

Минобрнауки России

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



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Борисов Дмитрий Николаевич
Кафедра информационных систем

10.04.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.04.04 Основы моделирования телекоммуникационных систем

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

09.03.02 Информационные системы и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Инженерия информационных систем и технологий

3. Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавриат

4. Форма обучения:

Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

Кафедра информационных систем

6. Составители программы:

Савинков Андрей Юрьевич, д.т.н., профессор

7. Рекомендована:

рекомендована НМС ФКН 05.03.2024, протокол № 5

8. Учебный год:

2027-2028

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель: формирование у студентов базовых знаний и навыков в области моделирования на ЭВМ телекоммуникационных систем при решении задач профессиональной деятельности

Задачи учебной дисциплины:

- изучение методов моделирования телекоммуникационных систем
- изучение методов программной реализации базовых компонентов систем цифровой обработки сигналов, как при моделировании, так и при реализации телекоммуникационных систем
- достижение более глубокого понимания принципов работы телекоммуникационных систем
- понимание смысла и взаимного влияния параметров телекоммуникационных систем
- приобретение практических навыков оценки качества функционирования телекоммуникационных систем

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина относится к части блока Б1.В, формируемой участниками образовательных отношений. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания и умения, приобретаемые при изучении следующих дисциплин: теория функций комплексного переменного, теория вероятностей, математическая статистика,

алгоритмы и структуры данных, объектно-ориентированное программирование, инфокоммуникационные системы и сети, язык программирования Си.

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

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-4 Обеспечение работы технических и программных средств информационно-коммуникационных систем	ПК-4.2 Знает методы технического проектирования системы и сопровождения разработанных проектных решений	Знает основные технологии телекоммуникационных систем, принципы реализации в программных моделях базовых компонентов телекоммуникационных систем, основы планирования статистического эксперимента, основы статистической обработки результатов моделирования, методику отладки и верификации программ

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:

3/108

Форма промежуточной аттестации:

Зачет с оценкой

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 8	Всего
Аудиторные занятия	72	72
Лекционные занятия	36	36
Практические занятия		0
Лабораторные занятия	36	36
Самостоятельная работа	36	36
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	0	0
Часы на контроль		0
Всего	108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Лекции		
1.1	Введение в моделирование телекоммуникационных систем	Цели и задачи моделирования телекоммуникационных систем, выбор языка программирования, среда моделирования, статистический эксперимент, комплексное представление сигналов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1.2	Элементы теории вероятностей и математической статистики в задачах моделирования телекоммуникационных систем	Случайные события и вероятности, теорема Байеса, дискретная и непрерывная случайная величина, функциональное преобразование случайной величины, центральная предельная теорема, оценка параметров распределения, метод максимального правдоподобия, схема испытаний Бернулли, интервальное (доверительное) оценивание и планирование эксперимента, критерий завершения моделирования	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
1.3	Анализ и преобразование сигналов в программных моделях телекоммуникационных систем	Спектр периодического сигнала, спектральная плотность непериодического сигнала, теорема Котельникова (теорема отсчетов, теорема Шеннона-Найквиста), спектр дискретного сигнала, алиасинг, полосовая дискретизация (Undersampling), дискретное преобразование Фурье, интерполяция сигналов, квантование сигналов, шум квантования, дизеринг	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
1.4	Оптимизированная программная реализация базовых элементов обработки сигнала в программных моделях телекоммуникационных систем	Генераторы псевдослучайных последовательностей, циклический избыточный код (CRC), цифровые фильтры, преобразование Фурье, преобразование Уолша-Адамара, модуляторы и демодуляторы, перемежители, помехоустойчивые коды	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
1.5	Моделирование каналов распространения сигнала и помех в программных моделях телекоммуникационных систем	Моделирование шума, моделирование замираний, моделирование многолучевых и многоантенных каналов, моделирование каналов с дисперсией временной задержки, типовые модели канала ITU-R	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1.6	Приемы и методы моделирования телекоммуникационных систем	Синхронизация компонентов программной модели, визуализация результатов, статистический анализ результатов, битовая, символьная и блоковая ошибка, отношение E_b/N_0 , усреднение по времени и по совокупности реализаций, верификация программной модели	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
1.7	Моделирование больших телекоммуникационных систем	Вероятностно-временные параметры телекоммуникационных систем, модели и генераторы трафика, моделирование каналов связи внутри системы, обработка результатов и анализ параметров QoS	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
2 Практические занятия			
3 Лабораторные работы			
3.1	Визуализация результатов моделирования	Построение двумерных и трехмерных графиков средствами Python, отображение погрешностей на графике, использование TeX для подписей и легенды	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.2	Реализация на С и С++ циркулярного буфера и FIFO	Реализация элемента задержки на заданное число тактов и буфера FIFO на основе циркулярного буфера	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.3	Реализация на С и С++ линии задержки с отводами	Реализация на основе циркулярного буфера линии задержки с отводами (базовый элемент для реализации цифровых фильтров и интерполяторов)	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.4	Реализация на С и С++ цифрового фильтра	Реализация на основе линии задержки с отводами КИХ и БИХ фильтров, а также сервисных функций для вычисления АЧХ фильтра и коэффициентов передачи для белого шума и псевдослучайной последовательности прямоугольных импульсов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
3.5	Реализация на С и С++ генератора ПСП	Реализация на основе сдвигового регистра генератора М-последовательности и кода Голда, исследование автокорреляционной и взаимокорреляционной функции генераторов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.6	Реализация на С и С++ генератора белого гауссовского шума	Генерация гауссовского шума методом изотропного вектора и исследование статистических характеристик полученных выборок.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.7	Реализация на С и С++ генератора рэлеевских замираний	Генерация рэлеевских замираний методов Джейкса и исследование статистических характеристик полученных выборок	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.8	Реализация на С и С++ быстрого преобразования Фурье	Реализация на С и С++ быстрого преобразования Фурье на основе алгоритма Кули-Тьюки и Чирп-алгоритма Блустейна	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.9	Реализация на С и С++ передискретизатора (resampler) на основе интерполятора Лагранжа	Реализация передискретизатора (resampler), преобразующего выборку сигнала на одной частоте дискретизации в выборку того же сигнала на другой частоте дискретизации на основе полинома Лагранжа и исследование его характеристик	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.10	Реализация на С и С++ передискретизатора (resampler) на основе кубического сплайна	Реализация передискретизатора (resampler), преобразующего выборку сигнала на одной частоте дискретизации в выборку того же сигнала на другой частоте дискретизации на основе кубического сплайна и исследование его характеристик	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.11	Реализация на С и С++ фильтра Фарроу	Реализация вычислительно эффективного управляемого элемента задержки на интервал времени, не кратный периоду дискретизации сигнала	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.12	Реализация на С и С++ модели многолучевого канала	Моделирование многолучевого канала замираний с заданной функцией автокорреляции, моделирование стандартных каналов ITU-R	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
3.13	Реализация на С и С++ сверточного кодера и декодера Витерби	Реализация кодера сверточного кода и декодера Витерби, оценка энергетического выигрыша от помехоустойчивого кодирования и вычислительной сложности реализации декодера	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574
3.14	Реализация на С и С++ модулятора и демодулятора QAM	Реализация модулятора и мягкого демодулятора для произвольной модуляции M-QAM, исследование SER и BER	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17574

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в моделирование телекоммуникационных систем	2			1	3
2	Элементы теории вероятностей и математической статистики в задачах моделирования телекоммуникационных систем	4			2	6
3	Анализ и преобразование сигналов в программных моделях телекоммуникационных систем	8			4	12
4	Оптимизированная программная реализация базовых элементов обработки сигнала в программных моделях телекоммуникационных систем	10			5	15
5	Моделирование каналов распространения сигнала и помех в программных моделях телекоммуникационных систем	2			2	4
6	Приемы и методы моделирования телекоммуникационных систем	8			4	12
7	Моделирование больших телекоммуникационных систем	2			2	4
8	Визуализация результатов моделирования			2	1	3
9	Реализация на С и С++ циркулярного буфера и FIFO			1		1
10	Реализация на С и С++ линии задержки с отводами			1		1
11	Реализация на С и С++ цифрового фильтра			4	2	6

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
12	Реализация на С и С++ генератора ПСП			2	1	3
13	Реализация на С и С++ генератора белого гауссовского шума			1		1
14	Реализация на С и С++ генератора рэлеевских замираний			1		1
15	Реализация на С и С++ быстрого преобразования Фурье			4	2	6
16	Реализация на С и С++ передискретизатора (resampler) на основе интерполятора Лагранжа			2	1	3
17	Реализация на С и С++ передискретизатора (resampler) на основе кубического сплайна			2	1	3
18	Реализация на С и С++ фильтра Фарроу			2	1	3
19	Реализация на С и С++ модели многолучевого канала			4	2	6
20	Реализация на С и С++ сверточного кодера и декодера Витерби			6	3	9
21	Реализация на С и С++ модулятора и демодулятора QAM			4	2	6
		36	0	36	36	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина требует работы с файлами-презентациями лекций и соответствующими главами рекомендованной основной литературы, а также, обязательного выполнения всех лабораторных заданий в компьютерном классе.

Самостоятельная работа проводится в компьютерных классах ФКН с использованием методических материалов расположенных на учебно-методическом сервере ФКН fs.cs.vsu.ru/library и на сервере Moodle ВГУ moodle.vsu.ru. Во время самостоятельной работы студенты используют электроннобиблиотечные системы, доступные на портале Зональной Библиотеки ВГУ по адресу www.lib.vsu.ru. Часть заданий может быть выполнена вне аудиторий на домашнем компьютере, после копирования методических указаний и необходимого ПО с учебно-методического сервера ФКН.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к online занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Решмин, Б. И. Имитационное моделирование и системы управления: учебно-практическое пособие / Б. И. Решмин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. – 74 с. // ЭБС Университетская библиотека. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=444174

б) дополнительная литература:

№	Источник

п/п	
1	Олифер, В. Г. Основы сетей передачи данных: вводный курс / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер ; Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2003. – 192 с. // ЭБС Университетская библиотека. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=234533

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	Библиотека ВГУ, http://www.lib.vsu.ru
2	Сервер учебно-методических материалов ФКН, \\fs.cs.vsu.ru\Library
3	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ", http://edu.vsu.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Сервер учебно-методических материалов ФКН, \\fs.cs.vsu.ru\Library
2	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ", http://edu.vsu.ru

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Лекции-визуализации с демонстрацией иллюстративных и графических материалов, анимации, блок-схем алгоритмов и примеров исходного кода, демонстрацией выполнения команд операционной системой, лабораторные работы.

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Лекционная аудитория, оснащенная видеопроектором.
2. Компьютерный класс для проведения лабораторных занятий, оснащенный видеопроектором, компьютерами с ОС GNU/Linux с установленным ПО: GCC, MS Visual Studio Code и Python с пакетом matplotlib.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Введение в моделирование телекоммуникационных систем Элементы теории вероятностей и математической статистики в задачах моделирования телекоммуникационных систем Анализ и преобразование сигналов в программных моделях телекоммуникационных систем Оптимизированная программная реализация базовых элементов обработки сигнала в программных моделях телекоммуникационных систем Моделирование каналов распространения сигнала и помех в программных моделях телекоммуникационных систем Приемы и методы моделирования	ПК-4	ПК-4.2	Собеседование

	телекоммуникационных систем Моделирование больших телекоммуникационных систем			
2	Визуализация результатов моделирования Реализация на С и С++ циркулярного буфера и FIFO Реализация на С и С++ линии задержки с отводами Реализация на С и С++ цифрового фильтра Реализация на С и С++ генератора ПСП Реализация на С и С++ генератора белого гауссовского шума Реализация на С и С++ генератора рэлеевских замираний Реализация на С и С++ быстрого преобразования Фурье Реализация на С и С++ передискретизатора (resampler) на основе интерполятора Лагранжа Реализация на С и С++ передискретизатора (resampler) на основе кубического сплайна Реализация на С и С++ фильтра Фарроу Реализация на С и С++ модели многолучевого канала Реализация на С и С++ сверточного кодера и декодера Витерби Реализация на С и С++ модулятора и демодулятора QAM	ПК-4	ПК-4.2	Лабораторная работа

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Зачет с оценкой

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Собеседование

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости выполняется по лабораторным работам.

По каждой выполненной работе должен быть предоставлен отчет, включающий исходный код разработанных программ и описание полученных результатов. По отчету преподаватель вправе задать дополнительные вопросы для уточнения уровня понимания материала.

Лабораторная работа оценивается максимум в 100 баллов.

Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний по дисциплине

Компетенция ПК-4

Задания закрытого типа

- 1) Пусть есть два сигнала $x(t)$ и $y(t)$ со спектрами $X(f)$ и $Y(f)$ соответственно, тогда спектр свертки сигналов $x(t)$ и $y(t)$ равен
 - а) $X(f) * \text{conj}(Y(f))$

- b) $X(f) + \text{conj}(Y(f))$
 - c) $X(f) - \text{conj}(Y(f))$
 - d) $X(f) / \text{conj}(Y(f))$
- 2) Спектр дискретного сигнала с частотой дискретизации F_d
 - a) Периодический с периодом в частотной области $1/F_d$
 - b) Непериодический в частотной области
 - c) Не определен
 - 3) Наличие в тракте прохождения сигнала полосового фильтра
 - a) Приводит к изменению скорости течения модельного времени
 - b) Приводит к сдвигу начала отсчета модельного времени для компонентов модели после фильтра
 - c) Не влияет на параметры модельного времени
 - 4) В предметной области телекоммуникаций под интерполяцией сигнала понимают
 - a) Вычисление значения сигнала на момент времени между отсчетами
 - b) Увеличение разрядности представления отсчетов сигнала
 - c) Очистку сигнала от шумов
 - 5) Если дано множество отсчетов непрерывного сигнала, взятых через равные промежутки времени, то
 - a) Исходная форма непрерывного сигнала всегда может быть восстановлена по его отсчетам
 - b) Информация об уровне непрерывного сигнала между отсчетами потеряна
 - c) Исходная форма непрерывного сигнала может быть восстановлена по его отсчетам, если спектр сигнала ограничен максимальной частотой F_{max} и интервал между отсчетами не превышает $1/(2 * F_{max})$

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	a
2	a
3	b
4	a
5	c

Задания открытого типа

- 1) Согласно требованиям технического задания на систему связи, вероятность ошибки при передаче данных не должна превышать 10^{-6} . В ходе моделирования ошибок не фиксируется, сколько экспериментов необходимо провести, чтобы утверждать, что требования выполняются с доверительной вероятностью 0.999 (ответ округлить вверх до 10^6)
- 2) Есть КИХ фильтр с симметричной действительной импульсной характеристикой из 17 отсчетов. Найдите задержку сигнала в фильтре (величину задержки выразите интервалах дискретизации сигнала)

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
1	4 000 000
2	8

Задания с развёрнутым ответом

- 1) Опишите алгоритм вычисления мягких решений по отдельным битам символа модуляции QAM

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	Модуляция QAM кодирует информацию о группе передаваемых битов

	<p>b_0, \dots, b_{n-1} в комплексной амплитуде A_k передаваемого сигнала, $k \in [0, 2^n)$, в реальных системах обычно n четное. На приемной стороне наблюдается комплексная амплитуда принимаемого сигнала $X = F(A_k)$, где $F()$ – передаточная функция канала распространения, A_k – комплексная амплитуда передаваемого сигнала, при этом значение k априорно неизвестно. В этих условиях требуется определить $\lambda_i = \log(P(b_i = 1)) - \log(P(b_i = 0))$ для $i \in [0, n)$, где $P()$ вероятность единичного или нулевого бита соответственно.</p> <p>На практике обычно рассматривается модель канала AWGN и $X = A_k + \xi$, где ξ – комплексная случайная величина с нормальным независимым распределением действительной и мнимой частей.</p> <p>Тогда $\lambda_i = \log(\sum_{k, b_i=1} \exp(- X - A_k ^2)) - \log(\sum_{k, b_i=0} \exp(- X - A_k ^2))$</p> <p>Поскольку функция $\exp(-x^2)$ быстро убывает с ростом x, для упрощения вычислений в суммах можно оставить только по одному наибольшему слагаемому, тогда $\lambda_i = \min_{k, b_i=1} (X - A_k) - \min_{k, b_i=0} (X - A_k)$. Данный алгоритм является базовым для демодуляции QAM.</p> <p>С учетом явного вида созвездия модуляции для частных случаев можно выполнить дальнейшее упрощение алгоритма, например для 16-QAM на квадратной эквидистантной сетке могут быть использованы выражения для быстрого приближенного вычисления мягких решений: $\lambda_0 = -\text{Re}(x)$, $\lambda_1 = \text{Re}(x) - 2$, $\lambda_2 = -\text{Im}(x)$ и $\lambda_3 = \text{Im}(x) - 2$</p>
--	--

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Обучающийся точно описал алгоритм вычисления мягких решений по отдельным битам символа модуляции QAM, указал возможность получения быстрого приближенного решения	3 балла
Обучающийся точно описал алгоритм вычисления мягких решений по отдельным битам символа модуляции QAM, указал возможность получения быстрого приближенного решения. Допускаются незначительные неточности	2 балла
Обучающийся не достаточно точно описал алгоритм вычисления мягких решений по отдельным битам символа модуляции QAM, не указал возможность получения быстрого приближенного решения. Ответ не содержит грубых ошибок и неточностей	1 балл
Обучающийся не достаточно точно описал алгоритм вычисления мягких решений по отдельным битам символа модуляции QAM, не указал возможность получения быстрого приближенного решения. Ответ содержит грубых ошибок и неточности	0 баллов

20.2 Промежуточная аттестация

Перечень вопросов к собеседованию

1. Понятие адекватности и полноты модели
2. Основные статистические характеристики телекоммуникационных систем, которые могут быть оценены методом моделирования на ЭВМ
3. Базовая структура программной модели телекоммуникационной системы
4. Функциональное преобразование дискретной случайной величины
5. Функциональное преобразование непрерывной случайной величины

6. Задача оценки параметров распределения, метод максимального правдоподобия
7. Схема испытаний Бернулли, доверительный интервал в испытаниях Бернулли
8. Приближенное вычисление доверительного интервала в схеме Бернулли при большом числе испытаний
9. Буфер FIFO, оптимизированная программная реализация FIFO на основе циркулярного буфера
10. Преобразование Фурье, свойства преобразования Фурье, спектр дискретного сигнала
11. Быстрое преобразование Фурье
12. Чирп-алгоритм Блестейна (Chirp Z-transform)
13. Шум квантования, дизеринг
14. Интерполяция Лагранжа
15. Полиномиальная интерполяция, фильтр Фарроу
16. Интерполяция кубическим сплайном
17. Интерполяция на основе ДПФ
18. Низкочастотная интерполяция
19. Оптимизированная реализации рекурсивного цифрового фильтра
20. Изменение дисперсии шума после прохождения фильтра
21. Синтез НЧ КИХ-фильтра методом окон
22. Табличный алгоритм вычисления CRC
23. Быстрый алгоритм демодуляции M-QAM на эквидистантной прямоугольной сетке
24. Модифицированный метод Джейкса для генерация независимых реализаций замираний
25. Линейный конгруэнтный метод генерации последовательности псевдослучайных чисел с равномерным распределением
26. Метод Фибоначчи с запаздываниями для генерации последовательности псевдослучайных чисел с равномерным распределением
27. Регистр сдвига с линейной обратной связью для генерации последовательности псевдослучайных чисел с равномерным распределением
28. Генерация случайных чисел с заданным распределением
29. Алгоритм Бокса-Мюллера для генерации последовательности псевдослучайных чисел с нормальным распределением
30. Полярный метод Марсальи для генерации последовательности псевдослучайных чисел с нормальным распределением

Описание технологии проведения

Собеседование производится в форме устного ответа на заданный вопрос. При необходимости преподаватель может задавать уточняющие вопросы. Ответ оценивается по 100 бальной шкале.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины, осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. При оценивании результатов промежуточной аттестации используется количественная шкала оценок. Оценки за контрольную и лабораторные работы суммируются и результат нормируется к 100 бальной шкале. Полученное значение определяет уровень сформированности компетенций и итоговую оценку (достаточный – удовлетворительно, хорошо, отлично или недостаточный – неудовлетворительно) согласно следующей шкале:

- оценка «отлично» – 90...100 баллов
- оценка «хорошо» – 70...89 баллов
- оценка «удовлетворительно» – 50...69 баллов
- оценка «неудовлетворительно» – 0...49 баллов