

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.03 Несинусоидальные волны в радиофизике и радиотехнике**  
*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-1.1      | Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций                                            | <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> |
| ПК-2.1      | Владеет фундаментальными знаниями в области обработки радиофизической информации                                       | <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> |
| ПК-2.3      | Разрабатывает новые алгоритмы обработки радиофизической информации под руководством более квалифицированного работника | <p><b>знать:</b> Критерии оптимальности, виды алгоритмов, сигналов, помех, характеристики качества работы алгоритмов</p> <p><b>уметь:</b> синтезировать алгоритмы для различных комбинаций сигнал/помеха, строить блок-схемы реализующие алгоритмы</p> <p><b>владеть</b> методами расчета сравнительной эффективности радиофизических систем</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 |      |       |
|                        |                     | 3            | .... | ..... |
| Аудиторные занятия     | <b>38</b>           | <b>38</b>    |      |       |
| в том числе: лекции    | <b>12</b>           | <b>12</b>    |      |       |
| лабораторные           | <b>26</b>           | <b>26</b>    |      |       |
| практические           | <b>0</b>            | <b>0</b>     |      |       |
| Самостоятельная работа | <b>34</b>           | <b>34</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 дифф. 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               | Лабораторные | Практические | Самостоятельная работа | Всего |
| 1     | Введение                                     | 1                    |              |              |                        | 1     |
| 2     | Колебания с большой относительной полосой    | 2                    | 4            |              | 4                      | 10    |
| 3     | Генерация негармонических колебаний          | 2                    | 6            |              | 8                      | 16    |
| 4     | Излучение несинусоидальных волн              | 2                    | 6            |              | 8                      | 16    |
| 5     | Распространение несинусоидальных волн        | 2                    | 4            |              | 4                      | 10    |
| 6     | Прием несинусоидальных волн                  | 2                    | 6            |              | 8                      | 16    |
| 7     | Перспективы применения несинусоидальных волн | 1                    |              |              | 2                      | 3     |

**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. Трифонов. - 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>Сверширокополосные 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.В.03 Несинусоидальные волны в радиофизике и радиотехнике**

Профиль подготовки: *Физика радиосвязи и инфокоммуникационных технологий*

Форма обучения: очная

Учебный год: 2054/2026

---

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.