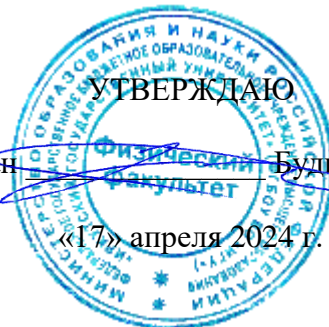




**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра радиофизики и радиоэлектроники



Декан ~~_____~~ Буднев Н.М.

«17» апреля 2024 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) Б1.О.21 Статистическая радиофизика
Направление подготовки 03.03.03. Радиофизика
Направленность (профиль) подготовки Радиофизика в области связи,
информационных и телекоммуникационных технологий
Квалификация выпускника - бакалавр
Форма обучения очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель ~~_____~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 8 от «08» апреля 2024 г.

И.О. зав. кафедрой ~~_____~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2024 г.

Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ	4
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	4
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы (в том числе КСР) обучающихся по дисциплине	5
4.3. Содержание учебного материала	6
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	6
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	7
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	7
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	8
VI.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	8
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	8
6.2. Программное обеспечение:.....	9
6.3. Технические и электронные средства:.....	9
VII.ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	9
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	9

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели:

Дать студентам знания из области статистической радиофизики необходимые для проектирования и применения радиотехнических схем и устройств, используемых в приборах, лабораторных установках, системах для научных исследований и т.д.

Задачи:

Задачи курса – научить студентов ориентироваться в задачах статистической радиофизики, а также использовать статистические методы описания случайных сигналов в своей профессиональной деятельности.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Статистическая радиофизика» входит в базовую часть обязательных дисциплин.

Дисциплина базируется на содержании следующих дисциплин, изучаемых в период подготовки бакалавров: математический анализ, теория вероятности и математическая статистика, электродинамика, радиотехнические сигналы и цепи.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности) 03.03.03 Радиофизика

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	ИДК _{ОПК1.2} Применяет базовые знания в области физики и радиофизики для решения прикладных задач профессиональной деятельности	Знать: Основные закономерности математической статистики, используемой в теории статистической радиофизики. Принципы работы реальных радиотехнических схем и устройств. Уметь: использовать базовые знания в области математики и естественных наук при изучении принципов работы радиотехнических устройств. Владеть: математическим аппаратом для самостоятельной разработки новых моделей при радиофизических исследованиях

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов,
 Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа (в том числе, внеаудиторная СР, КСР)	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение	5	11		2	2		7	
2	Т1. Случайные величины и их характеристики	5	18		4	4		10	Письменный текущий контроль
3	Т2. Случайные процессы и их характеристики	5	22,2		6	6	0,2	10	Письменный текущий контроль.
4	Т3. Отклик линейных и нелинейных цепей на шумовые воздействия	5	22,2		6	6	0,2	10	Письменный текущий контроль.
5	Т4. Выделение сигнала из смеси сигнала и шума	5	22,2		6	6	0,2	10	Письменный текущий контроль.

6	Т5. Источники шумов	5	22,2		6	6	0,2	10	Письменный текущий контроль.
7	Т6. Случайные поля и их модели	5	18,2		4	4	0,2	10	Письменный текущий контроль.

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы (в том числе КСР) обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5	Введение	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	1-я нед	7	Письменный текущий контроль.	
	Т1. Случайные величины и их характеристики		1-2	10		
	Т2. Случайные процессы и их характеристики		3-5	10		
	Т3. Отклик линейных и нелинейных цепей на шумовые воздействия		6-8	10		
	Т4. Выделение сигнала из смеси сигнала и шума		9-11	10		
	Т5. Источники шумов		12-14	10		
	Т6. Случайные поля и их модели		15-17	10		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				67		
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)				0		

4.3. Содержание учебного материала

Введение

Т.1. Случайные величины и их характеристики.

Предмет изучения статистической радиофизики. Физика возникновения флуктуаций. Примеры случайных явлений в различных областях радиофизики. Историческая справка. Функция распределения и плотности вероятности. Характеристическая функция. Моменты случайной величины. Нормальное распределение Центральная предельная теорема (Ляпунова).

Т.2. Случайные процессы и их характеристики.

Определение и вероятностное описание случайного процесса. Понятие статистического ансамбля. Вероятностное описание случайного процесса с помощью многомерных плотностей вероятностей. Корреляционная функция случайного процесса. Классификация случайных процессов. Стационарные и эргодические случайные процессы. Энергетический спектр. Теорема Винера – Хинчина. Примеры спектров мощности и соответствующих корреляционных функций. Гауссовские случайные процессы. Марковские процессы и их описание. Пуассоновский процесс. Узкополосные случайные процессы. Функции корреляции и спектры АМ, ФМ и ЧМ модулированных случайных процессов. Узкополосный гауссовый шум. Распределение Релея. Детерминированный сигнал и гауссовый шум. Распределение Райса.

Т.3. Отклик линейных и нелинейных цепей на шумовые воздействия.

Отклик линейной системы на шумовой воздействие. Преобразование спектра и корреляционной функции линейной системой. Нормализация шума узкополосной линейной системой. Дифференцирование и интегрирование случайных процессов.

Т.4. Выделение сигнала из смеси сигнала и шума.

Согласованный фильтр и корреляционный приемник.

Т.5. Источники шумов.

Тепловые флуктуации в проводниках. Флуктуационно-диссипативная теорема. Формула Найквиста. Дробовой шум. Формула Шотки.

Т.6. Случайные поля и их модели.

Однородные и изотропные поля. Пространственные корреляционные функции.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	В	ПЗ1. Решение задач по В	2		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
2	Т1	ПЗ2. Решение задач по Т1.	4		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
3	Т2	ПЗ3. Решение задач по Т2.	6		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
4	Т3	ПЗ4. Решение задач по Т3. различения сигналов	6		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2

5	T4	ПЗ5. Решение задач по T4	6		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
6	T5	ПЗ.6 Решение задач по T5.	6		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2
7	T6	ПЗ7. Решение задач по T6	4		Письменный текущий контроль.	ОПК-1. ИДКОПК1.2

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Введение	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ1.	ОПК-1	ИДКОПК1.2
2	T1. Случайные величины и их характеристики	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ2.		
3	T2. Случайные процессы и их характеристики	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ3.		
4	T3. Отклик линейных и нелинейных цепей на шумовые воздействия	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ4.		
5	T4. Выделение сигнала из смеси сигнала и шума	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ5.		
6	T5. Источники шумов	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ6.		
7	T6. Случайные поля и их модели	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ7.		

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа бакалавров – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя (научного руководителя (консультанта)), в ходе которой бакалавр активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи. В процессе проведения самостоятельной работы формируется компетенция ОПК-1.

На самостоятельную работу выносятся следующие вопросы по темам дисциплины:

T1. Случайные величины и их характеристики. Моделирование гауссова случайного процесса, численная обработка результатов. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T2. Случайные процессы и их характеристики. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

6.2. Программное обеспечение:

1. ABBY PDF Transformer 3.0 Пакет из 10 неименных лицензий Per Seat (10лиц.) EDU. Код позиции: AT30-1S1P10-102 Котировка № 03-165-11 от 23.11.2011. Бессрочно.
2. Microsoft OfficeProPlus 2013 RUS OLP NL Acdmc. Контракт № 03-013-14 от 08.10.2014.Номер Лицензии Microsoft 45936786. Бессрочно.
3. WinPro10 Rus Upgrd OLP NL Acdmc. Сублицензионный договор № 502 от 03.03.2017 Счет № ФРЗ- 0003367 от 03.03.2017 Акт № 4496 от 03.03.2017 Лицензия № 68203568. Бессрочно.
4. Kaspersky Free (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.kaspersky.ru/free-antivirus/> . Бессрочно.

6.3. Технические и электронные средства:

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Лабораторные работы проводятся с использованием ПЭВМ с последующей защитой.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Текущий контроль реализуется в виде письменного текущего контроля на ПЗ1-ПЗ7. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенций ОПК-1.

Для реализации текущего контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете.

Усвоение студентом бакалавром изучаемой дисциплины максимально оценивается 100 баллами. Максимальное количество баллов за текущую работу в семестре ограничивается 60-ю баллами, на оценку экзамена максимально предусмотрено 30 баллов. Возможны «премиальные» баллы (от 0 до 10), которые могут быть добавлены бакалавру за активные формы работы, высокое качество выполненных практических работ и т.д.

За посещение одного вида занятия дается 0.53 балла (34 занятий (Л+Пз) * 0.53 балл = 18 балла), максимальное количество баллов за письменный контроль на Пз – 2.47 балла (17 занятий ПЗ*2.47 балл = 42 баллов).

Параметры оценочного средства для письменного текущего контроля на ПЗ1-ПЗ7.

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 3.2 балла.	Хорошо 2.5 балла	Удовлетв. 1 балла.	Неудовл. 0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания.	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки.	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки	Задание не выполнены или задание выполнено не полностью и допущено более 3-х ошибок.

Вопросы для письменного текущего контроля приведены ниже:

Пз.1. 1.Какую величину называют случайной. Дискретная случайная величина? 2. Изобразить графически и записать плотность вероятности дискретной случайной величины? 3.Закон распределения, что он показывает? 4.Связь моментов случайной величины и характеристической функции.

Пз.2. 1. Запишите выражение для корреляционного момента двух дискретных случайных величин? 2. Чем характеризуется случайный процесс? 3.Как

- называется конкретный вид случайного процесса в определенном опыте? 4.Связь моментов случайной величины и характеристической функции?
- Пз.3. 1. Каким условиям должна удовлетворять плотность вероятности случайного процесса? 2. Условная плотность вероятности, ее свойства? 3.Связь моментов случайной величины и характеристической функции?
- Пз 4. 1. Какой вывод можно сделать если две гауссовы случайные величины некоррелированы? 2.Сформулируйте правило исключения «лишних» аргументов из условной плотности вероятности? 3. Эргодический случайный процесс?
- Пз. 5 1. Каким образом преобразовать две коррелированные совместно-нормальные сл.в. к двум некоррелированным? 2. Стационарный и нестационарный случайные процессы? 3. Белый шум и его модели? 4. Узкополосный случайный процесс? 5.Центральная предельная теорема? 6.Распределение Пуассона?
- Пз.6 1.Как вычислить энергетический спектр на выходе линейной цепи, зная энергетический спектр на ее входе? 2. На вход линейного фильтра подается сигнал. Какая должна быть АЧХ и ФЧХ линейного фильтра, что бы фильтр был согласованным?
- Пз.7 1. Тепловые шумы линейных диссипативных систем? 2.Причины появления? 3.Формула Найквиста? 4.Корреляционная функция теплового шума?

Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета с оценкой).

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенций ОПК-1 и проводится в форме зачета с оценкой. Форма проведения зачета с оценкой – устный по билетам или письменный по билетам.

Билет состоит из одного теоретического и одного практического вопроса. Задания (билеты) для приема зачета с оценкой выполнены многовариантными, чтобы исключить возможность списывания и обмена информацией в ходе зачета с оценкой.

Студент бакалавр допускается к зачету с оценкой в том случае, если в течение семестра за текущую работу набрано 40 баллов и более. В противном случае выставляется 0 сессионных баллов. Во время зачета с оценкой студент бакалавр может набрать до 30 баллов. Если на зачете с оценкой ответ студента оценивается менее чем 10-ю баллами, то зачет с оценкой считается не сданным, студенту бакалавру выставляется 0 баллов, а в ведомость выставляется оценка «неудовлетворительно».

Если на зачете с оценкой студент набирает 10 и более баллов, то они прибавляются к сумме баллов за текущую работу и переводятся в академическую оценку, которая фиксируется в ведомости и зачетной книжке студентов.

Итоговый семестровый рейтинг	Академическая оценка
60-70 баллов	«удовлетворительно»
71-85 баллов	«хорошо»
86-100 баллов	«отлично»

Преподаватель имеет право выставить экзаменационную оценку (с согласия студента) без процедуры сдачи экзамена, если сумма баллов, набранная студентом за текущую работу составит 70 баллов. В этом случае к набранному студентом количеству баллов за текущую работу автоматически добавляется 20 баллов и выставляется соответствующая академическая оценка.

Критерии	Оценка			
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.	Неудовлетв.
Знание	Всесторонние глубокие знания (10 -11 баллов)	Знание материала в пределах программы (7 -9 баллов)	Отмечены пробелы в усвоении программного материала (4 -6 баллов)	Не знает основное содержание дисциплины (0-3 балла)
Понимание	Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные вопросы не требуются (8 -10 баллов)	Понимает материал, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы (6 -8 баллов)	Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные (4 -6 баллов)	С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы (0-3 балла)
Применение проф. терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию (3-5 баллов)	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию (2-3 балла)	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию (1-2 балла)	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию (0-2 балла)
Соблюдение норм литературного языка	Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения (3-4 балла)	Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки (2- 3 балла)	Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала (1-2 балл)	Косноязычная речь искажает смысл ответа (0-1 балл)

Примерный перечень вопросов и заданий к зачету с оценкой

1. Плотности вероятностей и функции распределения.
2. Характеристическая функция.
3. Нормальный закон распределения.
4. Пуассоновский закон распределения.
5. Моменты непрерывных случайных величин.
6. Математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение.
7. Случайные процессы. Классификация случайных процессов.
8. Многомерные плотности вероятностей.
9. Корреляционная функция случайного процесса.
10. Стационарный процесс.
11. Эргодичный процесс.
12. Марковские случайные процессы.
13. Пуассоновский импульсный процесс.
14. Нормальный (гауссов) процесс.
15. Спектр мощности. Связь между спектром мощности и корреляционной функцией. Теорема Винера–Хинчина.
16. Стационарный узкополосный шум.
17. Функции корреляции и спектры АМ, ФМ и ЧМ модулированных случайных процессов.
18. Огибающая, фаза, квадратурные компоненты квазигармонического случайного процесса.
19. Узкополосный гауссовый шум. Распределение Релея.
20. Детерминированный сигнал и гауссовый шум. Распределение Райса.
21. Преобразование спектров и корреляционных функций линейными системами.
22. Преобразование шума в узкополосных линейных системах.

23. Нормализация шумов.
24. Преобразование вероятностей, спектров и корреляционных функций в нелинейных системах.
25. Тепловые флуктуации в проводниках. Флуктуационно-диссипативная теорема. Формула Найквиста.
26. Техническая и естественная ширины спектральной линии автогенератора.
27. Укороченные уравнения генератора. Флуктуации амплитуды и фазы в генераторе. Естественный спектр колебаний автогенератора.
28. Однородные и изотропные поля.
29. Пространственные корреляционные функции. Случайные волны.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Величина X является случайной, Z и M – детерминированные величины, какой будет величина Y , если $Y = \sin(X) + \cos(Z) + M$
 - а) случайной
 - б) детерминированной
 - в) может быть случайной или детерминированной
2. Закон распределения случайной величины характеризует:
 - а) Функция распределения, плотность вероятности, математическое ожидание
 - б) плотность вероятности, дисперсия, математическое ожидание
 - в) ряд распределения, плотность вероятности, функция распределения
 - г) математическое ожидание, ряд распределения, дисперсия
3. Случайные величины X и Z , являются дискретными, случайная величина M непрерывная, какой будет случайная величина Y , если $Y = \sin(X) + \cos(Z) + M$
 - а) непрерывной
 - б) дискретной
 - в) может быть непрерывной или дискретной
4. Имеется нить длиной L . При натяжении нити она рвется. Какова вероятность того, что нить порвется в точке $L/2$
 - а) $1/2$
 - б) 0
 - в) $1/L$
 - г) нельзя определить

Разработчик:



доцент

Книжин С.И.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учитывает рекомендации ПООП по направлению и профилю подготовки **03.03.03 Радиофизика**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «08» апреля 2024 г. протокол № 8

И.О. зав. кафедрой  Колесник С.Н.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.