



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра радиофизики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Декан

Буднев Н.М.

«20» марта 2026 г.



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.В.01 Распространение радиоволн**

Направление подготовки **10.03.01 Информационная безопасность**

Направленность (профиль) подготовки **Техническая защита информации**

Квалификация выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №53 от «17» марта 2026 г.

Председатель _____ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 7 от «17» февраля 2026 г.

Зав. кафедрой _____ Колесник С.Н.

Иркутск 2026 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	7
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	9
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	10
а) основная литература	10
б) дополнительная литература.....	Ошибка! Закладка не определена.
в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	Ошибка! Закладка не определена.
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	10
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	10
6.2. Программное обеспечение:.....	10
6.3. Технические и электронные средства:.....	11
VII. Образовательные технологии	11
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	11

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели:

Обеспечение обучающегося необходимыми знаниями о процессах распространения радиоволн различных диапазонов в различных природных средах при планировании, разработке и реализации радиосистем широкого профиля (радиолокации, навигации, радиосвязи, пеленгации и др.), а также показать возможность использования этих знаний в научных исследованиях.

Задачи:

- изучение закономерностей распространения радиоволн различных частотных диапазонов в различных природных средах;
- изучение инженерных методов расчета характеристик радиосигналов и получение навыков решения задач в практике обеспечения космической и наземной радиосвязи;
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного приобретения и применения знаний при исследовании и построении математических моделей процесса распространения радиоволн.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Распространение радиоволн» относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые при изучении таких дисциплин, как "Математический анализ", "Аналитическая геометрия и линейная алгебра", "Электричество, магнетизм и волновая оптика", "Радиотехнические цепи и сигналы". Знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной, являются базовыми для изучения учебных дисциплин "Антенно-фидерные устройства" и Электромагнитная совместимость

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки **10.03.01 «Информационная безопасность»**.

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<i>ПК-4</i> Способен использовать основные принципы построения и функционирования технических средств защиты информации	<i>ИДКПК4.1</i> Применяет основные принципы построения и функционирования технических средств защиты информации <i>ИДКПК4.2</i> Демонстрирует понимание основных принципов построения и функционирования технических средств защиты информации	Знать: основные факторы, влияющие на принципы построения и функционирование радиотехнических систем передачи информации посредством радиоволн; Уметь: применять полученные навыки расчета характеристик радиосигналов при построении и функционировании технических средств защиты информации. Владеть: навыками расчета характеристик различных радиосигналов при построении и расчете параметров технических средств защиты информации.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 часа, из них 22 часа практической подготовки

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой

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)			Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение	5	3		2	2		5	
2	T1. Общие вопросы распространения радиоволн	5	18,2		10	8	0,2	41	Письменный текущий контроль.
3	T2. Распространение земных радиоволн	5	20,2		10	10	0,2	42	Письменный текущий контроль. Защита ЛР.

4	Т3. Влияние тропосферы на распространение радиоволн	5	20,2		10	10	0,2	44	Письменный текущий контроль. Защита ЛР.
5	Т4. Распространение радиоволн в ионосфере	5	20,2		10	10	0,2	44	Письменный текущий контроль. Защита ЛР.
6	Т5. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов	5	20,2		10	10	0,2	42	Письменный текущий контроль.

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.)		
5	Введение	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	1-я нед	5	Письменный текущий контроль.	Источники из основной и дополнительной литературы. Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах.
	Т1. Общие вопросы распространения радиоволн		2-я нед	41		
	Т2. Распространение земных радиоволн		3-8	42		
	Т3. Влияние тропосферы на распространение радиоволн		9-10	44		
	Т4. Распространение радиоволн в ионосфере		11-15	44		
	Т5. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов		16-17	42		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				213		

4.3. Содержание учебного материала

Введение

Предмет теории распространения радиоволн. Основные понятия и определения. Основные характеристики электромагнитных волн. Спектр электромагнитных колебаний (общая классификация). Примеры использования радиоволн в практике обеспечения радиосвязи и исследованиях природных сред.

T1. Общие вопросы распространения радиоволн

Типы радиолиний. Классификация радиоволн по диапазонам и способам распространения (общая характеристика). Распространение радиоволн в свободном пространстве. Формула идеальной радиосвязи. Влияние шумов при расчете. Потери при распространении в свободном пространстве. Множитель ослабления. Основные механизмы взаимодействия ЭМВ со средой. Поглощение ЭМВ.

T2. Распространение земных радиоволн

Электрические параметры земной поверхности. Распространение радиоволн над плоской поверхностью при поднятых передающей и приемной антеннах. Полная и упрощенная интерференционные формулы. Формула Введенского. Интерференционная структура поля излучателя, находящегося вблизи земной поверхности. Приближенные граничные условия Леонтовича. Структура поля радиоволны с учетом граничных условий Леонтовича. Распространение радиоволн при расположении антенн у границы раздела. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля. Распространение радиоволн над неоднородной почвой. Формулы Эккерслея, Миллингтона и Фейнберга. Распространение радиоволн над сферической поверхностью Земли. Учет сферичности Земли в интерференционных формулах. Дифракционный расчет поля. Формула Фока. Влияние неоднородной сферической земной поверхности на распространение радиоволн. Распространение над неровной поверхностью. Зоны Френеля и область пространства, оказывающая существенный вклад в точке приема. Распространение радиоволн в холмистой местности. Графический метод учета профиля местности. Влияние шероховатостей поверхности на распространение радиоволн. Влияние экранирующих препятствий на распространение радиоволн.

T3. Влияние тропосферы на распространение радиоволн

Тропосфера и ее характеристики. Коэффициент преломления радиоволн в тропосфере. Явление тропосферной рефракции и ее виды. Учет тропосферной рефракции. Турбулентность тропосферы. Механизм дальнего распространения в тропосфере. Замирания сигналов при тропосферном распространении. Зависимость уровня сигналов УКВ от сезона года и климатических условий. Приближенный метод расчета условий прохождения сигналов УКВ. Поглощение радиоволн в тропосфере.

T4. Распространение радиоволн в ионосфере

Состав и строение атмосферы. Ионосфера и ее характеристики. Механизмы ионизации и рекомбинации. Особенности распространения радиоволн в однородном ионизированном газе. Особенности распространения при наличии постоянного магнитного поля. Преломление и отражение радиоволн в ионосфере. Обзор классических наземных методов исследования ионосферы (вертикальное, наклонное и возвратно-наклонное зондирование ионосферы, метод некогерентного рассеяния).

T5. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов

Радиоволны звуковых частот. Сверхдлинные и длинные волны (СДВ и ДВ). Формула Остина. Средние волны (СВ). Короткие волны (КВ). Основы расчета условий прохождения КВ радиоволн. Ультра-короткие волны (УКВ).

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
1	T1	ПЗ1. Решение задач по T1.	2	5	Письменный текущий контроль.	ПК-4. ИДК _{ПК4.1} ИДК _{ПК4.2}
2	T2	ПЗ2. Решение задач по T2. Лр1. Изучение влияния земной поверхности на распространение радиоволн	8	6	Письменный текущий контроль. Защита ЛР.	ПК-4. ИДК _{ПК4.1} ИДК _{ПК4.2}
3	T3	ПЗ3. Решение задач по T3. Лр2. Изучение влияния тропосферы на распространение радиоволн	10	6	Письменный текущий контроль. Защита ЛР.	ПК-4. ИДК _{ПК4.1} ИДК _{ПК4.2}
4	T4	ПЗ4. Решение задач по T4.	10	6	Письменный текущий контроль.	ПК-4. ИДК _{ПК4.1} ИДК _{ПК4.2}
5	T5	ПЗ5. Решение задач по T5. Лр3. Основы расчета условий прохождения КВ радиоволн	10	5	Письменный текущий контроль. Защита ЛР.	ПК-4. ИДК _{ПК4.1} ИДК _{ПК4.2}

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	Введение	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ1.	ПК-4.	ИДК _{ПК4.1} ИДК _{ПК4.2}
2	T1. Общие вопросы распространения радиоволн	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ1		
3	T2. Распространение земных радиоволн	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ2 и Лр1.		
4	T3. Влияние	Осмысление материала		

	тропосферы на распространение радиоволн	лекций. Подготовка к ПЗ3 и Лр2.		
5	Т4. Распространение радиоволн в ионосфере	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ4.		
6	Т5. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ5 и Лр3.		

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего профессионального образования. Согласно требованиям нормативных документов самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов. Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ. Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;

- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;

- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;

- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;

- развитие навыков самоорганизации;

- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Подготовка к лекции. Качество освоения содержания конкретной дисциплины прямо зависит от того, насколько студент сам, без внешнего принуждения формирует у себя установку на получение на лекциях новых знаний, дополняющих уже имеющиеся по данной дисциплине. Время на подготовку студентов к двухчасовой лекции по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

Подготовка к практическому занятию. Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на практическом занятии. Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми

предстоит учебная работа. Студенты должны дома подготовить к занятию 3–4 примера формулировки темы исследования, представленного в монографиях, научных статьях, отчетах. Затем они самостоятельно осуществляют поиск соответствующих источников, определяют актуальность конкретного исследования процессов и явлений, выделяют основные способы доказательства авторами научных работ ценности того, чем они занимаются. В ходе самого практического занятия студенты сначала представляют найденные ими варианты формулировки актуальности исследования, обсуждают их и обосновывают свое мнение о наилучшем варианте. Время на подготовку к практическому занятию по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

Подготовка к контрольной работе. Контрольная работа назначается после изучения определенного раздела (разделов) дисциплины и представляет собой совокупность развернутых письменных ответов студентов на вопросы, которые они заранее получают от преподавателя. Самостоятельная подготовка к контрольной работе включает в себя: — изучение конспектов лекций, раскрывающих материал, знание которого проверяется контрольной работой; повторение учебного материала, полученного при подготовке к семинарским, практическим занятиям и во время их проведения; изучение дополнительной литературы, в которой конкретизируется содержание проверяемых знаний; составление в мысленной форме ответов на поставленные в контрольной работе вопросы; формирование психологической установки на успешное выполнение всех заданий. Время на подготовку к контрольной работе по нормативам составляет 2 часа.

Подготовка к экзамену. Самостоятельная подготовка к экзамену схожа с подготовкой к зачету, особенно если он дифференцированный. Но объем учебного материала, который нужно восстановить в памяти к экзамену, вновь осмыслить и понять, значительно больше, поэтому требуется больше времени и умственных усилий. Важно сформировать целостное представление о содержании ответа на каждый вопрос, что предполагает знание разных научных трактовок сущности того или иного явления, процесса, умение раскрывать факторы, определяющие их противоречивость, знание имен ученых, изучавших обсуждаемую проблему. Необходимо также привести информацию о материалах эмпирических исследований, что указывает на всестороннюю подготовку студента к экзамену. Время на подготовку к экзамену по нормативам составляет 36 часов для бакалавров.

На самостоятельную работу выносятся следующие вопросы и задания по темам дисциплины:

Введение. Сделать обзор примеров использования радиоволн в практике обеспечения радиосвязи и исследованиях природных сред

T1. Изучить основные механизмы взаимодействия ЭМВ со средой. Рассмотреть поглощение ЭМВ в земной атмосфере

T2. Изучить влияние шероховатостей поверхности на распространение радиоволн. Изучить влияние экранирующих препятствий на распространение радиоволн

T3. Разобрать приближенный метод расчета условий прохождения сигналов УКВ

T4. Сделать обзор классических наземных методов исследования ионосферы (вертикальное, наклонное и возвратно-наклонное зондирование ионосферы, метод некогерентного рассеяния)

T5. Разобрать основы расчета условий прохождения КВ радиоволн

Контроль самостоятельной работы проводится на практических занятиях при написании контрольных работ и при защите лабораторных работ.

4.5. Примерная тематика курсовых работ

Выполнение курсовых работ не предусмотрено учебным планом

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает доступ к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины (модуля).

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

Обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей).

а) основная литература

1. Математическое моделирование характеристик сигнала в возмущенном информационном канале [Текст] : монография / Е.Т. Агеева, Н.Т. Афанасьев, Д.Ким, Н.И. Михайлов. Старый Оскол : Изд-во "Тонкие наукоемкие технологии", 2016. - 128 с. (50 экз).
2. Спутниковое декаметровое радиозондирование ионосферных неоднородностей: монография / Н.Т. Афанасьев, В.П. Марков. Иркутск: Изд-во "ИГУ", 2015.-127 с. (20 экз)
3. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. Учебник для ВУЗов. - М. : Связь, 1972. - 336 с. с илл.б табл., библи. (1экз).
4. Афанасьев Н.Т., Ким Д.Ч. Методы математического моделирования влияния ионосферных неоднородностей на распространение радиоволн. Учебное пособие./ Иркутск, ИГУ, 2003. 83 с. (1 экз).
5. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн. - Москва: Высшая школа, 1975 - с.280
6. Распространение радиоволн / О. И. Яковлев [и др.]. - М. : Ленанд, 2009. - 491 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 485-488. - Предм. указ.: с. 489-491. - ISBN 978-5-9710-0183-6 (1экз).
7. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М., 1967. (3 экз).
8. Девис К. Радиоволны в ионосфере. М.: МИР, 1973.(2экз).

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ИГУ http://library.isu.ru/resources/edu_resources/index.html
2. БД книг и продолжающихся изданий http://ellibnb.library.isu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.htm?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IRCAT&P21DBN=IRCAT
3. Электронный читальный зал «БиблиоТех» <https://isu.bibliotech.ru/>
4. Электронная библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>
5. Электронная библиотечная система «РУКОНТ» <http://rucont.ru>

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Класс ЭВМ, аудитория 323А, оснащенная вычислительной техникой, специальным ПО и свободным доступом в сеть Internet.

6.2. Программное обеспечение:

1. ПО «Modelus». Свободно распространяемое ПО. Бессрочно.
2. ПО «MATLAB Academic Concurrent» Контракт № 03-013-17 от 05.06.2017. Бессрочно.
3. Microsoft OfficeProPlus 2013 RUS OLP NL Acadmc. Контракт № 03-013-14 от 08.10.2014.Номер Лицензии Microsoft 45936786. Бессрочно.
4. WinPro10 Rus Upgrd OLP NL Acadmc. Сублицензионный договор № 502 от 03.03.2017 Счет № ФРЗ- 0003367 от 03.03.2017 Акт № 4496 от 03.03.2017 Лицензия № 68203568. Бессрочно.
5. Kaspersky Free (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.kaspersky.ru/free-antivirus/> . Бессрочно.

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 (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Лабораторные работы проводятся с использованием ПЭВМ с последующей защитой.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Текущий контроль реализуется в виде письменного текущего контроля на ПЗ1-ПЗ5, при защите лабораторных работ ЛР1-ЛР3. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенции ПК-4.

Для реализации текущего контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете.

За посещение одного вида занятия дается 0,3 балла (50 занятий (Л+Пз+ЛР)*0,3 балла = 15 баллов), максимальное количество баллов за письменный контроль на СКР – 5 баллов, за Пз (4 СКР *5 балла= 20 баллов), лабораторные работы (ЛР) – 42 балл (3ЛР*14 баллов = 42 балла).

Параметры оценочного средства для письменного текущего контроля. Параметры оценочного средства для КСР.

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 5 баллов.	Хорошо 3,5 балла	Удовлетв. 2 балла.	Неудовл. 0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки	Задания не выполнены или задание выполнено не полностью и допущено более 3-х ошибок

Параметры оценочного средства для защиты лабораторных работ ЛР1-ЛР3.

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 10-14 баллов	Хорошо 5-9 балла	Удовлетв. 1-4 балла.	Неудовл. 0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно оформлен отчет, сделаны выводы. При защите показано всестороннее и глубокое знание материала	В целом отчет оформлен корректно, сделаны выводы, но имеются незначительные недостатки. При защите студент показывает понимание материала, приводит примеры, но	Отчет оформлен полностью. Имеются замечания по оформлению, выводы сделаны не полностью. При защите - суждения поверхностны, содержат ошибки,	Отчет не оформлен. Отчет оформлен со значительными замечаниями, выводы не полные, при защите студент с трудом

		испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы	примеры не приводятся, ответы на дополнительные вопросы не уверенные	формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы
--	--	---	--	---

Промежуточный контроль проводится в форме **экзамена**. Обучающемуся предлагается письменно ответить на вопросы теста и выполнить практическое задание.

Параметры оценочного средства для теста на промежуточном контроле.

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 28-31 баллов	Хорошо 21-27 баллов	Удовлетв. 18-20 балла	Неудовл. менее 17 баллов
Процент правильно отвеченных вопросов	86-100%	72-85%	60-71%	>60%

Параметры оценочного средства для практического задания на промежуточном контроле.

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 10 баллов.	Хорошо 7 балла	Удовлетв. 4 балла.	Неудовл. 0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки	Задания не выполнены или задание выполнено не полностью и допущено более 3-х ошибок

Демонстрационный вариант контрольной работы

Определить мощность передатчика в ваттах и дБ, необходимую для осуществления радиосвязи, если требуемая мощность на входе приемника P_2 ; расстояние r ; длина волны λ ; множитель ослабления F ; усиление передающей и приемной антенн D_1 и D_2 соответственно. Данные для решения даны в таблице по вариантам (по первой букве фамилии обучающегося).

№	P_2	r	λ	F	D_1	D_2
1 (А - В)	$15 \cdot 10^{-14}$ Вт	500 км	45 см	-100 дБ	20 дБ	40 дБ
2 (Г - К)	$3 \cdot 10^{-14}$ Вт	450 км	20 см	-80 дБ	40 дБ	40 дБ
3 (Л - Н)	-130 дБ Вт	1500 км	10 см	-100 дБ	30 дБ	30 дБ
4 (П)	-100 дБ Вт	300 км	1 м	-60 дБ	60 дБ	40 дБ
5 (С - У)	$1.5 \cdot 10^{-12}$ Вт	750 км	0.5 м	-100 дБ	20 дБ	60 дБ
6 (Х - Ц, Я)	-80 дБ Вт	400 км	0.05 см	-120 дБ	28 дБ	55 дБ
7 (Ш)	$6 \cdot 10^{-13}$ Вт	650 км	80 см	-150 дБ	35 дБ	42 дБ

Демонстрационный вариант Лабораторной работы «Влияние земной поверхности на распространение радиоволн»

Задание 1. Коэффициент отражения

- 1) Найти в литературе аналитические выражения для коэффициентов отражения Френеля плоской волны от плоской поверхности раздела двух сред (для вертикальной, горизонтальной и эллиптической поляризации)
- 2) Изучить структуру этих выражений и составить программу в интерактивной среде MathCAD (или аналогичной) для расчета коэффициента отражения радиоволн от земной поверхности
- 3) Построить графики зависимости модуля и фазы коэффициента отражения вертикально и горизонтально поляризованных волн для различных длин волн (0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000 м) и различных типов почв (см. таблицы на следующем слайде)
- 4) Сравнить полученные графики с графиками в приложении к монографии Долуханов «Распространение радиоволн»
- 5) Подготовить отчет в MathCAD (или в MS Word) с краткой сводкой формул, графиками и основными выводами

Задание 2. Множитель ослабления

- 1) Найти в литературе аналитические выражения для множителя ослабления для приподнятых антенн
- 2) Построить семейство графиков угла отражения в зависимости от расстояния для различных значений ($h_1+h_2 = 10, 50, 100$)
- 3) Изучить структуру выражений для полной и упрощенной «интерференционных» формул и построить зависимость множителя ослабления от расстояния между передатчиком и приемником
- 4) Исследовать как меняется зависимость множителя ослабления от расстояния при смене длины волны (0.01, 0.1, 1, 10 м), изменении высот подвеса антенн ($h_1+h_2 = 10, 50, 100$).
- 5) Исследовать границы применимости упрощенной формулы. Показать отличие множителей ослабления, рассчитанных по полной и упрощенной формулам для трех типов поверхности
- 6) Построить зависимости положения 1-го, 2-го и 3-го максимумов и минимумов упрощенной интерференционной формулы от длины волны и фиксированных значениях высот подвеса
- 7) Исследовать отличие зависимости множителя ослабления Введенского и упрощенного интерференционного множителя от расстояния. Изучить границы применимости формулы Введенского
- 8) Построить зависимость множителя ослабления от расстояния для трех различных фиксированных высот передающей антенны (10, 20 и 50 м) и приемной антенны, находящейся на поверхности Земли, в случае распространения радиоволн с частотой 200 МГц над сухой почвой и морской поверхностью
- 9) Составить блок-схему расчета напряженности поля в случае распространения радиоволн над земной поверхностью при поднятых антеннах

Задание 3. Структура поля излучателя вблизи поверхности Земли

- 1) Построить диаграмму направленности вертикального электрического вибратора в вертикальной плоскости в находящегося в свободном пространстве и вблизи земной поверхности
- 2) Исследовать, как поменяется структура поля в случае подвеса вибратора на различных высотах над земной поверхностью
- 3) Сделать вывод о влиянии земной поверхности на структуру поля излучателя

Задание 4. Граничные условия Леонтовича

- 1) Построить временные зависимости вертикальной и продольной тангенциальной компонент электрического поля при распространении радиоволны над влажной, сухой почвой и морской поверхностью
- 2) Оценить угол наклона фронта волны для каждого из рассмотренных типов поверхности

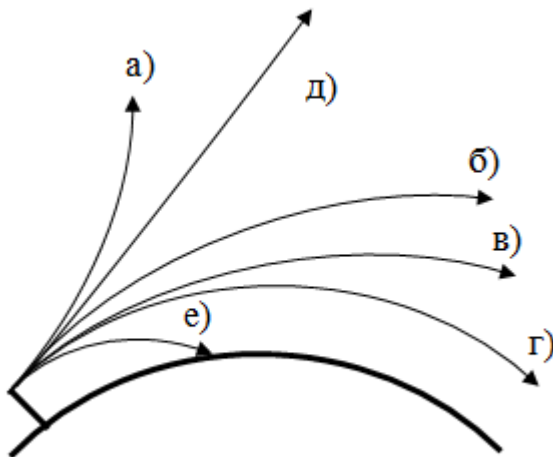
Задание 5. Распространение радиоволн над неоднородной земной поверхностью

- 1) Изучить структуру формулы Шулейкина – Ван-дер-Поля

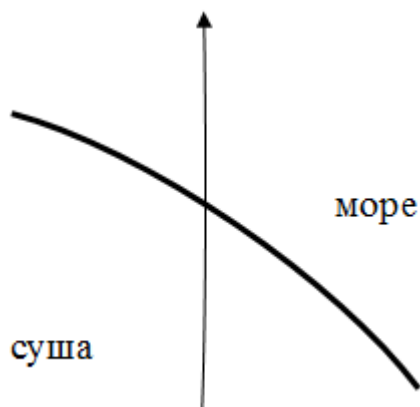
- 2) Построить зависимость действующего значения электрического поля от расстояния радиотрассы для заданных длины волны, высоты подвеса и тока вертикального вибратора, находящегося вблизи однородной земной поверхности, и различных значений электрических параметров земной поверхности
- 3) Используя подход Миллингтона, рассмотреть случай трассы «суша-море». Провести построения, аналогичные п. 2
- 4) Используя подход Миллингтона, рассмотреть случай трассы «море-суша». Провести построения, аналогичные п. 2
- 5) Сравнить результаты п. 3 с аналогичным расчетом по точной формуле Фейнберга
- 6) Сделать выводы о влиянии неоднородности земной поверхности на напряженность поля радиоволны

Примерный перечень вопросов к тесту для промежуточного контроля

1. В поле излучения элементарного электрического вибратора в свободном пространстве как изменяется напряженность электрического поля в дальней зоне с ростом расстояния?
2. С увеличением высоты подвеса горизонтального линейного симметричного электрического вибратора над плоской идеально проводящей поверхностью при неизменной частоте передатчика как меняется его диаграмма направленности?
3. Чему равна разность фаз напряженности поля в соседних зонах Френеля?
4. Что подразумевает отражательная трактовка влияния плоской поверхности Земли на распространение радиоволн?
5. Чему пропорциональны основные потери передачи (в «разгах») на радиолинии в условиях свободного пространства?
6. Чему равно максимальное значение модуля множителя ослабления на радиолинии, для которой справедлива двухлучевая модель РРВ, в случае идеальной отражающей поверхности?
7. Что представляет собой область, существенная для распространения радиоволн на радиолинии прямой видимости?
8. Какие из шести обозначенных траекторий радиолуча в тропосфере соответствуют положительной рефракции?



9. Определить по картинке будет ли происходить боковое отклонение (рефракция) при распространении радиоволн (направление показано стрелкой), и если будет, то в какую сторону?



10. Определить по каким формулам следует проводить расчет множителя ослабления с учетом сферичности земной поверхности на радиотрассе протяженностью 35 км, если высоты подвеса антенн равны соответственно $h_1=50$ м и $h_2=15$ м.

Тестовые вопросы для проверки сформированности компетенции ПК-4

1. Осциллирующий характер значений модуля множителя ослабления на радиолинии УКВ

диапазона, проходящей над плоской поверхностью земли, определяется явлением:

- дифракции
- отрицательной рефракции
- интерференции
- положительной рефракции
- поляризации

2. Область, существенная для распространения радиоволн на радиолинии прямой видимости, представляет собой:

- параболоид вращения
- гиперболоид вращения
- эллипсоид вращения
- сфероид
- кардиоиду

3. Потери передачи (в «разгах») в условиях свободного пространства на радиолинии прямо пропорциональны:

- сумме коэффициентов усиления передающей и приемной антенны
- разности коэффициентов усиления передающей и приемной антенны
- произведению коэффициентов усиления передающей и приемной антенны
- квадрату длины волны
- квадрату расстояния между приемной и передающей антеннами

4. Техническое средство имеет на входе антенны мощность P , Вт, коэффициент усиления

антенны D . Максимальная амплитуда напряженности электрического поля E , создаваемого техническим средством в свободном пространстве, в некоторой точке на расстоянии r , равна:

- $E = \frac{\sqrt{60P}}{r} D$

- $E = \frac{\sqrt{60PD}}{r}$
- $E = \frac{\sqrt{60(P+D)}}{r}$
- $E = \frac{\sqrt{60PD}}{r^2}$
- $E = \frac{\sqrt{60P}}{r^2} D$

5. Понятия ОРЧ и МПЧ (оптимальная и максимально применимая рабочая частота) характерны для радиолиний:

- сотовой связи
- декаметровых
- гектометровых
- мириаметровых
- километровых

6. Определить допустимую высоту забора между садовыми участками, такую, чтобы он не являлся экранирующим препятствием на радиолинии wi-fi (2.4 ГГц) протяженностью 20 м. Антенны расположены на высоте 2 м от земной поверхности, а забор находится в середине радиолинии.

- 0.8 м
- 1 м
- 1.2 м
- 1.5 м
- 1.8 м

7. Что произойдет с радиусом зоны молчания (мертвой зоной) при увеличении частоты при ионосферном распространении КВ радиоволн?

- увеличится
- уменьшится
- останется неизменной

Демонстрационный вариант практического задания для промежуточного контроля

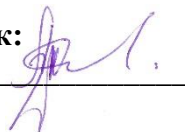
Определить мощность передатчика, необходимую для обеспечения радиосвязи с надежностью Р, на трассе протяженностью г, если рабочая частота f (длина волны λ), коэффициент усиления передающей и приемной антенн D1 и D2. Для борьбы с замираниями используются Na разнесенных антенн и прием на Nf частотах. Пороговое значение мощности на входе приемного устройства должно составлять P2. Ответ привести в Вт и в дБ. Данные для решения даны в таблице по вариантам.

№ варианта	P2	г, км	f или λ	D1	D2	Na	Nf	P, %
1	1.5*10 ⁻¹³ Вт	460 км	660 МГц	5*10 ³	55 дБ	3	2	99.9
2	-122 дБ	520 км	375 МГц	60 дБ	45 дБ	2	3	99.5
3	8*10 ⁻¹⁴ Вт	350 км	0.54 м	35 дБ	104	2	2	99.8
4	-135 дБ	470 км	10 см	50 дБ	1.5*10 ⁴	1	3	99.8

5	-120 дБ	370 км	1.5 ГГц	2*104	50 дБ	2	2	99.5
6	10-13 Вт	420 км	4 см	60 дБ	40 дБ	3	1	99.9
7	10-14 Вт	350 км	0.5 м	3*103	104	2	2	99.9

Разработчик:

(подпись)



профессор

(занимаемая должность)

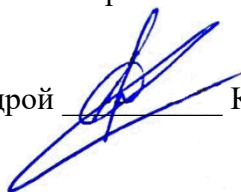
Афанасьев Н.Т.

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учитывает рекомендации ОПОП по направлению **10.03.01 «Информационная безопасность»** и профилю подготовки **«Техническая защита информации»**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «17» февраля 2026 г. протокол № 7

И.О. зав. кафедрой



Колесник С.Н.

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