

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой радиофизики



(Корчагин Ю.Э.)

*подпись, расшифровка подписи*

07.06.2023 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.04 Каналы передачи информации в системах связи**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

03.04.03 Радиофизика

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Компьютерные методы обработки радиофизической информации

**3. Квалификация выпускника:** магистр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра радиофизики

**6. Составители программы:** Захаров Александр Викторович, к.ф.м.н., доцент

**7. Рекомендована:** НМС физического факультета, прот. №5 от 25.05.2023 г.

**8. Учебный год:** 2023/2024

**Семестр(ы):** 1, 2

**9. Цели и задачи учебной дисциплины**

**Цель** преподавания дисциплины:

- изучение проводных и беспроводных каналов передачи информации, используемых в современных радиотехнических системах телекоммуникаций.

**Задачи** преподавания дисциплины:

- классификация проводных и беспроводных каналов передачи информации, используемых в современных радиотехнических системах телекоммуникаций;

- изучение принципов функционирования проводных и беспроводных каналов передачи информации, а также физических процессов в каналах передачи информации при прохождении по ним информационных сигналов;

- рассмотрение и анализ физических характеристик различных видов проводных и беспроводных каналов передачи информации;
- изучение влияния проводных и беспроводных каналов передачи информации на искажения передаваемых информационных сигналов;
- рассмотрение ограничений, накладываемых характеристиками каналов передачи информации на структуру и эффективность систем связи.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

### Цикл, к которому относится дисциплина.

Вариативная часть блока Б1.

### Требования к входным знаниям, умениям и навыкам:

Студенты должны **знать**:

- основы теории вероятностей и математической статистики,
- теоретические основы радиотехники,
- основы теории электрических цепей и сигналов,
- основы теории излучения, распространения и рассеяния радиоволн.
- основы теории радиоприемных устройств.

Студенты должны **уметь**:

- применять знания, полученные при освоении базовых дисциплин, к новым дисциплинам и областям знания;
- владеть компьютером и современным программным обеспечением на уровне опытного пользователя;
- приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии, в том числе Интернет;

Студенты должны **владеть**:

- способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности;
- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии с учетом требований информационной безопасности;
- способностью понимать принципы функционирования современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Коды	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способность принимать участие в разработке и научных исследованиях систем связи и телекоммуникаций	ПК-1.1	Владеть фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности распространения электрических и волновых процессов в направляющих системах проводных систем связи и телекоммуникаций;</li> <li>- особенности распространения оптических и радиоволн в физических средах, используемых в беспроводных системах связи и телекоммуникаций;</li> <li>- принципы функционирования проводных и беспроводных каналов передачи информации, а также физические процессы в каналах передачи при прохож-</li> </ul>

				<p>дении по ним информационных сигналов - возможные искажения передаваемых сигналов в зависимости от типа и особенностей канала передачи информации.</p> <p><b>Уметь:</b> - учитывать влияние особенностей проводных и беспроводных каналов передачи информации на искажения передаваемых информационных сигналов; - предсказывать характеристики систем связи и телекоммуникаций в зависимости от вида и особенностей используемого канала передачи информации .</p> <p><b>Владеть:</b> - методами анализа характеристик современных систем связи и телекоммуникаций с учетом физических свойств используемых каналов передачи информации.</p>
		ПК-1.3	<p>Проводить анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации</p>	<p><b>Знать:</b> - Характеристики и особенности известных систем связи и телекоммуникаций, использующих различные виды проводных и беспроводных каналов передачи информации.</p> <p><b>Уметь:</b> - провести анализ характеристик известных узлов и блоков систем связи и телекоммуникаций с учетом физических свойств используемых каналов передачи информации.</p> <p><b>Владеть:</b> - математическими методами анализа технических решений известных блоков систем связи и телекоммуникаций с учетом физических ограничений, накладываемых на них каналами передачи информации.</p>
		ПК-1.5	<p>Разрабатывать новые технические решения блоков систем связи и телекоммуникаций под руководством более квалифицированного работника</p>	<p><b>Знать:</b> - основные направления развития современных систем связи и телекоммуникаций; - физические ограничения, накладываемые проводными и беспроводными каналами передачи информации на характеристики современных систем связи и телекоммуникаций;</p> <p><b>Уметь:</b> - разрабатывать новые технические решения узлов и блоков систем связи и телекоммуникаций с учетом характеристик и ограничений используемых каналов передачи информации;</p> <p><b>Владеть:</b> - математическим аппаратом теории проводных и беспроводных каналов пе-</p>

				<p>редачи информации;  - математическими методами анализа новых узлов и блоков систем связи и телекоммуникаций с учетом физических ограничений, накладываемых на них каналами передачи информации.</p>
--	--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108 + 4/144.**

**Форма промежуточной аттестации — зачет, экзамен**

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3,4
Аудиторные занятия		86	38	48	-
в том числе:	лекции	50	26	24	-
	практические	36	12	24	-
	лабораторные	-	-	-	-
Самостоятельная работа		130	70	60	-
в том числе: курсовая работа (проект)		-	-	-	-
Форма промежуточной аттестации – <i>зачет, экзамен</i>		36	- (зачет)	36 (экзамен)	-
Итого:		252	108	144	-

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела с помощью онлайн-курса, ЭУМК *)
<b>1. Лекции. Семестр 1</b>			
1.1.	Понятие канала передачи информации. Проводные и беспроводные каналы	<p>Определение радиофизического канала передачи информации. Классификация каналов передачи информации.</p> <p>Определение проводного и беспроводного каналов. Виды проводных и беспроводных каналов. Области применения проводных и беспроводных каналов передачи информации.</p>	-
1.2.	Электрические проводные каналы их характеристики	<p>Понятие электрического кабельного канала. Виды направляющих элементов канала.</p> <p>Общие закономерности распространения волн в канале. Прямые и обратные волны. Первичные и вторичные параметры канала и их зависимость от частоты. Согласование приемника и передатчика с каналом.</p> <p>Симметричный кабельный канал, его устройство и принцип действия. Первичные параметры канала. Особенности распространения волн</p>	-

		<p>в канале. Антенный и поверхностный эффекты. Диапазоны применяемых частот. Области применения канала.</p> <p>Витая пара, как вид симметричного кабельного канала. Конструктивные особенности канала, его достоинства и недостатки. Классы витых пар, скорость передачи информации и диапазоны применяемых частот. Области применения витой пары.</p> <p>Коаксиальный кабельный канал, его устройство и принцип действия. Особенности канала, его достоинства и недостатки. Диапазоны применяемых частот. Области применения канала.</p> <p>Полосковый канал, его устройство и принцип действия. Особенности канала, его достоинства и недостатки. Диапазоны применяемых частот. Области применения канала.</p>	
1.3.	Волноводные проводные каналы и их характеристики	<p>Понятие волноводного проводного канала. Виды направляющих элементов канала.</p> <p>Металлический волноводный канал, устройство и принцип действия. Особенности распространения радиоволн в канале. Типы (моды) радиоволн в канале. Одномодовый и многомодовый режимы канала. Дисперсия радиоволн в канале, виды дисперсии. Оптимальный выбор размеров волновода и длины волны.</p> <p>Диэлектрические волноводы. Полосковые линии. Лучевые волноводы. Их особенности и характеристики. Области применения радиоволноводов.</p> <p>Преимущества оптических волн в системах телекоммуникаций. Волоконно-оптический волноводный канал, его устройство и принцип действия.</p> <p>Особенности распространения оптических волн в волоконно-оптическом канале. Типы (моды) оптических волн в канале. Одномодовый и многомодовый режимы канала. Дисперсия оптических волн в канале, виды дисперсии. Оптимальный выбор размеров волновода и длины волны.</p> <p>Диапазоны длин волн волоконно-оптических каналов. Поколения волоконно-оптических каналов. Области применения волоконно-оптических каналов.</p>	-
<b>Семестр 2</b>			
1.4.	Беспроводные атмосферные радиоканалы и их характеристики	<p>Понятие беспроводного радиоканала телекоммуникаций. Классификация и основные виды беспроводных радиоканалов.</p> <p>Атмосферный волноводный радиоканал, его характеристики и применение.</p> <p>Радиоканал с земной (поверхностной) волной, его характеристики и применение.</p> <p>Ионосферные радиоканалы. Радиоканал с отраженной ионосферной волной, его характе-</p>	-

		<p>ристики и применение. Радиоканал с отражением от спорадических слоев ионосферы. Виды ионосферных возмущений и их влияние на характеристики ионосферных каналов. Радиоканал с ионосферным рассеянием, его характеристики и применение. Радиоканал с отражением от следов метеоров, его характеристики и применение.</p> <p>Тропосферные радиоканалы. Радиоканал с тропосферным рассеянием, его характеристики и применение. Радиорелейный канал дальнего тропосферного распространения. Тропосферный волноводный радиоканал, его характеристики и применение.</p> <p>Радиоканалы с прямой волной. Атмосферный радиоканал с прямой волной, его характеристики и применение. Радиоканал радиальной связи. Радиорелейный канал прямой видимости. Радиоканалы сотовой и транкинговой связи.</p>	
1.5.	Беспроводные космические радиоканалы и их характеристики	<p>Радиоканалы спутниковой связи, их характеристики и применение. Особенности радиоканалов спутниковой связи. Выбор рабочей частоты радиоканала спутниковой связи.</p> <p>Особенности радиоканалов спутниковой связи с использованием геостационарных орбит, средневысотных орбит, низких круговых орбит и высоких эллиптических орбит.</p> <p>Радиоканал дальней космической связи, его особенности, характеристики и применение.</p>	-
1.6.	Беспроводные оптические каналы и их характеристики	<p>Понятие беспроводного оптического канала телекоммуникаций. Классификация и основные виды беспроводных оптических каналов.</p> <p>Атмосферный оптический канал, его особенности и применение. Космический оптический канал, его особенности и применение. Использование оптических волн для связи под водой.</p>	-
1.7.	Математические модели проводных и беспроводных каналов передачи информации	<p>Понятие модели канала. Требования к модели канала. Классификация моделей. Линейные модели и их особенности. Канал передачи информации как четырехполюсник.</p> <p>Модели каналов с постоянными параметрами. Законы преобразования сигналов в канале. Импульсная характеристика и передаточные функции канала. Рассеяние сигналов по времени. Частотные и фазовые искажения сигналов в канале. Связь модели канала с параметрами сигнала.</p> <p>Модели каналов с переменными параметрами. Законы преобразования сигналов в канале. Одночастотная и двухчастотная передаточные функции канала, функция рассеяния. Рассеяние сигналов по частоте. Связь модели канала с параметрами сигнала.</p> <p>Модели каналов со случайными параметрами. Математические ожидания и корреляционные функции системных функций канала. Ча-</p>	-

		стотно селективные и временные селективные замирания в канале. Общие (гладкие) замирания. Обобщенный радиоканал. Связь модели канала с параметрами сигнала.	
<b>2. Практические занятия. Семестр 1.</b>			
2.1.	Электрические проводные каналы их характеристики	<p>Симметричный кабельный канал, его устройство и принцип действия. Первичные параметры канала. Особенности распространения волн в канале. Антенный и поверхностный эффекты. Диапазоны применяемых частот. Области применения канала.</p> <p>Витая пара, как вид симметричного кабельного канала. Конструктивные особенности канала, его достоинства и недостатки. Классы витых пар, скорость передачи информации и диапазоны применяемых частот. Области применения витой пары.</p> <p>Коаксиальный кабельный канал, его устройство и принцип действия. Особенности канала, его достоинства и недостатки. Диапазоны применяемых частот. Области применения канала.</p>	-
2.2.	Волноводные проводные каналы и их характеристики	<p>Металлический волноводный канал, устройство и принцип действия. Особенности распространения радиоволн в канале. Типы (моды) радиоволн в канале. Одномодовый и многомодовый режимы канала. Дисперсия радиоволн в канале, виды дисперсии. Оптимальный выбор размеров волновода и длины волны.</p> <p>Волоконно-оптический волноводный канал, его устройство и принцип действия.</p> <p>Особенности распространения оптических волн в волоконно-оптическом канале. Типы (моды) оптических волн в канале. Одномодовый и многомодовый режимы канала. Дисперсия оптических волн в канале, виды дисперсии. Оптимальный выбор размеров волновода и длины волны.</p> <p>Диапазоны длин волн волоконно-оптических каналов. Поколения волоконно-оптических каналов. Области применения волоконно-оптических каналов.</p>	-
<b>Семестр 2</b>			
2.3.	Беспроводные атмосферные радиоканалы и их характеристики	<p>Атмосферный волноводный радиоканал, его характеристики и применение.</p> <p>Радиоканал с земной (поверхностной) волной, его характеристики и применение.</p> <p>Радиоканал с отраженной ионосферной волной, его характеристики и применение. Радиоканал с ионосферным рассеянием, его характеристики и применение. Радиоканал с отражением от следов метеоров, его характеристики и применение.</p> <p>Радиоканал с тропосферным рассеянием, его характеристики и применение. Тропосферный волноводный радиоканал, его характеристики и</p>	-

		применение. Атмосферный радиоканал с прямой волной, его характеристики и применение.	
2.4.	Беспроводные космические радиоканалы и их характеристики	Радиоканалы спутниковой связи, их характеристики и применение. Особенности радиоканалов спутниковой связи. Выбор рабочей частоты радиоканала спутниковой связи. Особенности радиоканалов спутниковой связи с использованием геостационарных орбит, средневысотных орбит, низких круговых орбит и высоких эллиптических орбит.	-
2.5.	Беспроводные оптические каналы и их характеристики	Атмосферный оптический канал, его особенности и применение. Космический оптический канал, его особенности и применение. Использование оптических волн для связи под водой.	-
2.6.	Математические модели проводных и беспроводных каналов передачи информации	Модели каналов с постоянными параметрами. Законы преобразования сигналов в канале. Импульсная характеристика и передаточные функции канала. Рассеяние сигналов по времени. Частотные и фазовые искажения сигналов в канале. Модели каналов с переменными параметрами. Законы преобразования сигналов в канале. Одночастотная и двухчастотная передаточные функции канала, функция рассеяния. Рассеяние сигналов по частоте. Модели каналов со случайными параметрами. Математические ожидания и корреляционные функции системных функций канала. Частотно селективные и временные селективные замирания в канале. Общие (гладкие) замирания.	-
<b>3. Лабораторные занятия</b>			

\* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоят. работа	Всего
1.	Понятие канала передачи информации. Проводные и беспроводные каналы.	3	-	-	8	11
2.	Электрические кабельные каналы их характеристики	12	6	-	32	35
3.	Волноводные проводные каналы и их характеристики	11	6	-	30	32

4.	Беспроводные атмосферные радиоканалы и их характеристики	8	6	-	20	34
5.	Беспроводные космические радиоканалы и их характеристики	6	8	-	14	28
6.	Беспроводные оптические каналы и их характеристики	4	4		14	22
7.	Математические модели проводных и беспроводных каналов передачи информации	6	6	-	12	24
	Итого:	50	36	-	130	216

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Кроме прослушивания лекционного курса и выполнения заданий на практических занятиях, необходимо изучение методических материалов для самостоятельной работы, составленных для углубленного изучения данного курса. Во внеаудиторное время рекомендуются очные и дистанционные формы общения с преподавателем, а также самостоятельный поиск информации в сети Internet.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

##### а) основная литература:

1. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 1 / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский; Под ред. В.А. Андреева. – М.: Горячая линия - Телеком, 2009. – 424 с.
2. Ксенофонтов С.Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач. / С.Н. Ксенофонтов, Э.Л. Портнов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 268 с.
3. Гроднев И.И. Линии связи / И.И. Гроднев, С.М. Верник – М.: Радио и связь, 1988. – 544 с.
4. Ефимов Е.И. Радиочастотные линии передачи. Радиочастотные кабели / Е.И. Ефимов, Г.А. Останькович. - М.: Связь, 1977. – 408 с.
5. Оптические устройства в радиотехнике / А.Ю. Гринев, К.П. Наумов, Л.Н. Пресленев и др.; Под ред. В.Н. Ушакова. – М.: Радиотехника, 2009. – 264 с.
6. Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи \ И.И. Гроднев. – М: Радио и связь, 1990. – 224 с.
7. Гауэр Дж. Оптические системы связи / Дж. Гауэр; Пер с англ. - М: Радио и связь, 1989. -504 с.
8. Телекоммуникационные системы и сети. В 3-х томах. Том 2. Радиосвязь, радиовещание, телевидение / Г.П. Катунин, Г.В. Мамчев, В.Н. Попантонопуло, В.П. Шувалов; Под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 672 с.
9. Радиосистемы передачи информации / В.А. Васин, В.В. Калмыков, Ю.Н. Себекин, А.И. Сенин, И.Б. Федоров; Под ред. И.Б. Федорова и В.В. Калмыкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 472 с.
10. Системы радиосвязи / И.Н. Калашников, Э.И. Крупицкий, И.Л. Дороднов, В.И. Носов; Под ред. И.Н. Калашникова. – М.: Радио и связь, 1988. – 352 с.
11. Головин О.В. Радиосвязь / О.В. Головин, Н.И. Чистяков, В. Шварц, И. Хардон Агиляр; Под ред. О.В. Головина. – М.: Горячая линия -Телеком, 2001. – 288 с.
12. Нефедов Е.И. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн / Е.И.Нефедов. – М.: Академия, 2008. – 320 с.

13. Черенкова Е.Л. Распространение радиоволн / Е.Л. Черенкова, О.В. Чернышев. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.
14. Оптические устройства в радиотехнике / А.Ю. Гринев, К.П. Наумов, Л.Н. Пресленев и др.; Под ред. В.Н. Ушакова. – М.: Радиотехника, 2009. – 264 с.
15. Маковеева М.М. Радиорелейные линии связи / М.М. Маковеева. – М.: Радио и связь, 1988. – 312 с.
16. Основы проектирования цифровых радиорелейных линий связи Учебное пособие для вузов / М.А. Быховский, Ю.М. Кирик, В.И. Носов и др. Под ред. М.А. Быховского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 334 с.
17. Радиорелейные и спутниковые системы передачи Под ред. Немировского, 1988.
18. Сомов А.М. Спутниковые системы связи / А.М.Сомов, С.Ф.Корнев . Под ред. А.М.Сомова. – М.: Горячая линия –Телеком, 2014. – 244 с.
19. Михайлов В.Ф. Космические системы связи / В.Н. Михайлов, В.Н. Мошкин, И.В. Брагин. – СПб.: ГУАП, 2006. – 174 с.
20. Теория электрической связи / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, В.И.Коржик, В.М.Назаров; Под ред. Д.Д. Кловского. - М.: Радио и связь, 1999. – 432 с.
21. Зюко А.Г. Теория передачи сигналов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, М.В. Назаров и др. - М.: Радио и связь, 1986.
22. Кириллов Н.Е. Помехоустойчивая передача сообщений по линейным каналам со случайно изменяющимися параметрами / Н.Е. Кириллов. - М.: Связь, 1976.

**б) дополнительная литература:**

1. Султанов А.Х. Основы линий связи . Часть 1 / А.Х. Султанов, А.З. Тлявлин. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 2000. – 100 с.
2. Оптические системы передачи / Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалев и др.; Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь, 1994. – 224 с.
3. Радиотехнические и радиооптические системы / Э.А. Засовин, А.Б. Борзов, Р.П. Быстров и др.; Под ред. Э.А. Засовина. – М.: Круглый год, 2001. – 752 с.
4. Ефимов И.Е. Волноводные линии передачи / И.Е. Ефимов, Г.А. Шермина. - М.: Связь, 1979. – 232 с.
5. Тепляков И.М. Телекоммуникационные системы. Сборник задач / И.М. Тепляков. - М.: ИП Радиософт, 2008. – 240 с.
6. Попов П.А. Теория связи по проводам/П.А. Попов. – М.: Связь, 1978. – 272 с
7. Оптические системы передачи / Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалев и др.; Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь, 1994. – 224 с.
8. Радиотехнические и радиооптические системы / Э.А. Засовин, А.Б. Борзов, Р.П. Быстров и др.; Под ред. Э.А.Засовина. – М.: Круглый год, 2001. – 752 с.
9. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей / В.В.Крухмалев, В.Н.Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. – М.: Горячая линия -Телеком, 2004. – 510 с.
10. Телекоммуникационные системы и сети. В 3-х томах. Т. 1. Современные технологии / Б.И. Крук, В.Н. Попантонопуло, В.П. Шувалов; Под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия -Телеком, 2003. – 647 с.
11. Чернышев В.П. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства / В.П. Чернышев, Д.И. Шейнман. – М.: Радио и связь, 1992. – 240 с.
12. Долуханов М.П. Распространение радиоволн / М.П.Долуханов - М.: Связь, 1972. – 336 с.
13. Гусятинский И.А. Дальняя тропосферная радиосвязь / И.А. Гусятинский. - М.: Связь, 1972. – 354 с.
14. Камнев В.Е. Спутниковые сети связи / В.Е.Камнев, В.В.Черкасов, Г.Ф.Чечин. – М.: Альпина Паблицер, 2004. – 536 с.

15. Головин О.В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / О.В. Головин, С.П. Простов; Под ред. О.В. Головина. – М.: Горячая линия –Телеком, 2006. – 598 с
16. Справочник по радиорелейной связи / Н.Н. Каменский, А.М. Модель, Б.С. Надененко и др.; Под ред. С.В. Бородича. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.
17. Колосов М.А. Распространение радиоволн при космической связи / М.А. Колосов, Н.А. Арманд, О.И. Яковлев. – М. Связь, 1969. – 156 с.
18. Тепляков И.М. Радиолинии космических систем передачи информации / И.М. Тепляков, И.Д. Калашников, Б.В. Рошин; Под ред. И.М. Теплякова. – М.:Сов.радио, 1975 – 400с.
19. Цифровые и аналоговые системы передачи / В.И.Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др. Под ред. В.И. Иванова. - М.: Горячая линия –Телеком, 2003. – 232 с.
20. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи / А.Г. Зюко. – М.: Связь, 1972. - 359 с.

**в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернета)\*:**

№ п/п	Ресурс
1.	Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского госуниверситета: электронно-библиотечная система. - URL: <a href="https://lib.vsu.ru/">https://lib.vsu.ru/</a>
2.	Электронно-библиотечная система «Лань» - URL : <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> .
3.	Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» - URL : <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a> .
4.	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека. - URL : <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a> .

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

1. Цифровые и аналоговые системы передачи / В.И.Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др. Под ред. В.И. Иванова. - М.: Горячая линия –Телеком, 2003. – 232 с
2. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 1 / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский; Под ред. В.А. Андреева. – М.: Горячая линия - Телеком, 2009. – 424 с.
3. Ксенофонтов С.Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач. / С.Н. Ксенофонтов, Э.Л. Портнов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 268 с.
4. Оптические системы передачи / Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалев и др.; Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь, 1994. – 224 с.
5. Тепляков И.М. Телекоммуникационные системы. Сборник задач / И.М. Тепляков. - М.: ИП Радиософт, 2008. – 240 с.
6. Радиосистемы передачи информации / В.А. Васин, В.В. Калмыков, Ю.Н. Себекин, А.И. Сеннин, И.Б. Федоров; Под ред. И.Б. Федорова и В.В. Калмыкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 472 с.
7. Кириллов Н.Е. Помехоустойчивая передача сообщений по линейным каналам со случайно изменяющимися параметрами / Н.Е. Кириллов. - М.: Связь, 1976.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

В процессе самостоятельной работы во внеаудиторное время рекомендуются дистанционные формы общения с преподавателем и самостоятельный поиск информации в сети Internet.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Ноутбук HP Pavilion Dv9000, проектор BenQ MP575, экран на треноге.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Понятие канала передачи информации. Проводные и беспроводные каналы.	ПК-1	ПК-1.1	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
2.	Электрические кабельные каналы их характеристики	ПК-1	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.5.	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
3.	Волноводные проводные каналы и их характеристики	ПК-1	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.5.	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
4.	Беспроводные атмосферные радиоканалы и их характеристики	ПК-1	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.5.	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
5.	Беспроводные космические радиоканалы и их характеристики	ПК-1	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.5.	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
6.	Беспроводные оптические каналы и их характеристики	ПК-1	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.5.	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
7.	Математические модели проводных и беспроводных каналов передачи информации	ПК-1	ПК-1.3, ПК-1.5.	Выборочный опрос в начале занятия для текущей аттестации
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет (1 семестр), экзамен (2 семестр)				Перечень вопросов к зачету (экзамену)

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется в начале занятия путем *выборочного опроса* студентов по теме предыдущего занятия.

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме зачета (в 1 семестре) или экзамена (во 2 семестре) с помощью *собеседования по списку вопросов* (КИМ).

#### 20.2. 1. Промежуточная аттестация в 1 семестре (зачет)

**Перечень вопросов к зачету и порядок формирования КИМ**

1. Понятие радиофизического канала передачи информации. Классификация каналов. Особенности проводных и беспроводных каналов.
2. Понятие проводного канала. Виды направляющих элементов. Классификация проводных каналов. Электрические и волноводные каналы.
3. Распространение волн в электрических проводных каналах. Прямая и обратная волны. Первичные и вторичные параметры канала.
4. Первичные параметры электрического проводного канала и их зависимость от частоты.
5. Вторичные параметры электрического проводного канала и их зависимость от частоты.
6. Согласование приемника и передатчика с электрическим проводным каналом. Рабочий режим канала.
7. Воздушная линия, ее недостатки и диапазоны применяемых частот.
7. Симметричный кабельный канал, его устройство и принцип действия. Достоинства и недостатки. Диапазоны применяемых частот.
8. Витая пара, ее устройство, достоинства и недостатки. Классы витых пар и диапазоны применяемых частот.
9. Коаксиальный кабельный канал, его устройство и принцип действия. Достоинства и недостатки. Диапазоны применяемых частот.
10. Радиоволноводный канал, его устройство и принцип действия. Достоинства и недостатки. Диапазоны применяемых частот.
11. Типы (моды) радиоволн в волноводном канале. Одномодовый и многомодовый режимы.
12. Дисперсия радиоволн в волноводном канале и ее виды. Выбор размеров волновода и длины волны.
13. Диэлектрические волноводы. Полосковые линии. Лучевые волноводы. Их характеристики и области применения.
14. Достоинства применения оптических волн в системах телекоммуникаций.
15. Волоконно-оптический канал, его устройство и принцип действия.
16. Одномодовый и многомодовый режимы волоконно-оптического канала. Градиентные световоды. Выбор размеров световода и длины оптических волн.
17. Дисперсия оптических волн в волоконно-оптическом канале, виды дисперсии. Методы борьбы с дисперсией.
18. Потери в волоконно-оптическом канале. Выбор длины волны в волоконно-оптических каналах различного поколения.

Контрольно-измерительные материалы формируются из данного списка вопросов, по два вопроса на каждого экзаменуемого.

### **Описание технологии проведения зачета .**

В начале зачетного занятия студент получает два вопроса из списка вопросов, выбираемых произвольно. После непродолжительной подготовки проводится собеседование с экзаменуемым по этим вопросам. Далее студенту предлагается ответить на несколько произвольно выбранных дополнительных вопросов.

### **Требования к выполнению, шкалы и критерии оценивания**

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом;

- 2) умение применять теоретические знания при решении практических задач.
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными исследований.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 2-х балльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p>Полный ответ на два произвольно выбранных вопроса из комплекта вопросов или незначительные погрешности в ответе, не указывающие на отсутствие общего понимания существа предмета.</p> <p>Обучающийся владеет понятийным аппаратом в данной области науки, теоретическими основами дисциплины, способен к решению типовых задач, дает правильные ответы на дополнительные вопросы, однако возможно допускает ошибки при отклонении вопроса от стандартного.</p>	Базовый уровень	Зачтено
<p>Отсутствие ответа (или ответ со значительными погрешностями) на один или оба произвольно выбранных вопроса из комплекта вопросов.</p> <p>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания или отсутствие знаний по теме предмета, допускает грубые ошибки при ответах на простые вопросы, не умеет решать даже типовые задачи..</p>	–	Не зачтено

## 20.2. 2. Промежуточная аттестация во 2 семестре (экзамен).

### Примеры контрольно-измерительных материалов (КИМ) к экзамену.

#### *Контрольно-измерительный материал № 1*

1. Понятие канала передачи информации как среды распространения сигналов. Классификация каналов передачи информации в системах телекоммуникаций.
2. Радиоканалы спутниковой связи, их характеристики и применение.

#### *Контрольно-измерительный материал № 2*

1. Понятие беспроводного радиоканала телекоммуникаций. Классификация и основные виды беспроводных радиоканалов.
2. Особенности радиоканалов спутниковой связи с использованием геостационарных орбит.

#### *Контрольно-измерительный материал № 3*

1. Атмосферный волноводный радиоканал, его характеристики и применение.
2. Особенности радиоканалов спутниковой связи с использованием средневысотных орбит.

#### *Контрольно-измерительный материал № 4*

1. Радиоканал с земной (поверхностной) волной, его характеристики и применение.
2. Особенности радиоканалов спутниковой связи с использованием низких круговых орбит.

#### *Контрольно-измерительный материал № 5*

1. Радиоканал с отраженной ионосферной волной, его характеристики и применение.
2. Радиоканалы дальней космической связи, их характеристики и применение.

*Контрольно-измерительный материал № 6*

1. Радиоканал с отражением от спорадических слоев ионосферы.
2. Особенности радиоканалов спутниковой связи с использованием высокоэллиптических орбит.

*Контрольно-измерительный материал № 7*

1. Виды ионосферных возмущений и их влияние на характеристики ионосферных радиоканалов.
2. Выбор нижней граничной частоты радиоволн для канала спутниковой связи.

*Контрольно-измерительный материал № 8*

1. Радиоканал с ионосферным рассеянием, его характеристики и применение.
2. Выбор верхней граничной частоты радиоволн для канала спутниковой связи.

*Контрольно-измерительный материал № 9*

1. Радиоканал с отражением от следов метеоров, его характеристики и применение.
2. Понятие беспроводного оптического канала телекоммуникаций. Классификация и основные виды беспроводных оптических каналов.

*Контрольно-измерительный материал № 10*

1. Радиоканал с тропосферным рассеянием, его характеристики и применение.
2. Атмосферный оптический канал, его особенности и применение.

*Контрольно-измерительный материал № 11*

1. Тропосферный волноводный радиоканал, его характеристики и применение.
2. Космический оптический канал, его особенности и применение.

*Контрольно-измерительный материал № 12*

1. Атмосферный радиоканал с прямой волной, его характеристики и применение.
2. Оптический канал для связи под водой и его особенности.

**Требования к выполнению, шкалы и критерии оценивания**

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом;
- 2) умение применять теоретические знания при решении практических задач.
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными исследований.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полный ответ на вопросы билета и на два дополнительных вопроса. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими положениями данной об-	Повышенный уровень	Отлично

<p>ласти науки, может иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, способен грамотно применить теоретические знания для решения практических задач..</p>		
<p>Незначительные погрешности в ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы.  Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки, теоретическими основами дисциплины, способен к решению типовых задач, дает правильные ответы на дополнительные вопросы, однако допускает ошибки при отклонении вопроса от стандартного.</p>	<p>Базовый уровень</p>	<p>Хорошо</p>
<p>Ответ на вопросы билеты и дополнительные вопросы с погрешностями, не указывающими на отсутствие общего понимания существа вопроса.  Обучающийся частично владеет теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен к решению типовых задач, дает неполные ответы на дополнительные вопросы, не умеет применять теоретические знания к некоторым практическим, допускает при этом ошибки.</p>	<p>Пороговый уровень</p>	<p>Удовлетворительно</p>
<p>Отсутствие ответа на один или оба вопроса билета.  Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания или отсутствие знаний по теме предмета, допускает грубые ошибки при ответах на простые вопросы, не умеет решать даже типовые задачи.</p>	<p>–</p>	<p>Неудовлетворительно</p>

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление/специальность 03.04.03 Радиоп физика  
*шифр и наименование специальности*

Дисциплина Б1.В.04 Каналы передачи информации в системах связи  
*код и наименование дисциплины*

Профиль подготовки Компьютерные методы обработки радиоп физической информации в соответствии с Учебным планом

Форма обучения Очная

Учебный год 2023/2024

Ответственный исполнитель

Зав кафедрой радиоп физики  
*должность, подразделение*

  
\_\_\_\_\_ *подпись*

(Ю.Э. Корчагин) 07.06. 2023 г.  
*расшифровка подписи*

Исполнители  
Доц. каф. радиоп физики  
*должность, подразделение*

  
\_\_\_\_\_ *подпись*

(А.В. Захаров) 07.06. 2023 г.  
*расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП по направлению/специальности

  
\_\_\_\_\_ *подпись*

(Ю.Э. Корчагин) 07.06. 2023 г.  
*расшифровка подписи*

Начальник отдела обслуживания ЗНБ

  
\_\_\_\_\_ *подпись*

(Н.В. Белодедова) 07.06. 2023 г.  
*расшифровка подписи*

Программа рекомендована НМС физического факультета  
*(наименование факультета, структурного подразделения)*

протокол № 5 от 25.05.2023 г.