

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
электроники
Усков Г.К.



20.05.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.02.01 Направляющие системы и линии связи

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

2. Профиль подготовки/специализация:

Инфокоммуникационные технологии и системы связи

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: электроники

6. Составители программы: *Смусева Ксения Владимировна; Усков Григорий Константинович, доктор физико-математических наук, профессор*

7. Рекомендована: НМС физического факультета 20.05.2025, № протокола: 5

8. Учебный год: 2028/2029

Семестр(ы): 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Цели и задачи курса заключаются в получении студентами фундаментальных знаний по основам теории линий передачи.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к профессиональному циклу и является дисциплиной по выбору вариативной части. Для успешного освоения студенты должны свободно владеть аппаратом математического анализа, дифференциальных уравнений, знаниями электродинамики и распространения радиоволн.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-3.1	способностью понимать принципы работы, методы и правила эксплуатации современных аппаратных средств систем связи	знать: физические основы принципов работы длинных линий уметь: рассчитывать основные характеристики длинных линий владеть (иметь навык(и)): понятийным аппаратом систем с распределенными параметрами
ПК-3.6	Способностью создавать и использовать модели аппаратных средств и компонентов систем связи, применяя специализированное программное обеспечение и системы автоматизированного проектирования	знать: методы расчета основных характеристик длинных линий без потерь и с малыми потерями уметь: решать телеграфное уравнение, рассчитывать напряжения и токи в длинных линиях владеть: математическим аппаратом, позволяющим рассчитывать основные характеристики длинных линий и решать задачи по согласованию длинных линий

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.

Форма промежуточной аттестации зачет.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		8		
Аудиторные занятия	62	62		
в том числе: лекции	26	26		
практические				
лабораторные	36	36		
Самостоятельная работа	46	46		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – 36 час.)	0	0		
Итого:	108	108		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Телеграфные уравнения	Введение в предметную область. Понятие длинных линий. Понятия погонного сопротивления, погонной емкости, погонной индуктивности, погонной проводимости. Вывод

		телеграфных уравнений. Понятие волнового сопротивления. Решение телеграфного уравнения для длинной линии без потерь. Решение телеграфного уравнения для длинной линии с малыми потерями. Волновое сопротивление для длинной линии без потерь
1.2	Длинные линии без потерь	Волны в длинных линиях без потерь: бегущая волна, стоячая волна, смешанные волны. Условие существования бегущей волны. Амплитуды и фазы напряжений и токов в режиме бегущей волны. Входное сопротивление длинных линий в режиме бегущей волны. Согласованная нагрузка. Длинная линия без потерь в режиме холостого хода. Длинная линия без потерь в режиме короткого замыкания. Режим стоячих волн. Коэффициент бегущей волны. Коэффициент стоячей волны. Коэффициенты отражения по напряжению и по току
1.3	Согласование в длинных линиях	Трансформатор напряжений. Согласование длинных линий с помощью трансформатора напряжений. Четвертьволновый трансформатор. Согласование длинных линий с помощью шлейфов
1.4	Длинные линии как осциллятор	Резонанс в длинных линиях. Условия возникновения резонанса. Добротность волнового резонанса. Добротность длинной линии как осциллятора. Вывод формулы для добротности длинной линии
2. Практические занятия		
3.1	Телеграфные уравнения	Решить телеграфное уравнение в программной среде Matlab.
3.2	Длинные линии без потерь	Смоделировать на компьютере и построить 1) график зависимости амплитуды тока длинной линии без потерь от пространственной координаты; 2) график зависимости амплитуды напряжений длинной линии без потерь от пространственной координаты; 3) график зависимости амплитуды начальной фазы тока длинной линии без потерь от пространственной координаты; 4) график зависимости амплитуды начальной фазы напряжения длинной линии без потерь от пространственной координаты
3.3	Согласование в длинных линиях	Выполнить расчеты по согласованию длинных линий с помощью четвертьволнового трансформатора и провести моделирование.
3. Лабораторные работы		

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Телеграфные уравнения	2	2		1	5
2	Длинные линии без потерь	4	6		1	11
3	Согласование в длинных линиях	4	4		1	9
4	Длинные линии как осциллятор	2			2.8	4.8
	Итого:	12	12		5.8	37.05

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходима регулярная и планомерная работа с конспектом лекций и литературой, выполнение лабораторных работ.

Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в его тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы,

подчеркнуть термины. Рекомендуется записывать не каждое слово лектора, а постараться записать его основную мысль, используя понятные сокращения.

После окончания лекции нужно просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого следует обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью углубленного изучения проблемного вопроса. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания, поэтому необходимо просматривать несколько источников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обратиться к преподавателю на ближайшей лекции с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал, и проверять свои знания отвечая на контрольные вопросы в рекомендуемых учебных пособиях.

Практические занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо разобрать лекцию по соответствующей теме и ознакомиться с соответствующим разделом литературы. Подготовка к защите работ должна включать повторение лекционного материала и работу с предлагаемой учебной литературой. Перечень контрольных вопросов к защите приводится в методических указаниях.

Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- выполнение домашних заданий;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к практическим работам и зачетам.

Кроме литературы из основного списка рекомендуется самостоятельно использовать дополнительную литературу. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками. Для проверки знания по изученной теме необходимо ответить на контрольные вопросы, выдаваемые преподавателем на лекциях в конце изучения соответствующего раздела.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать возможности сети интернет для получения дополнительной информации по рассматриваемой теме.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателя, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к выполнению заданий для самостоятельной работы.

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:

№ п/п	Источник
-------	----------

1	Дробахин О.О. Техника и полупроводниковая электроника СВЧ : учебное пособие / О.О. Дробахин, С.В. Пласкин. — Севастополь : Изд. Вебер, 2013. — 322 с.
2	Харкевич А.А. Теоретические основы радиосвязи / А.А. Харкевич. — М. : Гостехиздат, 1957. — 347 с.
3	Дубиницев Ю.Н. Колебания и волны. — Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи.— М.: Высшая школа, 1996.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского госуниверситета : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xml+rus
2.	Электронно-библиотечная система "БиблиоТех" : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1486
3.	Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1457
4.	Электронно-библиотечная система BOOK.ru.(изд-во "КноРус") : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1436
5.	Национальный цифровой ресурс "РУКОИТ" : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1401
6.	Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM" (изд-во "ИНФРА-М") : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1360
7.	Электронно-библиотечная система ibook.ru : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1344
8.	Электронно-библиотечная система IPRbooks : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1343
9.	Электронно-библиотечная система «КнигаФонд» : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1336
10.	Электронно-библиотечная система IQLib : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1310
11.	Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1308
12.	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1307
13.	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" : электронно-библиотечная система. — URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1306

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

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

ПК, мультимедийный проектор

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе образовательного портала "Электронный университет ВГУ" по адресу edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.»

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийная аудитория (ауд. 401): специализированная мебель, компьютеры, проектор, экран, комплекс для проведения лекций, семинаров и презентаций

Microsoft Windows, Linux, Open Office, браузер Google Chrome

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 423): специализированная мебель, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ

Microsoft Windows, Linux, OpenOffice, браузер Google Chrome

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 410): специализированная мебель, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ

Microsoft Windows, Linux, OpenOffice, браузер Google Chrome, MatLab, NI LabView, Python

Компьютерный класс (ауд. 412) специализированная мебель, принтер, сканер, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ

WinPro, Linux Mint, Open Office, AWR Studio, Anaconda, MicroCap Evaluation, Maxima, Octave, CoID, Cube, Lazarus

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 407): специализированная мебель, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ

WinPro, OfficeSTD, Интернет-браузер Google Chrome Mozilla Firefox, MatLab, NI LabView, Python

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-3.1 способностью понимать принципы работы, методы и правила эксплуатации современных аппаратных средств систем связи	Знать: физические основы принципов работы длинных линий	1. Телеграфные уравнения	Задание на практическую работу
	Уметь: рассчитывать основные характеристики длинных линий	1. Телеграфные уравнения	Ситуационная задача
	Владеть: понятийным аппаратом систем с распределенными параметрами	4. Длинные линии как осциллятор	Задание на практическую работу
ПК-3.6 Способностью создавать и использовать модели аппаратных средств и	Знать: методы расчета основных характеристик длинных линий без потерь и с малыми потерями	2. Длинные линии без потерь	Отчет по практической работе
	Уметь: решать телеграфное уравнение, рассчитывать напряжения и токи в длинных линиях	1. Телеграфные уравнения	Отчет по практической работе
	Владеть: математическим аппаратом,	3. Согласование в	Отчет по

компонентов систем связи, применяя специализированное программное обеспечение и системы автоматизированного проектирования	позволяющим рассчитывать основные характеристики длинных линий и решать задачи по согласованию длинных линий	длинных линиях	практической работе
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:

- 1) знать физические основы принципов работы длинных линий
- 2) знать методы расчета основных характеристик длинных линий без потерь и с малыми потерями
- 3) уметь решать телеграфное уравнение, рассчитывать напряжения и токи в длинных линиях
- 4) уметь рассчитывать основные характеристики длинных линий
- 5) владеть понятийным аппаратом систем с распределенными параметрами
- 6) владеть математическим аппаратом, позволяющим рассчитывать основные характеристики длинных линий и решать задачи по согласованию длинных линий

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенции	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области электродинамики СВЧ	Повышенный или базовый уровень	Зачтено
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области электродинамики СВЧ	Пороговый уровень	Не зачтено

За практическую работу студент получает оценку «зачтено», если может продемонстрировать знания основ теории длинных линий, необходимых для выполнения работы, знания методики проведения эксперимента. Студентом будут выполнены все пункты работы, получены и проанализированы результаты работы, сделаны корректные выводы. Поскольку работа выполняется в математическом пакете, то помимо этого должны быть продемонстрированы знания основ работы в этом пакете.

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. Телеграфные уравнения
 - 1.1. Введение в предметную область
 - 1.2. Понятие длинных линий
 - 1.3. Понятия погонного сопротивления, погонной емкости, погонной индуктивности, 4. погонной проводимости.
 - 1.4. Вывод телеграфных уравнений
 - 1.5. Понятие волнового сопротивления
 - 1.6. Решение телеграфного уравнения для длинной линии без потерь
 - 1.7. Решение телеграфного уравнения для длинной линии с малыми потерями
 - 1.8. Волновое сопротивление для длинной линии без потерь
2. Длинные линии без потерь
 - 2.1. Волны в длинных линиях без потерь: бегущая волна, стоячая волна, смешанные волны.
 - 2.2. Условие существования бегущей волны
 - 2.3. Амплитуды и фазы напряжений и токов в режиме бегущей волны.
 - 2.4. Входное сопротивление длинных линий в режиме бегущей волны
 - 2.5. Согласованная нагрузка
 - 2.6. Длинная линия без потерь в режиме холостого хода
 - 2.7. Длинная линия без потерь в режиме короткого замыкания
 - 2.8. Режим стоячих волн
 - 2.9. Коэффициент бегущей волны
 - 2.10. Коэффициент стоячей волны
 - 2.11. Коэффициенты отражения по напряжению и по току
3. Согласование в длинных линиях
 - 3.1. Трансформатор напряжений
 - 3.2. Согласование длинных линий с помощью трансформатора напряжений
 - 3.3. Четвертьволновый трансформатор
 - 3.4. Согласование длинных линий с помощью шлейфов
4. Длинные линии как осциллятор
 - 4.1. Резонанс в длинных линиях
 - 4.2. Условия возникновения резонанса
 - 4.3. Добротность волнового резонанса.
 - 4.4. Добротность длинной линии как осциллятора
 - 4.5. Вывод формулы для добротности длинной линии

19.3.2 Перечень практических заданий

1. Исследование линий без потерь в режиме холостого хода.
2. Исследование линий без потерь в режиме короткого замыкания на выходе.
3. Исследование линий с потерями в режимах холостого хода и короткого замыкания на выходе.
4. Исследование резонансных свойств длинной линии.
5. Исследование возможностей согласования длинных линий.

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 форме устного опроса. 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 (см. п.19.3.1). При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.