

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Свойства беспроводных каналов связи

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы

Теория информации

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Свойства беспроводных каналов связи относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности	<p>ПК-1.1: Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности</p> <p>ПК-1.2: Имеет навыки выполнения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности</p> <p>ПК-1.3: Имеет навыки руководства исследованиями и опытно-конструкторскими разработками в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности, и формирования их новых направлений</p>	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знать проблемы и методы научных исследований, опытно-конструкторских разработок в области информатики и информационных технологий (ФИИТ).</p> <p>Уметь определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Знать основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации о выполнении научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ.</p> <p>Уметь</p>	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

		<p>самостоятельно составлять научно технические отчеты и документацию о выполнении научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ</p> <p>Владеть навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций.</p> <p>ПК-1.3: Знать основные способы представления и продвижения результатов в области опытно-конструкторских разработок, формировать их новые направления в области информатики и информационных технологий (ФИИТ).</p> <p>Уметь организовывать и выполнять, научные исследования и опытно-конструкторские разработки в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть навыками руководства научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к цифровой обработке сигналов.</p>		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	

<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>0</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>75</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Раздел 1. Передача сигнала в свободном пространстве. Связь мощностей принятого и передаваемого сигналов.	15	5		5	10
Раздел 2. Многолучевое распространение сигнала. Квадратичная формула Введенского для множителя ослабления.	15	5		5	10
Раздел 3. Замирания сигнала. Распределение Релея и Райса. Частотная дисперсия сигнала. Угловая дисперсия сигнала и его пространственная корреляция.	17	5		5	12
Раздел 4. Разнесенный прием. Выигрыш в системе с разнесенным приемом.	18	5		5	13
Раздел 5. Вероятность битовой ошибки в релеевском и райсовском некоррелированном и коррелированном каналах.	21	6		6	15
Раздел 6 Оценивание канала в системах связи, использующих OFDM сигналы.	21	6		6	15
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	0	33	75

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1.

Передача сигнала в свободном пространстве. Связь мощностей принятого и передаваемого сигналов.

Раздел 2.

Многолучевое распространение сигнала. Квадратичная формула Введенского для множителя ослабления.

Раздел 3.

Замирания сигнала. Распределение Релея и Райса. Частотная дисперсия сигнала. Угловая дисперсия

сигнала и его пространственная корреляция.

Раздел 4.

Разнесенный прием. Выигрыш в системе с разнесенным приемом.

Раздел 5.

Вероятность битовой ошибки в релейском и райсовском некоррелированном и коррелированном каналах.

Раздел 6

Оценивание канала в системах связи, использующих OFDM сигналы.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1. Понятие отношения мощности сигнала к средней мощности шума.
2. Связь мощностей принятого и передаваемого сигналов в свободном пространстве
3. Квадратичная формула Введенского для множителя ослабления. Зависимость мощности принятого сигнала от расстояния.
4. К каким радиофизическим эффектам приводит многолучевое распространение сигнала?
5. Замирания сигнала. Распределение Релея и Райса.
6. Частотная дисперсия сигнала, обусловленная мобильностью абонента. Эффект Доплера.
7. Импульсная характеристика и частотная передаточная функция канала.

8. Угловая дисперсия сигнала и его пространственная корреляция.
9. Пропускная способность каналов. Теорема Шеннона.
10. Разнесенный прием. Различные виды разнесения.
11. RAKE-приемник в CDMA-системе.
12. Вероятность битовой ошибки в релейском канале.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			объеме	некоторые с недочетами	недочетами	и, выполнены все задания в полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Ослабление сигнала в свободном пространстве. Дальность радиосвязи в свободном пространстве. Какие параметры системы связи оказывают влияние на дальность связи?
2. Дальность радиосвязи с учетом отражения сигнала от земной поверхности.

3. Многолучевое распространение сигнала в канале связи. Замирания сигнала с функцией плотности вероятности Релея.
4. Влияние мобильности абонента на спектр релеевских замираний. Спектр Джейкса
5. Ослабление сигнала в свободном пространстве. Дальность радиосвязи в свободном пространстве. Какие параметры системы связи оказывают влияние на дальность связи?
6. Дальность радиосвязи с учетом отражения сигнала от земной поверхности.
7. Многолучевое распространение сигнала в канале связи. Замирания сигнала с функцией плотности вероятности Релея.
8. Влияние мобильности абонента на спектр релеевских замираний. Спектр Джейкса
9. Импульсная характеристика многолучевого канала. Временная дисперсия сигнала.
10. Разнесенный прием, как средство борьбы с замираниями сигнала.
11. Частотная передаточная функция канала. Функция частотной когерентности.
12. Угловая дисперсия сигнала. Гауссова модель канала связи
13. Пространственная корреляция сигнала
14. Оценивание импульсной характеристики однолучевого канала
15. Оценивание импульсной характеристики многолучевого канала.
16. Оценивание длины импульсной характеристики многолучевого канала.
17. Оценивание частотной передаточной функции канала в OFDM системах связи
18. Битовые ошибки передачи информации через многолучевой канал с релеевскими замираниями
19. Битовые ошибки при разнесенном приеме в релеевском канале

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

#### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Ермолаев Виктор Тимофеевич. Методы обработки сигналов в адаптивных антенных решетках и компенсаторах помехи : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям 03.03.03 "Радиофизика", 02.03.02 "Фундам. информатика и информ. технологии" и специальности 10.05.02 "Информ. безопасность телекоммуникац. систем" / ННГУ. - Н. Новгород : [б. и.], 2015 (Тип. ННГУ). - 194 с. - 42.76., 20 экз.

Дополнительная литература:

1. Ермолаев Виктор Тимофеевич. Теоретические основы обработки сигналов в беспроводных



системах связи : монография / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2011. - 368 с. - ISBN 978-5-91326-143-4 : 187.95., 68 экз.

2. Тихонов Василий Иванович. Статистическая радиотехника. - М. : Советское радио, 1966. - 678 с. : ил. - 2.54., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Аверин Илья Михайлович, кандидат технических наук.

Заведующий кафедрой: Мальцев Александр Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 9/23.