот (НТРЧ), решения ГКРЧ и положения о порядке рассмотрения материалов, проведения экспертизы и принятия решения о выделении полос радиочастот для РЭС и высокочастотных устройств и о порядке проведения экспертизы, рассмотрения материалов и принятия решения о присвоении (назначении) радиочастот или радиочастотных каналов для РЭС в пределах выделенных полос радиочастот.

В соответствии с нормативными правовыми документами всей полнотой полномочий в области регулирования использования радиочастотного спектра обладает межведомственный коллегиальный орган по радиочастотам – Государственная комиссия по радиочастотам (ГКРЧ), созданная Правительством Российской Федерации. Объект регулирования - порядок использования радиочастотного спектра, регулятор этого объекта – ГКРЧ.

Регулирование использования радиочастотного спектра обеспечивается проведением экономических, организационных и технических мероприятий, связанных с конверсией радиочастотного спектра. Оценка эффективности использования радиочастотного спектра РЭС различного назначения - не основной фактор при решении вопросов использования радиочастотного спектра.

Раздел 3. Программируемое радио. 5 час.

Тема 10. SDR-устройства программируемого радио. 1 час.

SDR (Software-Defined Radio) - цифровые системы радиосвязи, в которых задачи обработки сигнала решаются в основном программными

средствами. Определение систем радиосвязи с программируемыми параметрами SDR Международного союза электросвязи: " Радиопередатчик и/или радиоприемник, использующий технологию, позволяющую с помощью программного обеспечения устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры. Включая, в частности, диапазон частот, тип модуляции или выходную мощность".

Преимущество SDR-устройств — добавление новых опций и протоколов с помощью простой замены программного обеспечения. В соответствии с Регламентом Радиосвязи системы SDR и CRS не являются службами радиосвязи, SDR и CRS и могут работать в рамках любой радиослужбы.

Применение программируемого радио для военных целей и для служб сотовой телефонии, обслуживание множество радиопrotocolов, меняющихся в реальном времени. Гибкость устройств, на одной плате можно создать устройство с поддержкой физических уровней различных протоколов беспроводной связи (WCDMA, WiMAX, TD-SCDMA).

SDR адаптируется к спектру протоколов, так что могут взаимодействовать разные модели и сети. Применение SDR обеспечивает соответствие постоянно развивающимся стандартам, снижает стоимость изделия и затраты на его разработку.

Военный проект США, названный SpeakEasy, одна из первых инициатив по SDR. Цель проекта - использование программируемой обработки для эмуляции более десяти существующих военных систем радио, работающих в диапазоне от 2 до 2000 МГц. Создание возможности быстрой реализации новых стандартов кодирования и модуляции в будущем.

Европейский институт стандартизации (ETSI) планирует работу SDR на всех частотах от 9 кГц до 300 ГГц. SDR-устройство сможет принимать/передать и модулировать/демодулировать сигнал во всех полосах частот и всех режимах модуляции.

Тема 11. Схемы и компоненты программируемого радио. 2 час.

Использование в первых SDR-приемниках вместо демодулятора аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Демодуляция и частично фильтрация сигнала в сигнальном процессоре DSP (digital signal processor). Современные микросхемы АЦП обладают достаточным быстродействием, чтобы преобразовывать аналоговый сигнал промежуточной частоты в цифровой код.

Процессоры DSP с мощной вычислительной структурой реализуют различные алгоритмы обработки информационных потоков. Невысокая цена,

развитые средства разработки программного обеспечения позволяют легко внедрять подобные системы для реализации радиосхем.

Приемная часть микросхемы DSP CMX980A обеспечивает прием синфазной I и квадратурной Q составляющих сигналов и преобразование их в цифровую форму после соответствующей фильтрации. Микросхема содержит вспомогательные АЦП, ЦАП и три канала связи с последовательным портом РС. Через эти каналы могут быть загружены коэффициенты для цифровых фильтров.

Структурная схема современного SDR-приемника. Входной сигнал усиливается малошумящим усилителем и делится на компоненты I и Q путем смешивания с сигналом гетеродина из синтезатора частот в ФАПЧ, для получения квадратурной компоненты смещается на 90° .

Частота гетеродина подстраивается под частоту сигнала, чтобы разность выходных сигналов смесителей была равна нулю в отсутствие модуляции. Для модулированного сигнала она равна сигналу основной полосы или исходному модулированному сигналу. Архитектура прямого преобразования или преобразования с нулевой промежуточной частотой.

В современных передатчиках DSP-модулятор разделяет передаваемые данные на I и Q и передает их на повышающий преобразователь и ЦАП. Сигнал фильтруется и поступает в смеситель для повышения частоты до частоты передачи. Затем сигнал проходит через усилитель и подается на антенну.

Цифровыми методами выполняются следующие функции: фильтрация (НЧ, ВЧ, полосовые и заграждающие фильтры), модуляция (АМ, FM, PM, FSKM, BPSK, QPSK, QAM, OFDM, др.), демодуляция, выравнивание, сжатие и восстановление, анализ спектра. Сигнальный процессор берет на себя большую часть функций, которые раньше выполнялись в аналоговых схемах.

Программным методом настраиваются рабочая частота, полоса пропускания, скорость, количество несущих частот, тип модуляции и другие параметры. Новые параметры либо загружаются с носителя или по беспроводному каналу, либо вводятся напрямую и другими методами. Программируемое радио может заменить их и работать как на одной полосе частот, так и на нескольких одновременно.

Тема 12. Компьютерная реализация программируемого радио. 2 час.

Система SDR может состоять из ПК с устройствами ввода-вывода (АЦП и ЦАП), перед которыми включены некоторые РЧ-устройства. Часть обработки сигналов выполняется на процессоре общего назначения, а не на специальном аппаратном обеспечении. Такая схема позволяет реализовывать

радиоустройства, которые могут принимать и передавать различные радиопротоколы при помощи программного обеспечения.

Принцип SDR технологий - слияние компьютера и радиопередатчика или радиоприемника. Ранее радиостанции имели набор встроенных функций, которые были ограничены оборудованием. SDR использует несколько уровней программного обеспечения для выполнения различных задач пользователя. Как правило, применяемые SDR устройства строятся на основе сигнальных процессоров DSP или программируемых матрицах FPGA.

Широкополосный приёмник принимает, не расшифровывая, любые радиосигналы. Скоростной аналого-цифровой преобразователь конвертирует их в поток битов, а компьютер со специальным программным обеспечением определяет, что же именно было принято и преобразует эти биты, например, в голос человека или формирует страницу интернет.

Основные элементы SDR — АЦП, ЦАП и сигнальные процессоры DSP. Частота выборки преобразователя постоянно повышается, преодолев уже гигагерцевый рубеж. Например, преобразователь ADC12Dxx00RF Texas Instruments имеет частоту выборки до 3,6 млрд выб/с. Процессор должен успевать обрабатывать данные.

Часто DSP реализуются на матрицах FPGA. Такие функции как быстрое преобразование Фурье могут быть выполнены с помощью цифровых логических схем и легко реализуются на FPGA. Поскольку стоимость матрицы постоянно снижается, они приобретают все большую привлекательность в качестве замены сигнальным процессорам.

Другой вариант — логические элементы с жесткими соединениями, которые можно использовать для реализации функций, не требующих гибкости программирования, таких как протоколы связи. Логические схемы имеют высокое быстродействие и малое потребление, занимают немного места на кристалле. Такие логические блоки часто называют аппаратными ускорителями. Например, микросхема TMS320TC6614. Ее структура. Блок логического ускорителя делится на три части. В большинстве ускорителей первого уровня используются алгоритмы DSP.

Раздел 4. Когнитивное радио CRS. 4 час.

Тема 13. Автоматическая перестройка частоты. 2 час.

Внедрение технологии радиосвязи с программируемыми параметрами и использованием когнитивного управления - один из подходов обеспечения эффективного использования радиочастотного спектра, основанного на его динамичном управлении и гибком использовании.

Следующий шаг после SDR - создание радиостанции с интеллектуальным управлением, которая автоматически сможет

устанавливать связь в реальном времени. Подход к построению интеллектуальных радиосистем, получивший название когнитивное радио, является передовой технологией, позволяющей обеспечить рациональное использование радиочастотного спектра.

Когнитивный блок должен обладать следующей функциональностью:

Возможностью наблюдать за окружающей радиосредой; адаптироваться в этой постоянно изменяющейся среде; планировать действия; решать; обучаться; действовать.

Радиосвязь предлагает все больше услуг, использующих различные технологии и радиointерфейсы. В таком сложном радиопространстве когнитивная способность терминала является ключевой и может обеспечить оптимизацию использования радиоресурсов.

Когнитивное радио можно определить как технологию беспроводной связи, которая способна адаптироваться к условиям среды распространения сигнала с автоматическим управлением на основе измерений, сделанных самим радиоустройством. Учитывая информацию о радиопространстве, когнитивное радио сможет переключаться на наиболее подходящую технологию и частоту для предоставления требуемой услуги.

Стандарт беспроводной связи может отличаться в разных странах мира. С такой проблемой когнитивное радио справится тоже. Такая технология позволит пользователю мобильного устройства не задумываться о переходе со стандарта на стандарт и связанной с этим необходимостью иметь несколько мобильных устройств. Когнитивное устройство получит доступ к связи по различным стандартам и их различным национальным вариациям.

Тема 14. Техническая реализация когнитивного радио. 2 час.

Определение систем когнитивного радио CRS рабочей группы 1В МСЭ-R. "Система когнитивного радио (CRS): Радиосистема, использующая технологию, позволяющую этой системе получать знания о своей среде эксплуатации и географической среде, об установившихся правилах и о своем внутреннем состоянии; динамически и автономно корректировать свои эксплуатационные параметры и протоколы, согласно полученным знаниям, для достижения заранее поставленных целей; и учиться на основе полученных результатов".

Когнитивные радиостанции должны иметь встроенные системы для автоматического мониторинга окружающей среды. Система мониторинга оценивает, в первую очередь, анализ применения средств радиоэлектронного подавления, состояние канала связи, на основе чего принимается решение о лучшем способе эксплуатации. Они смогут выбирать менее загруженные

участки диапазона, выбирать наилучшие схемы модуляции и кодирования сигнала и т.д.

Функции когнитивного радио:

- осуществление мониторинга спектра (spectrum sensing) с целью обнаружения неиспользуемых в данный момент времени диапазонов радиочастот (спектральных дыр) первичными пользователями, т. е. пользователями, закрепленными за данным диапазоном;

- выполнение анализа параметров радиоканала, оценка канальной информации, предсказание состояния радиоканала;

- осуществление в режиме реального времени динамического управления спектром, с коррекцией значений своих операционных параметров (несущей частоты, вида модуляции, излучаемой мощности);

- предоставление вторичным пользователям (не закрепленным за данным частотным диапазоном) возможности использовать диапазоны первичных пользователей на время, в течение которого данный диапазон не используется первичным пользователем.

Систему когнитивного радио можно организовать следующими двумя способами:

- с использованием базы данных, содержащей информацию об окружающем радиопространстве (например, о технологиях радиодоступа);
- с использованием контрольного канала (Cognitive Pilot Channel, CPC).

Концепция использования базы данных может применяться для работы в «белых пятнах» (незанятых или частично занятых полосах частот).

В настоящее время вопросы разработки исследования алгоритмов, предназначенных для использования в системах когнитивного радио, находятся в стадии исследования.

Работы по изучению программируемого радио SDR и когнитивного радио CRS проводились и проводятся в Международном союзе электросвязи.

Исследования по тематике Cognitive Radio и Software Defined Radio ведутся в ряде международных и национальных институтов: IEEE (США),

Communication Research Centre (Канада), National Institute of Information and Communications Technology (Япония), Radio Communications Agency (Нидерланды).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия

Практическое занятие 1. Подключение радио USRP-2920 к локальной сети. 4 час.

Аппаратура модуля USRP обращается к управляющему ПК по локальной подсети, используя постоянные IP адреса. Хотя многие современные ПК включают встроенный сетевой интерфейс Gigabit, NI рекомендует установить сетевую карту Gigabit Ethernet для каждого ПК и настроить ее для использования с аппаратным оборудованием USRP. Это позволит поддерживать отдельные сетевые подключения ПК к локальной сети университетского городка, Интернету, и т.д.

Сетевому адаптеру управляющего ПК и каждому USRP необходимо назначить уникальный постоянный IP адрес. Драйвер NI-USRP включает Утилиту Настройки, позволяющую установить IP адрес для аппаратного оборудования USRP. Обратитесь к Руководству «Приступая к Работе» для дополнительной информации по настройке IP адресов USRP и сетевого адаптера управляющего ПК.

Подключение радиомодуля USRP 2920 к компьютеру, присваивание модулю IP адреса. Ознакомление с запуском радиоприемника, изучение FM приема. Запуск Module Tool Kit (Progr. Files-National Instruments-LabVIEW-example-instr.- niUSRP - Module tool kit). Поиск радиостанций Владивостока в диапазоне 70-110 МГц.

Запись параметров радиоприема в файл для каждой принятой радиостанции. Анализ уровня принимаемого сигнала и качество звучания при частоте дискретизации 200 kS/sec, девиации частоты 30 кГц.

Запись осциллограмм спектра принятых радиоприемником сигналов в файл для каждой принятой радиостанции.

Анализ влияния полосы пропускания на качество звукового сигнала радиостанции. Определение минимальной полосы пропускания, при которой возможно прослушивание звукового сигнала приемника.

Анализ работы отдельных блоков радиоприемника, составленной в LabVIEW.

Практическое занятие 2. Формирование и измерение ВЧ сигналов в LabVIEW с помощью радиомодуля NI-USRP 2920. 4 час.

Подключение генератора и осциллографа в среде LabVIEW. Изменение частоты генератора и измерение частоты с помощью осциллографа.

Запуск программы LabVIEW. Открытие блок-диаграммы собранной схемы Show Block Diagram через вкладку Window. Для подключения осциллографа необходимо правой кнопкой мыши открыть окно осциллографа Controls-Graph-Waveform Graph.

Для подключения генератора правой кнопкой мыши открыть Function-Waveform-Analog Waveform-Generation-Basic FuncGeneration. В окне Block Diagram необходимо блочно собрать передатчик. Через панель Functions-

Instrument-NI-USRP-TX. Необходимо подсоединить все 4 блока в TX (Open+Conf+Write+Close). Для сборки схемы использовать цикл.

Open Tx Session инициализирует сессию передатчика, генерирует идентификатор сессии и кластер ошибок, которые передаются через все четыре функции. При использовании этой функции необходимо добавить элемент управления “device names” (имена устройств), посредством которого сообщается LabVIEW IP адрес или имя ресурса USRP.

Configure Signal - используется для задания значений параметров USRP. Подключение четырех элементов управления и трех индикаторов к функции (Create-Control).

Установить параметры передатчика: Частота IQ равна 200 кОтсчетов/с (наименьшее возможное значение), несущая частота равна 915.1 МГц, коэффициент усиления равен 0 дБ. В качестве активной антенны установить TX1.

Как правило, реальные значения параметров будут совпадать с заданными, однако если значения одного или нескольких заданных параметров лежат за пределами возможностей USRP, вместо сообщения об ошибке будет выбрано ближайшее допустимое значение параметра.

Write Tx Data записывает модулирующий (baseband) сигнал в USRP для передачи. Помещение этой функции в цикл while позволяет циклически посылать блок отсчетов модулирующего сигнала, пока не будет нажата кнопка "stop". Цикл while запрограммирован на остановку при обнаружении ошибки.

Практическое занятие 3. Основы программирования в LabVIEW. 4 час.

Ознакомление с учебными пособиями для изучения основ программирования “Васильев_Основы программирования LabView.pdf”, “Климентьев_Основы LabView.pdf”, “Михеев_Учебный курс LabVIEW.pdf”.

Прочтение правил программирования в LabVIEW в пособии “Васильев А.С., Лашманов О.Ю. Основы программирования в среде LabVIEW. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 82 с.”

Выполнение нескольких примеров программирования из указанных трех источников. Выполнение примеров программирования из файла LabVIEW Intro (RUS).pdf (“Исследование физического уровня с использованием программируемого приемопередатчика NI USRP”), файл находится на компьютере преподавателя.

Выполнение примера программирования “3.1 Создание устройства генерирования основных синусоидальных импульсов ВЧ” из файла DWC-USRP - Manual for Student.pdf. Используемые виртуальные приборы (ВП):

USRP, USRP_ArbGen, USRP_Spectral Monitoring.

Формирование в передатчике массивов чисел, передача их в приемник:

- числовая последовательность задана случайно
- числовая последовательность задается вручную.

Для передачи массива чисел используется готовый передатчик с применением 4QAM модуляции. В выбранный передатчик уже встроен генератор числовых последовательностей, он формирует их случайно, для

того чтобы идентифицировать ее необходимо подключить индикатор (modulated bitstream) к этому генератору.

Практическое занятие 4. Детектирование сигналов в LabVIEW. 4 час.

Элементы амплитудного детектора, устанавливаемые на блок-схеме виртуального прибора в LabVIEW: умножение на -1 при отрицательных напряжениях сигнала на входе детектора, фильтр Чебышева нижних частот, для сглаживания пульсаций сигнала, пиковый вольтметр для фиксации амплитудных значений за период сигнала, компаратор для формирования дискретного сигнала. Выходной сигнал компаратора содержит два дискретных уровня логического нуля и логической единицы.

Настройку собранной схемы необходимо выполнить при синусоидальном входном сигнале детектора.

Элементы фазового детектора, устанавливаемые на блок-схеме виртуального прибора в LabVIEW: умножение на сигнал опорного генератора, фильтр Чебышева нижних частот, для сглаживания пульсаций сигнала, пиковый вольтметр для фиксации амплитудных значений за период сигнала, компаратор для формирования дискретного сигнала. Выходной сигнал компаратора содержит два дискретных уровня логического нуля и логической единицы.

Элементы частотного детектора, устанавливаемые на блок-схеме виртуального прибора в LabVIEW: умножение на сигналы двух опорных генераторов, фильтр Чебышева нижних частот, для сглаживания пульсаций сигнала, пиковый вольтметр для фиксации амплитудных значений за период сигнала, компаратор для формирования дискретного сигнала. Выходной сигнал компаратора содержит два дискретных уровня логического нуля и логической единицы.

Практическое занятие 5. Программирование генератора несущей частоты в среде LabVIEW. 4 час.

Запуск программы LabVIEW. Создание нового файла и сохранение его в рабочей папке. Составление схемы, состоящей из генератора синусоидальных колебаний и подключенного к нему осциллографа. В блок-диаграмме необходимо использовать элементы палитры Functions – Waveform – Analog Wfm – Generation для создания генератора и Functions – Waveform – Analog Wfm – Measurements для создания осциллографа.

Установка частоты генератора высокочастотного сигнала $F_{ген} = 900$ МГц и измерение ее осциллографом. Частоту квантования точек синусоиды F_s необходимо подобрать из условия $F_s \gg F_{ген}$. Регулировка частоты квантования F_s выполняется блоком Sampling info.

Сборка схемы передатчика Tx на одном компьютере и схемы приемника Rx на другом компьютере из руководства для студентов “Цифровая беспроводная связь. Лаборатория исследования физического уровня с использованием платформы NI USRP. Руководство по лабораторному практикуму для студента.” Руководство составлено как на русском языке, так и на английском в файлах документации DWC-USRP.

Установка частоты генератора передатчика 900 МГц и измерение осциллографом принятый сигнал в приемнике немодулированной несущей. В приемнике должен приниматься сигнал при включенном генераторе передатчика. Выключение генератора передатчика должно свести к нулю принятый сигнал Rx.

Практическое занятие 6. Модели распространения радиосигнала. 4 час.

Исследователями выделяются три группы моделей (методов) расчета зоны покрытия радиосети: статистические, детерминированные, квазидетерминированные.

К статистическим методам расчета относятся модели Окамура-Хата, COST 231, Уолфиш-Икегами и пр. В их основе лежат обобщенные статистические формулы затухания радиосигнала в различных типах застройки (городская, пригородная, сельская). Точность расчета зависит от тщательного подбора эмпирических коэффициентов, основанного на анализе карт местности. В настоящий момент большинство операторов сотовой связи использует для планирования сетей программные продукты, основанные именно на этих моделях, однако несовершенство компьютерных карт местности и усредненные коэффициенты приводят к достаточно большой ошибке. К числу достоинств данных моделей можно отнести сравнительно небольшое время расчета.

Детерминированные методы расчета зон покрытия основаны на использовании физических моделей распространения радиоволн. В них учитываются ослабление в свободном пространстве, отражение от местных объектов, дифракция на препятствиях, поглощение, преломление электромагнитных волн. Расчет основан на многолучевой модели распространения радиоволн. Плюсом данной технологии является достаточно высокая точность расчета. На практике детерминированный метод практически не применяется, т.к. в условиях городской застройки со сложной архитектурой расчет покрытия занимает огромное количество времени, сопоставимое со временем развертывания сети. Это вызвано не только вычислительными затратами на расчет многолучевого распространения радиоволн, но и необходимостью точного моделирования городской среды с учетом архитектурных особенностей, материалов строений, что практически невозможно в масштабах крупного населенного пункта.

Квазидетерминированный метод отличается следующими особенностями: применяется многолучевая модель распространения радиоволн, преломление заменяется ослаблением; используются среднестатистические коэффициенты отражения для каждого диапазона частот; поглощение рассчитывается с учетом длины луча в строении/лесу/парке; используется адаптивный алгоритм расчета, учитывающий различные направления прихода прямой и отраженной волн; существует возможность учета диаграмм направленности каждой антенны. Данная модель имеет большую точность по сравнению со статистическими методами, однако вычислительные затраты гораздо больше.

В документации по LTE предусматривается использование для моделирования 3 сценариев распространения радиоволн, в зависимости от расстояний между базовыми станциями (БС) и других условий:

- пригородная макросота (ориентировочное расстояние между БС 3км);
- городская макросота (ориентировочное расстояние между БС 3км);
- городская микросота (ориентировочное расстояние между БС менее 1км).

Для каждого из сценариев необходимо использовать свои модели распространения радиоволн в пространстве.

Практическое занятие 7. Спектры и ширина полосы излучений. 4 час.

Полоса частот Δf , которая отводится отдельному каналу связи, является одним из основных параметров в системе связи. С уменьшением полосы частот увеличивается количество каналов связи в выделенном участке спектра ΔF , следовательно, и количество одновременно работающих пользователей в сети. Эффективность использования радиоспектра сотовой связи оценивается по количеству абонентов, которое может быть обслужено на территории действия радиосети в пределах выделенного частотного диапазона.

Уменьшение полосы частот модулированного сигнала Δf приводит к уменьшению скорости передачи информации. Поэтому наряду с фильтрами, ограничивающими полосу частот модулированного сигнала, применяют многоуровневую модуляцию. В результате сохраняется скорость передачи информации для передачи низкоскоростных данных, но возрастает вероятность ошибок после обработки высокочастотного сигнала в приемном тракте.

Чрезмерное уменьшение полосы частот канала до величины меньшей оптимального значения приводит к недопустимому искажению формы принятого сигнала в высокочастотном тракте, снижению его помехозащищенности и увеличению количества неправильно принятых бит в приемнике с цифровым каналом связи.

Оценка спектра на основе сравнения внеполосной излучаемой мощности и необходимой полосы. Пунктирной линией показан расчетный спектр с шириной B_n , оптимальной для конкретного класса излучения – амплитудной, частотной или фазовой манипуляции, однополосной с подавленной несущей или двухполосной.

Сплошной линией изображен спектр, формируемый передатчиком, который уже оптимального спектра. Его внеполосный спектр слева и справа от полосы B_n меньше заданной относительной величины β . Мощность внеполосного излучения равна сумме заштрихованных площадей спектральной плотности, расположенных слева и справа от основной занимаемой полосы B_n .

Рекомендуемой относительной величиной мощности является уровень $\beta=0,01$. Это означает, что 99% мощности излучаемого сигнала находится в основной полосе, и 1% мощности приходится на внеполосное излучение. По 0,5%, т.е. $\beta/2$, слева и справа от основной полосы Вп. Приведенный вариант показывает, что внеполосное излучение составляет менее рекомендуемого уровня 1% при $\beta=0,01$. Несмотря на то, что уровень побочных излучений снизился, сигнал на приемной стороне будет приниматься с большими искажениями, качество приема недостаточное. Полоса выбрана меньше необходимого значения.

Выделение ширины полосы сверх оптимальной величины уменьшает отношение полезного сигнала к помехе, что также снижает достоверность принятой информации. В этом случае процент помех возрастает из-за увеличения полосы частот, выделенной передатчику и приемнику для отдельно взятого канала связи Δf .

Расчет и выбор оптимальной полосы частот Вп зависит не только от вида манипуляции, но и от назначения системы радиосвязи. В радиолокации достаточно широкая полоса выбирается исходя из точности воспроизведения импульсного сигнала приемником. Точность измерения расстояния зависит от времени запаздывания отраженного импульса относительно излучаемого импульса передатчиком. Чем больше отведенная радиолокационной системе полоса частот, тем ближе форма переданного и принятого импульса к прямоугольной. Тем точнее измеряется время между двумя импульсами.

В системах передачи данных первоочередное значение имеет не прямоугольность импульса, а способность приемника отличить один логический уровень сигнала от другого для достоверного приема информации. Форму прямоугольного сигнала в передатчике преднамеренно искажают, чтобы сузить спектр и уменьшить уровень помех, действующих в радиоканале. По этой причине нельзя сравнивать эффективность использования радиоспектра радиолокационных систем и систем передачи данных.

Расчет и сравнение полосы частот при амплитудной, фазовой и частотной манипуляции.

Практическое занятие 8. Вероятность ошибок BER. 4 час.

Качество работы демодулятора и декодера характеризуется частотой, с которой возникают ошибки декодируемой последовательности. Средняя вероятность ошибки на бит для выходных символов декодера - характеристика качества демодулятора-декодера. Вероятность ошибки функция от характеристик кода, формы сигналов, используемых для передачи информации по каналу, мощности передатчика, характеристик канала, методов демодуляции и декодирования.

Характеристики переданного по каналу связи сигнала синусоиды - амплитуда, частота и фаза. Разность между исходным и восстановленным сигналом - мера искажения, внесённого цифровой системой связи.

Один и тот же процент ошибок канала связи - разное влияние на качество предоставляемых услуг. Передача речевого сигнала или данных

(файлы, интернет) требуют разной вероятности ошибки на бит. В измерительных приборах среднюю вероятность ошибок обозначают величиной BER (bit error rate), или коэффициентом битовых ошибок. Параметр ошибки BER - основной параметр измерения цифровых систем передачи и коммутации.

Для линий телефонной связи принят пороговый уровень $BER_{MAX} = 0,03$. Не более 3 искаженных помехами бит в блоке из 100 бит речевого сигнала. В канале передачи данных высокого качества требуется $BER_{MAX} = 10^{-6}$. Большинство приборов для измерения параметров сигналов с цифровой модуляцией имеют нижнюю границу диапазона измерения параметра BER 10^{-8} или 10^{-9} , реже — 10^{-10} , 10^{-11} .

Достоверность принятия решения в приемнике о переданном цифровом сигнале по каналу связи прямо пропорциональна энергии принятого символа E_0 и обратно пропорциональна спектральной плотности помехи N_0 . В отличие от аналоговых систем связи в цифровой связи качество приема оценивается не отношением мощностей $P_{сигнал}/P_{помехи}$, а отношением энергий полезного сигнала и помехи E_0/N_0 .

Расчет вероятности ошибок для амплитудной, фазовой и частотной манипуляции.

Практическое занятие 9. Расчет спектра. 4 час.

Расчет спектра в среде Mathcad. Составление программ по расчету спектра в Mathcad для амплитудной, фазовой и частотной манипуляции.

Ширина спектра по рекомендации МККР с составляющими не менее 1% от амплитуды немодулированного сигнала.

Исходные данные для расчета спектра: амплитуда и частота сигнала, скорость передачи. Графики спектрального состава.

Сравнение двухуровневых и многоуровневых схем манипуляции по занимаемой полосе частот при одинаковой скорости передачи.

5. СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Приводятся рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы в целом по курсу.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Дата/сроки выполнения	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	Подготовка задач и теоретических лекционных вопросов к контрольной работе №1	1-6 недели	11 час.	Конспект с задачами

2	Подготовка к выполнению контрольной работы №1	6-ая неделя	3 час.	Контрольная работа 1
3	Подготовка задач и теоретических лекционных вопросов к контрольной работе №2	7-12 недели	10 час.	Конспект с задачами
4	Подготовка к выполнению контрольной работы №2	12-ая неделя	3 час.	Контрольная работа 2
5	Подготовка задач и теоретических лекционных вопросов к контрольной работе №3	13-17 недели	10 час.	Конспект с задачами
6	Подготовка к выполнению контрольной работы №3	17-ая неделя	3 час.	Контрольная работа 3
7	Подготовка к экзамену	18 неделя	14 час.	Зачет, представление портфолио

Задания для самостоятельной работы к практическому занятию 5.

Методы повышения эффективности РЧ - спектра. Критерии эффективности. Единицы измерения радиочастотного ресурса. Конверсия радиочастот. Определения когнитивного радио CRS и программируемого радио SDR.

Задания для самостоятельной работы к практическому занятию 6.

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом For. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и количество итераций в цикле (не менее 7). Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задания для самостоятельной работы к практическому занятию 7.

Планы использования полос радиочастот. Всемирные и региональные планы для радиослужб. Примеры планов назначения радиочастот.

Задания для самостоятельной работы к практическому занятию 8.

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I8, U16, SGL. Для чисел SGL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

6. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Международная практика регулирования использования радиочастотного ресурса	ПК-3.1 Анализирует перспективы внедрения передового отечественного и зарубежного опыта в области предоставления услуг связи	Знает направления развития технических средств с лучшим использованием радиочастотного ресурса;	отчет №1	контрольная работа №1
			Умеет оценивать характеристики отдельных блоков систем передачи данных; составлять алгоритмы процедур помехоустойчивого кодирования для кодеров канала;	отчет №2	контрольная работа №1
			Владеет навыками работы с простыми микросхемами, применяемыми в системах передачи данных; навыками составления математических программ для моделирования сигналов кодера речи и кодера канала;	отчет №1, отчет №2	контрольная работа №1
2	Раздел 2. Регулирование спектра в Российской Федерации	ПК-3.2 Выбирает технологии для предоставления различных услуг связи в соответствии с потребительским спросом	Знает преимущества и недостатки программируемого радио	отчет №3	контрольная работа №2
			Умеет составлять программы для программируемого радио измерять основные характеристики каналов связи программируемых приемопередатчиков USRP.	отчет №4	контрольная работа №2
			Владеет навыками работы с новой радиоаппаратурой программируемого радио,	отчет №3, отчет №4	контрольная работа №2

Добавлено примечание ([ГАА1]): Указывается название оценочного средства и его код согласно Положению о ФОС ДВФУ. Например: собеседование (УО-1). Если используется оценочное средство, не указанное в Положении о ФОС, приводится только его название, без кода.

Добавлено примечание ([ГАА2]): Промежуточная аттестация – это зачет или экзамен! В данной графе указываются номера вопросов к экзамену (зачету) согласно списку вопросов в Приложении, а также типы задач, практических заданий для проверки умений, владений согласно типовым задачам, заданиям, размещенным в Приложении 2.

			необходимой для проведения практических занятий		
3	Раздел 3-4. Программируемое радио. Когнитивное радио CRS	ПК-3.3 Планирует развитие сети связи с учётом внедрения новых технологий	Знает проблемы внедрения когнитивного радио; преимущества когнитивного радио.	отчет №5	контрольная работа №3
			Умеет проводить исследования программируемого радио по результатам измерений;	отчет №6	контрольная работа №3
			Владеет приемами расчета основных характеристик каналов радиосвязи.	отчет №5, отчет №6	контрольная работа №3

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие результаты обучения, представлены в Приложении.

7. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Корниенко С.А. Основы государственного регулирования использования радиочастотного спектра в Российской Федерации [Электронный ресурс]: лабораторный практикум/ Корниенко С.А.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016.— 98 с.— Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-66035&theme=FEFU>

2. Корниенко С.А. Техническое обеспечение государственного регулирования использования радиочастотного спектра в Российской Федерации [Электронный ресурс]: лабораторный практикум/ Корниенко С.А.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016.— 98 с.— Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-66037&theme=FEFU>

3. Основы управления использованием радиочастотного спектра т. 1. Международная и национальная системы управления РЧС. Радиоконтроль и радионадзор / [М. А. Быховский и др.] ; под ред. М. А. Быховского. М.:Красанд, 2012. - 318 с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663941&theme=FEFU>

4. Основы управления использованием радиочастотного спектра т. 3 . Частотное планирование сетей телерадиовещания и подвижной связи. Автоматизация управления использованием радиочастотного спектра/ под ред. М. А. Быховского. М.:Красанд, 2012. - 367 с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663945&theme=FEFU>

Дополнительная литература

1. Бузов А.Л., Быховский М. А., и др. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Уч. пособие /Под ред. М. А. Быховского. — М.: Эко-Трендз, 2012. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663938&theme=FEFU>

2. Пустовойтов Е.Л. Учебно-методическое пособие по дисциплине Электромагнитная совместимость и управление радиочастотным спектром [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский технический университет связи и информатики, 2015.— 15 с.— Режим доступа:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-63374&theme=FEFU>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Видео-конференц-связь (Платформа Microsoft Teams)
2. NI LabVIEW 2015 – пакет прикладных программ для проектирования электронных схем радиопередающих и радиоприемных устройств связи;
3. Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов;
4. MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс кафедры электроники и средств связи, Ауд. Е727, 10	Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов. NI LabVIEW 2015 – пакет прикладных программ для проектирования электронных схем радиопередающих и радиоприемных устройств связи.

	MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете
	Платформа Microsoft Teams

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением, расположенных по адресу Приморский край, г. Владивосток, Фрунзенский р-н г., Русский Остров, ул. Аякс, п, д. 10:

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы ¹	Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебные аудитории для проведения учебных занятий:		
E727	Лекционная аудитория оборудована маркерной доской, аудиопроигрывателем, Проектором, компьютерами	Microsoft Office, NI LabVIEW 2015, MATLAB R2016a
Помещения для самостоятельной работы:		
E727 аудитория для самостоятельной работы студентов	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty	Microsoft Office, NI LabVIEW 2015, MATLAB R2016a
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.	Microsoft Office Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ptt.; - лицензия на право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу

Добавлено примечание ([НРНЗ]): Здесь прописываем номера аудиторий

¹ В соответствии с п.4.3.1 ФГОС

		Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия на право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.
--	--	---

Х. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств представлены в приложении.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Эффективность использования радиочастотного
спектра в цифровых каналах связи»
**Направление подготовки 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии
и системы связи**
Профиль «Эффективность использования радиочастотного спектра в
цифровых каналах связи»
Форма подготовки очная

Владивосток
2021

Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины / модуля

Добавлено примечание ([ГАА4]): Таблица копируется из п.6 РПД

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Международная практика регулирования использования радиочастотного ресурса	ПК-3.1 Анализирует перспективы внедрения передового отечественного и зарубежного опыта в области предоставления услуг связи	Знает направления развития технических средств с лучшим использованием радиочастотного ресурса.	отчет №1	контрольная работа №1
			Умеет оценивать характеристики отдельных блоков систем передачи данных; составлять алгоритмы процедур помехоустойчивого кодирования для кодеров канала;	отчет №2	контрольная работа №1
			Владеет навыками работы с простыми микросхемами, применяемыми в системах передачи данных; навыками составления математических программ для моделирования сигналов кодера речи и кодера канала;	отчет №1, отчет №2	контрольная работа №1
2	Раздел 2. Регулирование спектра в Российской Федерации	ПК-3.2 Выбирает технологии для предоставления различных услуг связи в соответствии с потребительским спросом	Знает преимущества и недостатки программируемого радио	отчет №3	контрольная работа №2
			Умеет составлять программы для программируемого радио измерять основные характеристики каналов связи программируемых приемопередатчиков USRP.	отчет №4	контрольная работа №2
			Владеет навыками работы с новой радиоаппаратурой программируемого радио,	отчет №3, отчет №4	контрольная работа №2

Добавлено примечание ([ГАА5]): Указывается название оценочного средства и его код согласно Положению о ФОС ДВФУ. Например: собеседование (УО-1). Если используется оценочное средство, не указанное в Положении о ФОС, приводится только его название, без кода.

Добавлено примечание ([ГАА6]): Промежуточная аттестация – это зачет или экзамен! В данной графе указываются номера вопросов к экзамену (зачету) согласно списку вопросов в Приложении, а также типы задач, практических заданий для проверки умений, владений согласно типовым задачам, заданиям, размещенным в Приложении 2.

			необходимой для проведения практических занятий		
3	Раздел 3-4. Программируемое радио. Когнитивное радио CRS	ПК-3.3 Планирует развитие сети связи с учётом внедрения новых технологий	Знает проблемы внедрения когнитивного радио; преимущества когнитивного радио.	отчет №5	контрольная работа №3
			Умеет проводить исследования программируемого радио по результатам измерений;	отчет №6	контрольная работа №3
			Владеет приемами расчета основных характеристик каналов радиосвязи.	отчет №5, отчет №6	контрольная работа №3

Оценочные средства для текущего контроля

Приводятся типовые оценочные средства для текущей аттестации и критерии оценки к каждому из них (оценочное средство – пример заданий – критерий оценки). Должно быть столько оценочных средств, сколько заявлено в таблице выше и в п.6 РПД в столбце «Текущий контроль».

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Шкала оценивания промежуточной аттестации			
		Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ПК-3.1 Анализирует перспективы внедрения передового отечественного и зарубежного опыта в области предоставления услуг связи	Знает направления развития технических средств с лучшим использованием радиочастотного ресурса.	<i>Знать способы регулирования радиочастотного ресурса</i>	<i>Экспериментальные методы исследования характеристик помехозащищенности радиосигнала</i>	<i>Знать методы расчета спектральной эффективности каналов в проектируемых системах связи</i>	<i>Знать способы обеспечения заданной помехоустойчивости;</i>

	<p>Умеет оценивать характеристики отдельных блоков систем передачи данных; составлять алгоритмы процедур помехоустойчивого кодирования для кодеров канала;</p>	<p><i>Уметь проводить поиск научно-технической информации по заданной теме.</i></p>	<p><i>Уметь рассчитывать координационное расстояние между приграничными базовыми станциями</i></p>	<p><i>Уметь выбирать схему программирования приемника и передатчика в LabVIEW</i></p>	<p><i>Уметь анализировать теоретически с помощью математических моделей и на практике с использованием соответствующих измерительных приборов параметры распространения радиосигнала</i></p>
	<p>Владеет навыками работы с простыми микросхемами, применяемыми в системах передачи данных; навыками составления математических программ для моделирования сигналов кодера речи и кодера канала;</p>	<p><i>Владеть навыками расчета отношения сигнал/помеха и вероятности ошибок в приемнике</i></p>	<p><i>Владеть навыками выбора методов и средств измерений для экспериментальных исследований параметров цифровых сигналов</i></p>	<p><i>Владеть навыками анализа детектирования сигналов</i></p>	<p><i>Владеть навыками поиска, анализа и систематизации научно-технической информации по конкретной тематике исследования.</i></p>
<p>ПК-3.2 Выбирает технологии для предоставления различных услуг связи в соответствии с потребительским спросом</p>	<p>Знает преимущества и недостатки программируемого радио</p>	<p><i>Знать о принципах распределения частот на национальном и международном уровне</i></p>	<p><i>Знать принципы программирования SDR-радио, уверенно их применять для проектирования технических средств связи</i></p>	<p><i>Знать зависимость скорости передаваемых данных от среды передачи</i></p>	<p><i>Знать последовательность назначения радиочастот.</i></p>

	Умеет составлять программы для программируемого радио, измерять основные характеристики каналов связи программируемых приемопередатчиков USRP.	<i>Уметь систематизировать научную информацию, выполнять типовые задачи по анализу характеристик эффективности использования спектра</i>	<i>Уметь самостоятельно находить необходимую научно-техническую и справочную литературу, в которой описываются характеристики эффективности использования спектра</i>	<i>Уметь рассчитывать отношение сигнал/помеха</i>	<i>Уметь пользоваться виртуальными осциллографами и генераторами, встроенными в радиомодули USRP</i>
	Владеет навыками работы с новой радиоаппаратурой программируемого радио, необходимой для проведения практических занятий	<i>Владеть навыком по анализу способов генерации сигналов</i>	<i>Владеть навыком по анализу справочной информации</i>	<i>Владеть навыком применения различных способов генерации сигналов</i>	<i>Владеть навыком работы со справочной информацией стандартов телефонной связи</i>
ПК-3.3 Планирует развитие сети связи с учётом внедрения новых технологий	Знает проблемы внедрения когнитивного радио; преимущества когнитивного радио.	<i>Знать способов выбора методик экспериментальных исследований</i>	<i>Знать технические средства передачи данных в системах связи</i>	<i>Знать направления развития технических средств передачи данных в системах связи и телефонии</i>	<i>Знать преимущества и недостатки систем помехоустойчивого кодирования</i>
	Умеет проводить исследования программируемого радио по результатам измерений;	<i>Уметь анализировать полученные данных при измерении помехоустойчивости</i>	<i>Уметь измерять помехоустойчивость телефонных каналов связи</i>	<i>Уметь проводить мониторинг работающей телефонной сети и анализировать</i>	<i>Уметь анализировать на основе справочных данных теоретические</i>

				<i>состояние сети по результатам измерений</i>	<i>модели компрессии сигнала речи;</i>
	Владеет приемами расчета основных характеристик каналов радиосвязи.	<i>Владеть навыками по поиску информации</i>	<i>Владеть источниками для поиска информации</i>	<i>Владеть знаниями по организации практики</i>	<i>самостоятельно изучать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами реализации, и цифровых модулей аппаратуры связи</i>

Комплект заданий для контрольной работы

Вариант 1

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом For. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и количество итераций в цикле (не менее 7). Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I8, U16, SGL. Для чисел SGL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Методы повышения эффективности РЧ - спектра. Критерии эффективности. Единицы измерения радиочастотного ресурса. Конверсия радиочастот. Определения когнитивного радио CRS и программируемого радио SDR.

Теоретический вопрос 2

Планы использования полос радиочастот. Всемирные и региональные планы для радиослужб. Примеры планов назначения радиочастот.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 2

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом While. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и условие завершения цикла. Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I16, U32, DBL. Для чисел DBL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Управление использованием радиочастотного спектра на международном и национальном уровнях. Принципы повышения эффективности РЧ спектра в США. Согласование регулирования спектра Администрациями связи с Международным союзом электросвязи. Сектор радиосвязи. Регламент радиосвязи, содержание Регламента.

Теоретический вопрос 2

Принципы приграничной координации сетей радиосвязи. Рекомендация ECC/REC/(08)02 Европейской конференции. Пример координационных расстояний для базовой станции LTE.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 3

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом For. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и количество итераций в цикле (не менее 7). Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I8, U16, SGL. Для чисел SGL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Разделение мира на три района Регламентом радиосвязи для распределения частот. Совместное и исключительное распределение. Первичные и вторичные службы. Примеры радиослужб национальной таблицы ТРЧ России.

Теоретический вопрос 2

Обязательная регистрация в Бюро радиосвязи МСЭ и международная координация с Администрациями других стран. Примеры обязательной регистрации и международной координации.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 4

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом While. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и условие завершения цикла. Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I16, U32, DBL. Для чисел DBL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Планы использования полос радиочастот. Всемирные и региональные планы для радиослужб. Примеры планов назначения радиочастот.

Теоретический вопрос 2

Заявление и регистрация частотного назначения в Бюро радиосвязи МСЭ с целью его внесения в Международный справочный регистр частот (МСРЧ). Частотные назначения, используемые на международном уровне, которые не нужно заявлять в Бюро радиосвязи.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 5

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом For. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и количество итераций в цикле (не менее 7). Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I8, U16, SGL. Для чисел SGL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Управление использованием радиочастотного спектра на международном и национальном уровнях. Принципы повышения эффективности РЧ спектра в США. Согласование регулирования спектра Администрациями связи с Международным союзом электросвязи. Сектор радиосвязи. Регламент радиосвязи, содержание Регламента.

Теоретический вопрос 2

Планы использования полос радиочастот. Всемирные и региональные планы для радиослужб. Примеры планов назначения радиочастот.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 6

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом While. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и условие завершения цикла. Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I16, U32, DBL. Для чисел DBL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Методы повышения эффективности РЧ - спектра. Критерии эффективности. Единицы измерения радиочастотного ресурса. Конверсия радиочастот. Определения когнитивного радио CRS и программируемого радио SDR.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 7

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом For. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и количество итераций в цикле (не менее 7). Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I8, U16, SGL. Для чисел SGL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Планы использования полос радиочастот. Всемирные и региональные планы для радиослужб. Примеры планов назначения радиочастот.

Теоретический вопрос 2

Обязательная регистрация в Бюро радиосвязи МСЭ и международная координация с Администрациями других стран. Примеры обязательной регистрации и международной координации.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 8

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом While. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и условие завершения цикла. Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I16, U32, DBL. Для чисел DBL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Разделение мира на три района Регламентом радиосвязи для распределения частот. Совместное и исключительное распределение. Первичные и вторичные службы. Примеры радиослужб национальной таблицы ТРЧ России.

Теоретический вопрос 2

Заявление и регистрация частотного назначения в Бюро радиосвязи МСЭ с целью его внесения в Международный справочный регистр частот (МСРЧ). Частотные назначения, используемые на международном уровне, которые не нужно заявлять в Бюро радиосвязи.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 9

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом For. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и количество итераций в цикле (не менее 7). Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I8, U16, SGL. Для чисел SGL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Методы повышения эффективности РЧ - спектра. Критерии эффективности. Единицы измерения радиочастотного ресурса. Конверсия радиочастот. Определения когнитивного радио CRS и программируемого радио SDR.

Теоретический вопрос 2

Принципы приграничной координации сетей радиосвязи. Рекомендация ECC/REC/(08)02 Европейской конференции. Пример координационных расстояний для базовой станции LTE.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 10

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом While. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и условие завершения цикла. Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I16, U32, DBL. Для чисел DBL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Управление использованием радиочастотного спектра на международном и национальном уровнях. Принципы повышения эффективности РЧ спектра в США. Согласование регулирования спектра Администрациями связи с Международным союзом электросвязи. Сектор радиосвязи. Регламент радиосвязи, содержание Регламента.

Теоретический вопрос 2

Планы использования полос радиочастот. Всемирные и региональные планы для радиослужб. Примеры планов назначения радиочастот.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 11

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом For. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и количество итераций в цикле (не менее 7). Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I8, U16, SGL. Для чисел SGL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Разделение мира на три района Регламентом радиосвязи для распределения частот. Совместное и исключительное распределение. Первичные и вторичные службы. Примеры радиослужб национальной таблицы ТРЧ России.

Теоретический вопрос 2

Заявление и регистрация частотного назначения в Бюро радиосвязи МСЭ с целью его внесения в Международный справочный регистр частот (МСРЧ). Частотные назначения, используемые на международном уровне, которые не нужно заявлять в Бюро радиосвязи.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 12

Задача 1

Нарисовать схему на блок-диаграмме с циклом While. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и условие завершения цикла. Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I16, U32, DBL. Для чисел DBL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Планы использования полос радиочастот. Всемирные и региональные планы для радиослужб. Примеры планов назначения радиочастот.

Теоретический вопрос 2

Обязательная регистрация в Бюро радиосвязи МСЭ и международная координация с Администрациями других стран. Примеры обязательной регистрации и международной координации.

Контрольная работа №1 по Эффективности использования спектра

Вариант 13

Задача 1

Нарисовать схему на блокдиаграмме с циклом For. Включить в цикл три простых последовательно соединенных операции. Добавить один блок перед входом цикла и один блок после выхода из цикла. Задать начальные численные значения для всех блоков схемы и количество итераций в цикле (не менее 7). Определить численные значения выходов всех блоков схемы после первой итерации и после последней итерации.

Задача 2

Определить диапазон изменения чисел для типов данных I8, U16, SGL. Для чисел SGL необходимо самостоятельно задать число разрядов после запятой.

Теоретический вопрос 1

Управление использованием радиочастотного спектра на международном и национальном уровнях. Принципы повышения эффективности РЧ спектра в США. Согласование регулирования спектра Администрациями связи с Международным союзом электросвязи. Сектор радиосвязи. Регламент радиосвязи, содержание Регламента.

Теоретический вопрос 2

Обязательная регистрация в Бюро радиосвязи МСЭ и международная координация с Администрациями других стран. Примеры обязательной регистрации и международной координации.