



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра радиофизики и радиоэлектроники



Декан ~~_____~~ Буднев Н.М.

«17» апреля 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.В.ДВ.01.02 Каналы связи телекоммуникационных систем**

Направление подготовки **03.03.03 Радиофизика**

Направленность (профиль) подготовки **Радиофизика в области связи, информационных и телекоммуникационных технологий**

Квалификация выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель ~~_____~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 8 от «08» апреля 2024 г.

И.О. зав. кафедрой ~~_____~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2024 г.

Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ	4
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	4
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	5
4.3. Содержание учебного материала	6
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	6
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	7
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	8
4.5. Примерная тематика курсовых работ.....	8
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	8
6.2. Программное обеспечение:	8
6.3. Технические и электронные средства:	9
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	9
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	9
1) Магистральной;.....	12

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения учебной дисциплины «Каналы связи телекоммуникационных систем» является формирование у студентов представления о принципах работы и основных характеристиках каналов связи телекоммуникационных систем.

Задачами освоения учебной дисциплины являются изучение физических основ функционирования каналов связи телекоммуникационных систем и теоретических принципов их описания.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Каналы связи телекоммуникационных систем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения дисциплины необходимы базовые знания по следующим предметам: «Электричество и магнетизм», «Колебания и волны. Оптика», «Радиоэлектроника», «Аппаратное обеспечение компьютерных сетей», «Статистическая радиофизика», «Измерительные вычислительные системы», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Методы обработки сигналов».

Полученные в процессе изучения курса знания могут быть использованы при изучении дисциплин: «Спутниковые системы радионавигации», «Волоконно-оптические линии связи», преддипломная практика, государственная итоговая аттестация, а также при выполнении дипломного проектирования.

В результате освоения курса студент должен знать принципы работы и методы эксплуатации телекоммуникационной аппаратуры и оборудования, основные методы радиофизических измерений в каналах связи, иметь представление о современном состоянии и тенденциях развития телекоммуникационных систем.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки **03.03.03 Радиофизика**.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<i>ПК-2</i> Способен понимать принципы построения и работы современных телекоммуникационных систем	<i>ИДК ПК2.2</i> Применяет знания о принципах построения телекоммуникационных систем в сфере профессиональной деятельности	Знать: принципы работы и методы эксплуатации каналов передачи информации и аппаратуры связи, понимать особенности их функционирования в различных условиях Уметь: самостоятельно рассчитывать типовые характеристики каналов связи и их основные параметры Владеть: методами выбора и анализа необходимых каналов связи в зависимости от условий передачи информации

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов,
 Форма промежуточной аттестации: зачет

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекция	Практическое /лабораторное занятие	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Р1. Введение	8	11,1		2	2/0	0,1	7	Письменный текущий контроль
2	Р2. Проводные каналы		25,3		2	5/8	0,3	10	
3	Р3. Наземные радиоканалы		27,3		4	5/8	0,3	10	
4	Р4. Спутниковые радиоканалы		34,3		4	12/8	0,3	10	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	Объем канала связи.	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	1-ая нед.	3	Письменный текущий контроль	Конспект, рекомендуемая литература
	Решение телеграфных уравнений.		3-ая нед.	3		
	Типы волн в проводных каналах и способы согласования нагрузки.		4-ая нед.	3		
	Разновидности автоматических телефонных станций.		5-ая нед.	4		
	Распространение ионосферных радиоволн.		7-ая нед.	4		
	Распространение сигналов за счет отражения от метеорных следов.		8-ая нед.	4		
	Помехи в радиоканалах.		10-ая нед.	4		
	Устройство спутникового ретранслятора.		12-ая нед.	4		
	Наземная станция спутниковой системы связи.		14-ая нед.	4		
	Поляризационное разделение в спутниковых каналах.		Конец семестра	4		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)			37			

4.3. Содержание учебного материала

Р1. Введение

T1.1. Основные принципы описания каналов связи (КС), их классификация.

T1.2. Характеристики сигналов, помех и КС.

T1.3. Пропускная способность канала связи. Теорема Шеннона-Хартли.

Р2. Проводные каналы

T2.1. Направляющие системы и направляемые волны. Свойства полей при распространении сигналов в проводных КС.

T2.2. Телеграфные уравнения. Условие Хевисайда. Основные параметры проводных каналов. Типы волн и способы согласования нагрузки.

T2.3. Коаксиальный кабель и витая пара проводников.

T2.4. Стандарты на проводные каналы и их основные характеристики.

Р3. Наземные радиоканалы

T3.1. Распространение сигналов в свободном пространстве.

T3.2. Распространение сигналов вблизи земной поверхности. Формула Введенского.

Расстояние радиовидимости.

T3.3. Тропосферное распространение радиосигналов.

T3.4. Ионосферное и метеорное распространение радиосигналов.

Р4. Спутниковые радиоканалы

T4.1. Классификация, особенности и сравнительные характеристики орбит.

T4.2. Искажения сигналов в спутниковых радиоканалах.

T4.3. Энергетические характеристики спутниковых радиоканалов.

T4.4. Элементы расчета спутникового радиоканала. Уравнение энергетического баланса.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
Практические занятия						
	T1.1- T1.3.	Пз.1. Решение задач на применение теоремы Шеннона-Хартли.	2		Письменный текущий контроль	ПК-2
	T2.1., T2.2.	Пз.2. Решение задач на определение параметров кабельных каналов связи.	2		Письменный текущий контроль	ПК-2
	T2.3., T2.4.	Пз.3. Определения коэффициентов согласования проводных каналов.	3		Письменный текущий контроль	ПК-2
	T3.1., T3.2.	Пз.4. Расчет условий распространения сигналов в свободном пространстве.	2		Письменный текущий контроль	ПК-2
	T3.3., T3.4.	Пз.5. Расчет условий распространения сигналов вблизи земной поверхности.	3		Письменный текущий контроль	ПК-2

	T4.1.	Пз.6. Расчет параметров спутниковых орбит.	4		Письменный текущий контроль	ПК-2
	T4.2., T4.3.	Пз.7. Решение задач по расчету доплеровского сдвига частоты.	4		Письменный текущий контроль	ПК-2
	T4.4.	Пз.8. Уравнение энергетического баланса.	2		Письменный текущий контроль	ПК-2
Лабораторные работы						
	T2.3.	Лз.1. «Согласование антенно-фидерного устройства с приемопередатчиком».	8		Защита письменного отчета.	ПК-2
	T3.4.	Лз. 2 «Исследование ионосферных каналов связи»	8		Защита письменного отчета.	ПК-2
	T4.1.	Лз. 3 «Изучение программы ITNCP расчета спутниковых орбит».	4		Защита письменного отчета.	ПК-2
	T4.4.	Лз. 4. «Изучение энергетических и траекторных характеристик спутниковых систем».	4		Защита письменного отчета.	ПК-2

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Объем канала связи.	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.	ПК-2	ПК-2.2
2	Решение телеграфных уравнений.		ПК-2	ПК-2.2
3	Типы волн в проводных каналах и способы согласования нагрузки.		ПК-2	ПК-2.2
4	Разновидности автоматических телефонных станций.		ПК-2	ПК-2.2
5	Распространение ионосферных радиоволн.		ПК-2	ПК-2.2
6	Распространение сигналов за счет отражения от метеорных следов.		ПК-2	ПК-2.2
7	Помехи в радиоканалах.		ПК-2	ПК-2.2
8	Устройство спутникового ретранслятора.		ПК-2	ПК-2.2
9	Наземная станция спутниковой системы связи.		ПК-2	ПК-2.2
10	Поляризационное разделение в спутниковых каналах.		ПК-2	ПК-2.2

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа бакалавров – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя (научного руководителя (консультанта)), в ходе которой бакалавр активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи. В процессе проведения самостоятельной работы формируются компетенции ПК-2.

4.5. Примерная тематика курсовых работ

Выполнение курсовых работ не предусмотрено учебным планом

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) перечень литературы

1. Основы радиоэлектроники и связи [Текст] : учеб. пособие / В. И. Нефедов, А. С. Сигов ; ред. В. И. Нефедов. - М. : Высш. шк., 2009. - 735 с. ; 24 см. - (Радиотехника и связь). - Библиогр.: с. 724-726. - ISBN 978-5-06-006161-1 (37 экз).
2. 1. Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А., Рябов А. В., Головченко Е. В., Курносков Р. Ю. Радиопередающие устройства в системах радиосвязи: Учебное пособие для вузов Издательство "Лань" 2023. Издание 6-е изд., стер. 176 с. ЭБС "Лань". - неогранич. доступ.. <https://e.lanbook.com/book/303020>

б) периодические издания

в) список авторских методических разработок

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Поисковые системы Google, Yandex.
2. Электронные ресурсы доступные по логину и паролю, предоставляемые Научной библиотекой ИГУ.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Чтение лекций сопровождается демонстрацией информации (мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного материалов).

6.2. Программное обеспечение:

1. Безлицензионный пакет ITNCP версии 1.5. для расчета траекторных параметров орбит и энергетических характеристик спутниковых систем связи.
2. Безлицензионное программное обеспечение VeasonSee для приема и обработки сигналов маяков декаметрового диапазона.
3. Безлицензионное программное обеспечение HFProp для расчета ионосферных каналов связи.

6.3. Технические и электронные средства:

В ходе учебного процесса используются технические средства обучения и контроля знаний студентов (презентации, контролирующих программ, демонстрационных установок), использование которых предусмотрено методической концепцией преподавания

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях используются активные методы обучения (устный опрос предыдущего материала, разбор конкретных ситуаций, вопросы к студентам во время лекции). Практические занятия 1-8 проводятся в интерактивной форме.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Текущий контроль реализуется в виде письменного контроля на практических занятиях. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенций ПК-2.

Для реализации текущего контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете. Усвоение бакалавром изучаемой дисциплины максимально оценивается 100 баллами в соответствии с таблицей:

№ пп	Вид учебной деятельности	Баллы
1	Ведение конспекта лекций и работа с ним	до 5
2	Присутствие на всех занятиях	до 5
3	Выступления на семинарских занятиях	до 5
4	Самостоятельное решение задач на занятиях	до 5
5	Решение домашних заданий	до 40
6	Выполнение лабораторного практикума	до 40
Всего:		100

Количество баллов, полученных студентом по дисциплине, включая баллы за зачет или экзамен, переводится в академическую оценку, которая фиксируется в зачетной книжке в соответствии со следующей таблицей:

Баллы, полученные по дисциплине в течение семестра	Академическая оценка	
60...70 баллов	«удовлетворительно»	«зачтено»
71...85 баллов	«хорошо»	
86...100 баллов	«отлично»	

Если количество баллов, которое наберет обучающийся в течение семестра, будет недостаточным для получения им зачета по дисциплине, преподаватель вправе потребовать от студента выполнения дополнительных заданий для получения большего количества баллов. Решение о возможности и форме выполнения дополнительных заданий для получения большего количества баллов принимается преподавателем.

Домашние задания

Параметры оценочного средства для текущего контроля в виде домашних заданий по решению задач 1-10.

Критерии оценки	баллы				
	40 баллов	30 баллов	20 баллов	10 баллов	0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все 10 задач.	Выполнены 8 задач, и допущены не более двух ошибок.	Выполнены 6 задач, и допущены не более трех ошибок.	Выполнено 4 задачи, и допущено не более четырех ошибок.	Не выполнено ни одного задания или допущено более пяти ошибок.

Задача 1

Какую мощность должен иметь передатчик телефонного модема с максимальной скоростью передачи данных 56 кбит/с, если стандартный телефонный канал имеет полосу пропускания от 300 до 2700 Гц и равномерную в этих пределах амплитудно-частотную характеристику? Спектральная плотность мощности белого шума, действующего в канале равна 10^{-11} Вт/Гц. Чему равно отношение мощности передатчика к мощности шума, действующего в канале? По каждому вопросу ответы дать в децибелах.

Задача 2

Соединительная линия (коаксиальный кабель) имеет погонную индуктивность 0.25 мкГн/м, погонную ёмкость 100 пФ/м. Определить коэффициенты: отражения, стоячей волны и бегущей волны при работе линии на активную нагрузку с сопротивлением 30 Ом. Как, не применяя специальных согласующих устройств, а используя только данный тип кабеля, который имеется в неограниченном количестве, улучшить согласование? Рассчитать новые значения коэффициентов.

Задача 3

Сотовый телефон работает на частоте 900 МГц. Определить область применимости формулы Введенского и расстояние между нулями функции ослабления для высоты антенны базовой станции 20м, высоты сотового телефона 1м на двух расстояниях: около 50м и около 500м от базовой станции.

Задача 4

На какой частоте на расстоянии 2000 км основные потери свободного пространства составляют 136 дБ?

Задача 5

Определить расстояние радиовидимости между двумя точками, приподнятыми над поверхностью Земли на 50 м и 10 м в следующих условиях:

1. Без учета тропосферной рефракции.
2. Для нормальной рефракции в тропосфере.
3. Для критической рефракции в тропосфере.
4. Для градиента индекса преломления 0.04 1/м.

Задача 6

Слой ионосферы отражает радиоволны на высоте 230 км и имеет концентрацию электронов $6 \cdot 10^5$ см⁻³. Определить максимальную дальность связи, критическую и предельную частоты, МПЧ и ОРЧ для расстояния 3000 км, а также дальность мертвой зоны на ОРЧ.

Задача 7

Для круговых орбит на высотах 200, 1000, 10000 и ГО рассчитать радиусы зон обслуживания наземных территорий при минимальных углах видимости спутников 0° и 5°. Для минимального угла видимости 5° оценить наименьшее число спутников, необходимое для обслуживания всей земной поверхности. Для минимальных углов видимости спутников 0° и 5°. рассчитать радиусы зон вблизи полюсов, в которых невозможно пользоваться связью через геостационарные спутники. Результаты расчетов представить в виде таблицы.

Задача 8

Какое допустимое поглощение возможно в спутниковом канале, если мощность всех шумов, приведенная к входу приемника равна -180 дБВт, необходимое отношение сигнал/шум 10 раз по напряжению, коэффициент усиления приемной антенны по мощности 100 раз, мощность бортового передатчика 50 Вт, коэффициент усиления его антенны 26 дБ, расстояние до спутника 40000 км, рабочая частота 6 ГГц, рассогласование по поляризации отсутствует?

Задача 9

Какой доплеровский сдвиг частоты наблюдается во время радиовосхода и радиозахода спутника с круговой орбитой на высоте 1000 км? Наблюдатель находится в плоскости орбиты, частота бортового передатчика 150 МГц. Каким будет доплеровский сдвиг частоты при наблюдении спутника с высоты h над поверхностью Земли?

Задача 10

Как часто необходимо синхронизировать спутниковый цифровой канал связи, если допустимым является сдвиг шкал бортовых и наземных часов 1 мкс? Составляющая флуктуации положения геостационарного спутника на орбите по лучу зрения относительно неподвижного наземного наблюдателя в обычное время не превосходит 100 м/с, а во время коррекции орбиты доходит до 500 м/с.

Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета).

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенций, ПК-2 и проводится в форме зачета. Зачет может быть получен автоматически при условии, что за период обучения студентом набрано не менее 60 баллов. Если количество баллов, набранное в течение семестра, будет недостаточным для получения зачета, преподаватель вправе потребовать от студента выполнения дополнительных заданий для получения дополнительного количества баллов. Решение о возможности и форме выполнения дополнительных заданий для получения большего количества баллов принимается преподавателем.

Перечень вопросов к зачету:

1. Обобщенный объем канала связи.
2. Характеристики сигналов, помех и каналов связи.
3. Теорема Шеннона-Хартли.
4. Направляющие системы и направляемые волны.
5. Телеграфные уравнения.
6. Условие Хевисайда.
7. Достижение условия Хевисайда.
8. Основные параметры проводных каналов.
9. Типы волн и способы согласования нагрузки.
10. Двухпроводная линия связи.
11. Коаксиальный кабель.
12. Витая пара проводников.
13. Распространение радиоволн в свободном пространстве.
14. Распространение радиоволн вблизи земной поверхности.
15. Интерференция прямой и отраженной волн.
16. Учет сферичности Земли.
17. Формула Введенского.
18. Влияние тропосферы на распространение радиоволн.
19. Расстояние радиовидимости.
20. Ионосферные радиоканалы.
21. Метеорное распространение радиоволн.
22. Помехи в наземных радиоканалах.
23. Типы спутниковых телекоммуникационных систем.
24. Диапазоны частот в спутниковых радиоканалах.

25. Законы движения искусственных спутников Земли.
26. Классификация и сравнительная характеристика спутниковых орбит.
27. Искажения сигналов в спутниковых радиоканалах.
28. Зоны покрытия в спутниковых каналах.
29. Энергетические характеристики спутниковых радиоканалов.
30. Уравнение энергетического баланса.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ПК-2:

1. Сеть, обеспечивающая соединение местных сетей одной зоны является:

- 1) Магистральной;
- 2) внутризонавой;
- 3) магистральной;
- 4) междугородной.

2. По назначению современные кабели классифицируются как:

- 1) электрические, оптические;
- 2) подземные, подводные, подвесные и др.;
- 3) металлические, пластмассовые, металлопластмассовые;
- 4) магистральные, зонавые, городские, сельские и т.д.

3. Линия связи, в которой сигнал электросвязи передается посредством радиоволн в открытом пространстве:

- 1) радиолиния;
- 2) волоконно-оптическая;
- 3) симметричный кабель;
- 4) воздушная линия связи.

4. Радиосистема передачи, в которой сигналы электросвязи передаются с помощью наземных ретрансляционных станций:

- 1) радиорелейная прямой видимости;
- 2) радиорелейная тропосферная;
- 3) радиорелейная ионосферная;
- 4) спутниковая.

Разработчик:

Колесник С.Н., доцент, и.о.зав.кафедры

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учитывает рекомендации ПООП по направлению и профилю подготовки **03.03.03 Радиофизика**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «08» апреля 2024 г. протокол № 8

И.О. зав. кафедрой  Колесник С.Н.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.