

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Директор института физики
д.ф.-м.н., профессор Вениг С.Б.



Рабочая программа дисциплины
Цифровая обработка сигналов

Направление подготовки бакалавриата
11.03.02 – *Инфокоммуникационные технологии и системы связи*

Профиль подготовки бакалавриата
Инфокоммуникационные технологии в системах радиосвязи

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Шабунин А.В.		20.09.2021
Председатель НМК	Скрипаль А.В.		22.09.2021
Заведующий кафедрой	Стрелкова Г.И.		20.09.2021
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является ознакомление с основами методов анализа цифровых сигналов и систем; формирование знаний о принципах цифровой обработки сигналов; обучение методам диагностики систем по экспериментальным данным; обучение основам спектрально-корреляционного анализа сигналов; обучение методам цифровой фильтрации. Цели и задачи курса отвечают задачам профессиональной подготовки бакалавров по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по освоению современных методов анализа и проектирования радиоэлектронных цепей и систем радиосвязи.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина входит в обязательную часть блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП профиля «Инфокоммуникационные технологии в системах радиосвязи» направления подготовки бакалавриата 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Дисциплина изучается в 5 семестре.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе освоения дисциплин «Введение в информационные технологии», «Введение в специальность», «Электротехника», «Компьютерные технологии в научной и инженерной деятельности», «Радиоэлектроника».

Освоение дисциплины «Цифровая обработка сигналов» служит методической основой для изучения ряда дисциплин обязательной части учебного плана, таких как «Теория информации и кодирования», «Общая теория связи», а также дисциплин части, формируемой участниками образовательных отношений: «Практикум по ИКТ», «Методология и практика научно-исследовательской деятельности», «Компьютерные сети», «Методы нелинейной динамики»

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИД-1 _{ОПК-1} Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации ИД-2 _{ОПК-1} Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Знать методы оцифровывания сигналов, методы спектрального анализа цифровых сигналов, методы анализа и расчета характеристик цифровых систем Уметь составлять и решать разностные уравнения, рассчитывать характеристики цифровых фильтров, проводить анализ устойчивости цифровых

	ИД-3 _{ОПК-1} Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	систем Владеть навыками работы с дискретными сигналами и системами
ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ИД-1 _{ОПК-2} Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, обработки и представления результатов ИД-2 _{ОПК-2} Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования ИД-3 _{ОПК-2} Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений	Знать статистические методы обработки экспериментальных данных. Уметь обрабатывать полученные данные и оценивать погрешности результатов измерений. Владеть методами обработки цифровых сигналов на компьютере и статистического анализа цифровых данных.
ОПК-3. Владеет методами поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ИД-2 _{ОПК-3} Знает принципы, основные алгоритмы и устройства цифровой обработки сигналов и умеет применять их на практике ИД-3 _{ОПК-3} Умеет решать задачи обработки данных с помощью современных средств цифровой вычислительной техники	Знать принципы и основные алгоритмы цифровой обработки сигналов. Уметь создавать программы для обработки данных на компьютере. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИД-2 _{ОПК-4} Выбирает и использует современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы и программные средства, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности.	Знать программные платформы и среды для цифровой обработки сигналов, их возможности и ограничения Уметь пользоваться программами для цифровой обработки данных Владеть навыками работы с современным программным обеспечением для обработки данных и представления результатов
ОПК-5. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ИД-2 _{ОПК-5} Использует современные языки программирования для разработки алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения, поддерживает базы данных и информационные хранилища.	Знать современные языки программирования и алгоритмы обработки данных Уметь составлять, отлаживать и запускать компьютерные программы, связанные с обработкой сигналов Владеть навыками программирования на языках

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости
				Лекции	Практич. занятия	Лаборато рные занятия	СРС	
1	Задачи цифровой обработки сигналов	5	1	2	2		8	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам.
2	Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразования	5	2-3	4	4		12	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам. Компьютерное тестирование.
3	Математическое описание цифровых сигналов	5	4-7	8	8		20	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам. Компьютерное тестирование.
4	Методы математического описания цифровых систем	5	8-9	4	4		12	Опрос, проверка конспектов, проведение интерактивных занятий. Компьютерное тестирование.
5	Цифровая фильтрация	5	10-15	12	12		20	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам. Компьютерное тестирование.
6	Специальные фильтры	5	16-17	4	4		4	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам. Компьютерное тестирование.
	Промежуточная аттестация – 36ч.	5						Экзамен
	Итого: 180ч.			34	34		76	

Тема 1. Задачи цифровой обработки сигналов

Аналоговые и дискретные сигналы. Обзор методов анализа аналоговых сигналов. Частотные методы анализа. Временные методы анализа. Частотно-временные методы анализа. Задачи аналоговой и цифровой обработки сигналов. Общая схема ЦОС. Преимущества ЦОС.

Практикум: Знакомства с возможностями программы Labview для обработки аналоговых и цифровых сигналов.

Тема 2. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразования

Переход от аналоговых сигналов к дискретным. Дискретизация по времени и квантование по уровню. Шум квантования. Свойства спектра дискретных сигналов: периодичность спектра, влияние частоты дискретизации и граничной частоты спектра. Выбор частоты дискретизации. Явление "просачивания". Приведенная частота. Восстановление аналогового сигнала по дискретным отсчетам: Теорема Котельникова и ряд Котельникова. Дискретизация полосовых сигналов.

Практикум: Дискретизация непрерывных временных рядов и восстановление непрерывной функции по дискретному ряду с подбором параметров дискретизации.

Тема 3. Математическое описание цифровых сигналов.

Z-преобразование и его свойства: Z-преобразование и преобразование Лапласа. Свойства Z-преобразования. Z-преобразование некоторых базовых сигналов. Переход от Z-изображения к дискретному сигналу.

Дискретно-временной ряд Фурье и дискретно-временное преобразование Фурье: ДВРФ и ДВПФ и их свойства. Разрешающая способность спектра. Энергетические характеристики ДВРФ и ДВПФ. Масштабирование для определения спектра мощности. Связь ДВПФ с Z-преобразованием.

Спектрально-корреляционный анализ случайных сигналов: Дискретные случайные процессы и их основные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная и автокорреляционная функции. Стационарные и эргодические процессы. Спектр мощности случайного процесса. Теорема Винера-Хинчина. Периодограмма случайного процесса. Дисперсия периодограммы.

Дисперсия спектра мощности. Периодограмные методы расчета спектров. Понятие о временном окне. Стратегия выбора временного окна. Обзор характеристик спектров для базовых временных окон: прямоугольном, треугольном, гауссовом и т.д. Обзор периодограмных методов. Коррелограмные методы расчета спектров. Фундаментальное соотношение для длительности, разрешения и статистической устойчивости спектра. Многоканальное спектральное оценивание. Матрица спектральной плотности мощности. Функция когерентности и ее свойства. Взаимный амплитудный и фазовый спектр.

Быстрое преобразование Фурье: Алгоритмы БПФ с разрежением по времени и разрежением по частоте.

Практикум: Получение спектра мощности случайного сигнала периодограмными методами. Выбор параметров для расчета спектров. Выбор функции окна. Получение спектра мощности случайного сигнала коррелограмными методами. Расчет функции когерентности для двух случайных сигналов.

Тема 4. Методы математического описания цифровых систем

Разностные уравнения: Переход от дифференциальных уравнений к разностным уравнениям, неоднозначность такого перехода. Разностные уравнения и их порядок. Системы разностных уравнений. Линейные и нелинейные уравнения. Решения разностных уравнений. Установившиеся и переходные процессы в дискретных системах. Виды установившихся решений: неподвижная точка (периодическая орбита), инвариантная кривая, хаотическое множество и их соответствия с решениями систем дифференциальных уравнений. Устойчивость периодических решений. Линейные разностные уравнения.

Импульсная, передаточная и частотные характеристики: определение импульсной характеристики, ее свойства. Системы с конечно импульсной характеристикой (КИХ) и бесконечной импульсной характеристикой (БИХ). Передаточная характеристика и ее свойства. Частотная характеристика и ее свойства. Связь между импульсной, передаточной и частотной характеристиками. Устойчивость ДС.

Практикум: Анализ цифровых четырехполюсников на LabView. Определение устойчивости по расположению полюсов четырехполюсника. Исследование БИХ и КИХ систем.

Тема 5. Цифровая фильтрация

Общие свойства фильтров, как четырехполосников. Особенности цифровых фильтров по сравнению с аналоговыми. Каузальность фильтров: Определение и связь с импульсной характеристикой.

Идеальные фильтры НЧ, ВЧ, полосовые и режекторные: вид АЧХ и ФЧХ, некаузальность идеальных фильтров. Реальные фильтры. Рабочая и переходная полосы фильтра.

Фильтры с конечной импульсной характеристикой: Возможность КИХ фильтров с линейной ФЧХ. Вид АЧХ КИХ фильтра. Классификация КИХ фильтров. Простые КИХ фильтры.

Синтез КИХ фильтров методом частотных окон: пример расчета фильтра методом окон. Явление Гиббса. Выбор частотного окна.

КИХ фильтры Чебышева: Оптимальные фильтры. Представление АЧХ полиномами Чебышева. Частоты альтернанса. Алгоритм Ремеза. Примеры расчета фильтров.

Фильтры с бесконечной импульсной характеристикой: Область применения, реактансное преобразование частоты. Синтез по аналоговому прототипу: Переход от аналогового фильтра к дискретному с помощью билинейного Z-преобразования. Отличие АЧХ аналогового и цифрового фильтров. Фильтр Баттерворта.

Практикум: Исследование цифровых фильтра НЧ, ВЧ и ПФ с линейной ФЧХ (фильтр Чебышева). Синтез цифровых фильтров по алгоритму Ремеза.

Тема 6. Специальные фильтры

Специальные фильтры: фильтр согласованный с сигналом и задача выделения сигнала из шума. Оптимальный фильтр Винера. Адаптивные фильтры. Фильтр - преобразователь Гильберта.

Практикум: Исследование цифрового фильтра Гильберта.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Общая образовательная схема курса состоит из лекционных занятий, сопровождаемых компьютерными презентациями и практических занятий в компьютерном классе. Результаты усвоения проверяются в ходе практических занятий, при сдаче компьютерных тестов и в форме экзамена. Для самоконтроля знаний студенты могут использовать компьютерные тесты, размещенные в Интернет на сайте СГУ.

Преподавание проводится по традиционной технологии обучения: сначала учебный материал сжато преподносится студентам лекционным методом, а затем прорабатывается, усваивается и применяется на практических занятиях в компьютерном классе; результаты усвоения проверяются в форме экзамена.

Освоение материала происходит в рамках технологии проблемного обучения, поскольку проведение практических занятий с применением компьютерного моделирования имеет широкие возможности для создания проблемных ситуаций посредством активизирующих действий преподавателя, который формулирует задания и ставит конкретные вопросы, направленные на обобщение, обоснование, конкретизацию, логику рассуждения; побуждает делать сравнения (например, при анализе результатов численного счета различными методами и сравнении результатов численного моделирования с теоретическими данными) и выводы, сопоставлять результаты; ставит проблемные задачи (например, что произойдет, если изменить параметры системы, выбрать другую базовую модель для исследования того или иного явления, добавить в систему источник шума, изменить параметры численной схемы при проведении компьютерного эксперимента и.п.).

Студенты на практике знакомятся с различными методами расчета характеристик цифровых сигналов и систем, методами их численного и теоретического анализа. В процессе усвоения теоретического материала и выполнения практических работ студенты приобретают навыки проведения самостоятельных научных исследований сложных сигналов и систем. Для самостоятельной работы также предлагаются задания, требующие чтения специальной литературы и использования возможностей компьютерного эксперимента.

В рамках изучения данной дисциплины используются мультимедийные образовательные технологии: электронные лекции (презентации) с использованием программы Open Office, программа работы с электронными курсами Moodle.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья и инвалидностью предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

-для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию обучающихся могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 30% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 50% аудиторных занятий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Важную роль при освоении дисциплины «Цифровая обработка сигналов» играет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приёмами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа студентов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями основной образовательной программы по направлению подготовки бакалавров 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, лабораторных и практических занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

Виды самостоятельной работы

Раздел/Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Литература
Тема 1	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных	см. раздел 8 «Учебно-

	на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Работа с материалами курса при помощи программы Moodle, компьютерное самотестирование. Подготовка к практическим занятиям.	методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 2	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Работа с материалами курса при помощи программы Moodle, компьютерное самотестирование. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 3	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Работа с материалами курса при помощи программы Moodle, компьютерное самотестирование. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 4	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Работа с материалами курса при помощи программы Moodle, компьютерное самотестирование. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 5	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Работа с материалами курса при помощи программы Moodle, компьютерное самотестирование. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 6	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Работа с материалами курса при помощи программы Moodle, компьютерное самотестирование. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Итого часов на самостоятельную работу: 76		

Формы текущего контроля работы студентов

1. Просмотр конспектов лекций.
2. Ответы на вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение (на интерактивных занятиях).
3. Компьютерное тестирование.
4. Проверка заданий на самостоятельную работу.
5. Проверка отчетов по практическим работам.

Промежуточная аттестация студента осуществляется в соответствии с учебным планом в конце пятого семестра. Итоги обучения оцениваются в форме экзамена.

Материалы для текущего контроля успеваемости и средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в Приложении «Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине».

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
5	0	0	40	20	0	0	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

5 семестр

Лекции

не оцениваются

Лабораторные занятия

Не предусмотрены

Практические занятия

от 0 до 40 баллов.

Критерии оценки:

Выполнение 5 практических работ, 0 - 8 баллов за каждую выполненную работу; оценивается правильность проведения эксперимента, полнота выполнения заданий, умение сделать выводы по работе, качество письменного отчета по работе.

Самостоятельная работа

от 0 до 20 баллов

Критерии оценки: подготовка к выполнению лабораторных работ – решение задач и сдача компьютерных тестов. Оценивается правильность ответов на вопросы.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности

Не предусмотрены

Промежуточная аттестация - экзамен

от 0 до 40 баллов.

Критерии оценки: сдача итогового компьютерного теста от 0 до 15 баллов, число баллов за тест равно относительному числу правильных ответов на вопросы теста, округленное до ближайшего целого; собеседование по билетам по теме курса от 0 до 25 баллов. Оценивается полнота и правильность изложения материала.

ответ на «отлично» оценивается от 36 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 28 до 35 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 20 до 27 баллов;
ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 19 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 5 семестр по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» в оценку (экзамен):

80-100 баллов	«отлично»
65-79 баллов	«хорошо»
45-64 баллов	«удовлетворительно»
0-44 баллов	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) литература:

1. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов [Текст] : [учебник] / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. С. А. Кулешова под ред. А. Б. Сергиенко. - 2-е изд., испр. - Москва: Техносфера, 2009. - 855. (16 экз.)
2. Сергиенко, Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов [Текст]: учеб. пособие / А. Б. Сергиенко. - 2-е изд. - Москва; Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2007. - 750 с. (13 экз.)
3. Хохлов, Артур Вениаминович. Сигналы. Методы описания, модели, информационные возможности [Текст]: учебное пособие для студентов физических специальностей / А. В. Хохлов, Т. Е. Вадивасова, А. В. Шабунин ; под ред. В. С. Анищенко ; Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. - Саратов: Издательство Саратовского университета, 2011. - 254 с. (35 экз.)
4. Айфичер, Эммануил. Цифровая обработка сигналов. Практический подход [Текст] = Digital Signal Processing. A Practical Approach / Э. Айфичер, Б. Джервис. - 2-е изд. - Москва ; Санкт-Петербург ; Киев : Вильямс, 2008. - 989 (7 экз.)
5. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях [Текст] / под ред. В. Ф. Кравченко. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 544 с. (15 экз.)

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Центральная библиотека образовательных ресурсов <http://www.edulib.ru/>
2. Сайт кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ (электронные версии учебных пособий, подготовленных сотрудниками кафедры) <http://chaos.sgu.ru>
3. Сайт СГУ (система управления электронными образовательными ресурсами Moodle) <http://course.sgu.ru>
4. Свободное программное обеспечение на базе операционной системы Linux OpenSuse 15.2 со свободными программными продуктами: среда разработки gcc (языки программирования C, C++), офисный пакет LibreOffice (текстовый редактор Writer; табличный редактор Calc; средство создания и демонстрации презентаций Impress; векторный редактор Draw; редактор формул Math; система управления базами данных Base), Octave (система компьютерной алгебры), браузер FireFox.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс (ауд. 52 3-го учебного корпуса) и лекционная аудитория (ауд. 38 3-го учебного корпуса) кафедры радиофизики и нелинейной динамики. Помещения соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда при проведении учебных, научно-исследовательских и научно-производственных работ. Персональные ЭВМ, объединенные в локальную сеть и с выходом в Интернет. Электронные презентации лекций. Мультимедиапроектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль подготовки «Инфокоммуникационные технологии в системах радиосвязи»

Автор – профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики
д.ф.-м.н., доцент

Шабунин А.В.

Программа одобрена на заседании кафедры радиофизики и нелинейной динамики от 20 сентября 2021 года, протокол № 2.