

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой радиофизики



(Ю.Э. Корчагин)  
21. 04. 2025 г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.3.1 Излучение и распространение несинусоидальных волн**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
03.04.03 Радиофизика.
- 2. Профиль подготовки/специализация:** Физика радиосвязи и инфо-коммуникационных технологий
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** магистр.
- 4. Форма обучения:** Очная.
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Кафедра Радиофизики.
- 6. Составители программы:** доцент кафедры радиофизики, к.ф.-м.н. Бутейко В.К.
- 7. Рекомендована:** Кафедрой радиофизики. прот. №4 от 21.04.2025.
- 8. Учебный год:** 2025/2026 **Семестр(ы):** 3.

**9. Цель и задачи изучения дисциплины.** Цель курса - ознакомить студентов с теоретическими основами применения несинусоидальных волн в перспективных радиофизических и радиотехнических системах. Основная задача курса - ознакомить студентов с передовыми концепциями и методами применения несинусоидальных волн, научить применению этих методов в научной и инженерной работе, экспериментальных исследованиях, при разработке перспективных радиофизических систем.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: обязательная дисциплина вариативной части учебного плана.** (Цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей). Дисциплина относится к специальному циклу.

Дисциплина опирается на курсы: Электродинамика. Радиотехнические цепи и сигналы. Излучение и распространение радиоволн.

**11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-4.4	Владеет базовыми знаниями о методах и средствах автоматизации научного исследования	<p><b>знать:</b> основные принципы генерации, излучения и распространения несинусоидальных волн, преимущества и недостатки применения таких волн</p> <p><b>уметь:</b> оценить сравнительную эффективность применения несинусоидальных волн по сравнению с другими типами колебаний</p> <p><b>владеть</b> методами расчета сравнительной эффективности радиофизических систем, способами синтеза резонансных СШС устройств, качественного анализа диаграмм направленности дипольных антенных решеток.</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2 / 72**

. Форма промежуточной аттестации( *зачет*

**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)			
	Всего	По семестрам		
		8	....	.....
Аудиторные занятия	<b>24</b>	<b>24</b>		
в том числе: лекции	<b>12</b>	<b>12</b>		
практические	<b>12</b>	<b>12</b>		
лабораторные	<b>0</b>	<b>0</b>		
Самостоятельная работа	<b>48</b>	<b>48</b>		
Итого:	<b>72</b>	<b>72</b>		

### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение	История применения несинусоидальных волн в радиофизических системах. Их место в системе моделей колебаний. Обзор областей применения несинусоидальных волн. Причины повышения внимания специалистов к негармоническим колебаниям.
1.2	Колебания с большой относительной полосой	Основные понятия и определения. Простейшие модели сверхширокополосных сигналов. Колебания без несущей. Синусоидальные несущие. Несинусоидальные несущие. Модуляция и демодуляция несинусоидальных колебаний.
1.3	Генерация негармонических колебаний	Явление резонанса для негармонических колебаний. Сосредоточенные резонансные цепи. Распределенные резонаторы негармонических колебаний.
1.4	Излучение несинусоидальных волн	Диполь Герца. Антенные решетки из диполей Герца. Частотно-независимые антенны.
1.5	Распространение несинусоидальных волн	Поглощение радиоволн в атмосфере. Распространение электромагнитных волн в морской воде. Шумы в различных средах.
1.6	Прием несинусоидальных волн	Типовая схема приемника несинусоидальных колебаний. Секвентный преобразователь. Секвентные фильтры. Дискриминатор формы колебаний
1.7	Перспективы применения несинусоидальных волн	Применение несинусоидальных волн в системах связи. Применение несинусоидальных волн в радиолокации. Применение для исследования объектов радиофизическими методами.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Колебания с большой относительной полосой	Расчет относительной ширины спектра для разных видов сообщений.
2.2	Генерация негармонических колебаний	Составление блок-схем резонаторов по дифференциальным уравнениям ортогональных полиномов
2.3	Излучение несинусоидальных волн	Расчет диаграмм направленности антенных решеток для несинусоидальных импульсов
2.4	Распространение несинусоидальных волн	Расчет частотной характеристики канала радиосвязи с подводными лодками
2.5	Прием несинусоидальных волн	Расчет секвентных характеристик секвентных фильтров
2.6	Перспективы применения несинусоидальных волн	Сравнительный расчет потенциальных характеристик радиолокаторов и систем

### 13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение	1	0			1
2	Колебания с большой относительной полосой	2	2		8	12
3	Генерация негармонических колебаний	2	2		8	12
4	Излучение несинусоидальных волн	2	2		8	12
5	Распространение несинусоидальных волн	2	2		8	12
6	Прием несинусоидальных волн	2	2		8	12
7	Перспективы применения несинусоидальных волн	1	2		8	11

**14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины** работа с конспектами лекций, выполнение практических заданий, заданий текущей аттестации, подготовка и доклады рефератов.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины**

**а. основная литература:**

№ п/п	Источник
1	Хармут Х.Ф. Несинусоидальные волны в радиолокации и радиосвязи. - М.: Радио и связь. 1985.
2	Астанин Л.Ю., Костылев А.А. Основы сверхширокополосных радиолокационных измерений. М.: Радио и связь, 1989.
3	Денисенко А.Н., Стеценко О.А. Теоретическая радиотехника: Справочное пособие. Ч. 1. Детерминированные сигналы (методы анализа) - М.: Изд-во стандартов, 1993.
4	Кольцов, Ю.В. Методы и средства анализа и формирования сверхширокополосных сигналов / Ю.В. Кольцов. М. : Радиотехника, 2004. – 128 с.
5	Радзиевский, В. Г. Обработка сверхширокополосных сигналов и помех / В. Г. Радзиевский, П. А. Трифионов. - М. : Радиотехника, 2009. - 288 с.

**б. дополнительная литература:**

№ п/п	Источник
6	Желтов К.А. Пикосекундные сильноточные электронные ускорители. М.: Энергоатомиздат, 1991.
7	Игнатъев В.М., Ильин А.А. Специализированные алгоритмы цифровой обработки сигналов в реальном времени и их реализация: Учебное пособие. Тула : ТПИ, 1991.

**с. информационные электронно-образовательные ресурсы:**

№ п/п	Источник
1.	<a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/">http://ru.wikipedia.org/wiki/</a> <i>Сверхширокополосные сигналы</i>
2.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a>
3.	Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского госуниверситета : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xml+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xml+rus</a>
4.	Электронно-библиотечная система "БиблиоТех" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1486">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1486</a>
5.	Электронно-библиотечная система «ЮПАЙТ» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457</a>
6.	Электронно-библиотечная система BOOK.ru.(изд-во "КноРус") : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1436">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1436</a>
7.	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1401">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1401</a>
8.	Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM" (изд-во "ИНФРА-М") : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1360">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1360</a>
9.	Электронно-библиотечная система ibook.ru : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1344">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1344</a>
10.	Электронно-библиотечная система IPRbooks : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1343">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1343</a>
11.	Электронно-библиотечная система «КнигаФонд» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1336">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1336</a>
12.	Электронно-библиотечная система IQLib : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1310">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1310</a>
13.	Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308</a>
14.	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307</a>
15.	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306</a>

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

№ п/п	Источник
1	Бутейко В.К. Актуальные вопросы и ответы по сверхширокополосным колебаниям Для студ. 4 к.д/о и 5 к. в/о Методические указания ООО «Общество Бутейко», Воронеж, 1998, 8 с.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости):** Технологии численных вычислений на ЭВМ, включая пакеты Maxima, Mathcad и т.п., технологии поиска информации в Интернете с использованием современных браузеров и поисковых роботов типа Yandex, Rambler и т.п.

**18.Материально-техническое обеспечение дисциплины:** Персональные компьютеры, видеопроектор BenQ MP575.

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-1	Знать: основные принципы генерации, излучения и распространения несинусоидальных волн, преимущества и недостатки применения таких волн	Разделы 1.1 -1.7	ФОС
	Уметь: оценить сравнительную эффективность применения несинусоидальных волн по сравнению с другими типами колебаний	Разделы 2.1-2.6	ФОС
	Владеть: методами расчета сравнительной эффективности радиотехнических систем, способами синтеза резонансных СВЧ устройств, качественного анализа диаграмм направленности дипольных антенных решеток.	Разделы 2.1-2.6	ФОС
Промежуточная аттестация			КИМ

### 19.2. Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации:

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели 19.1:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом предмета;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять методы сравнительного расчета характеристик радиосистем.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено  
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения

**Зачтено** Ответ на билеты вопроса и дополнительные вопросы с незначительными погрешностями. Незначительные погрешности в решении задач. Знание основ предмета,  
**Незачтено.** Отсутствие ответа на один или оба вопроса билета, или дополнительные вопросы, неверное решение задачи. Отсутствие знаний основ предмета,

### 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Каким параметром характеризуют сверхширокополосность сигнала?

2. Какая связь существует между определениями резонанса для узкополосных и сверхширокополосных колебаний?
3. В каком случае можно разделить сигналы, занимающие одну и ту же область спектра?
4. Какие свойства операционного усилителя определили его название?
5. С какой целью может применяться амплитудная модуляция с одной боковой полосой в случае излучения сверхширокополосных радиоволн?
6. Какие особенности возникают при использовании частотной модуляции в случае сверхширокополосных колебаний?
7. Какие принципы позволяют по виду антенны делать некоторые выводы о форме ее диаграммы направленности?
8. Что такое соотношение Букера?
9. Что отличает сечения диаграмм направленности параллельного и коаксиального одномерных дипольных массивов, если плоскость сечения проходит через центры диполей?
10. По аналогии с каким типом узкополосного приемника построена типовая схема приемника сверхширокополосных колебаний?
11. Что такое секвентный преобразователь?
12. На каком принципе построен дискриминатор формы колебаний?
13. Какая зависимость от частоты затухания радиоволн в морской воде?
14. Что является основным источником внешних помех в диапазоне радиосвязи с подводными лодками в подводном положении?
15. Что такое резонансы Шумана?
16. По какой причине при сверхширокополосной радиосвязи с погруженными подводными лодками рекомендуется разряды параллельного кода разделять по частоте, а не по времени?

#### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: *устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа, доклады)*; *письменных работ (контрольные*, Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое задание, позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков.

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок Критерии оценивания приведены выше.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Направление/специальность 03.04.03 Радиофизика.**

**Дисциплина: Б1.В.ДВ.3.1 Излучение и распространение несинусоидальных во**

**Профиль подготовки: *Физика радиосвязи и инфокоммуникационных техноло-***  
***гий***

Форма обучения: очная

Учебный год: 2025/2026

---

Ответственный исполнитель

Зав кафедрой радиофизики



(Ю.Э. Корчагин)

Исполнитель

Доцент кафедры радиофизики



(Бутейко В.К. )

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП по направлению/специальности



подпись

(Ю.Э. Корчагин)

расшифровка подписи

Начальник отдела обслуживания ЗНБ



подпись

(Н.В. Белодедова)

расшифровка подписи

---

Программа рекомендована НМС физического факультета

(наименование факультета, структурного подразделения)

протокол № 4 от 24.04.2025 г.