

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

В.А. Небольсин

«16» декабря 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины (модуля)**

**«Б1.В.07 Цифровая обработка сигнала в сетях  
связи беспилотных авиационных систем»**

**Направление подготовки (специальность) 11.04.03 – Конструирования и технология электронных средств**

**Профиль (специализация) Автоматизированное проектирование радиоэлектронных модулей беспилотных авиационных систем**

**Квалификация выпускника магистр**

**Нормативный период обучения 2 года**

**Форма обучения Очная**

**Год начала подготовки 2023 г.**

Автор программы \_\_\_\_\_  /Хорошайлова М.В./

Заведующий кафедрой  
конструирования и производства  
радиоаппаратуры \_\_\_\_\_  /Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_  / Башкиров А.В./

**Воронеж 2022**

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цели дисциплины

Состоит в формировании заданных дисциплинарных компетенций, обеспечивающих освоение магистрами основных принципов и алгоритмов цифровой обработки сигналов (ЦОС) в сетях связи беспилотных авиационных систем.

## 1.2. Задачи освоения дисциплины

Получение знаний общих принципов и алгоритмов цифровой обработки сигналов в сетях связи беспилотных авиационных систем, формирование умений применять методы расчета, проектирования и исследования цифровых фильтров, освоение навыков проектирования и моделирования устройств и систем цифровой обработки сигналов с применением пакетов прикладных программ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Цифровая обработка сигнала в сетях связи беспилотных авиационных систем» относится к дисциплинам обязательной части блока Б.1 учебного плана.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Цифровая обработка сигнала в сетях связи беспилотных авиационных систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 –Способен проектировать функциональные блоки, модули, устройства и комплексы электронных средств беспилотных авиационных систем с учетом заданных требований.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	<u>знать</u> свойства дискретных сигналов и систем, методы спектрального анализа дискретных сигналов, основные способы выполнения дискретизации.
	<u>уметь</u> рассчитать параметры дискретизации сигналов, получить частотное и временное представление сигнала.
	<u>владеть</u> навыками применения современного инструментария для выполнения дискретных преобразований сигналов в сетях связи беспилотных авиационных систем

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Цифровая обработка сигнала в сетях связи беспилотных авиационных систем» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		1	2
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	54		54
В том числе:			
Лекции	18		18
Практические занятия (ПЗ)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	-		-
<b>Самостоятельная работа</b>	90		90
Курсовой проект	+		+
Контроль	36		36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+		+
Общая трудоемкость	час	180	180
	экзамен. ед.	2	2

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Дискретные сигналы	Основные понятия и определения. Свойства. Частотное и временное представление сигналов. Основные операции цифровой обработки.	2	4	-	10	16
2	Дискретные системы	Линейные дискретные системы (ЛДС) с постоянными параметрами. Основные свойства (линейность, инвариантность к сдвигу во времени, физическая реализуемость). Импульсная характеристика ЛДС. Вычисление реакции ЛДС через импульсную характеристику ЛДС. Условие устойчивости ЛДС, выраженное через импульсную характеристику.	2	4	-	10	16
3	Периодическая дискретизация	Свойства спектра дискретного сигнала. Явление наложения копий спектра. Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов. Выбор оптимального значения частоты дискретизации.	2	4	-	10	16
4	Спектральное представление непрерывных и дискретных сигналов. Теорема Котельникова	Представление аналоговых сигналов в частотной области: спектр периодических сигналов и спектральная плотность аperiodических сигналов. Их связь, физический смысл и размерность. Свойства интегрального преобразования Фурье.	2	4	-	10	16
5	Методы цифровой фильтрации	Этапы проектирования цифровых фильтров. Проектирование БИХ-фильтров методом билинейного z-преобразования. Порядок фильтра. Нелинейное искажение оси частот при билинейном Z-преобразовании. Проектирование БИХ-фильтров методом билинейного z-преобразования с внесением предискажений. Методы предискажений.	2	4	-	10	16
6	Синтез цифровых фильтров	Проектирование БИХ-фильтров методом инвариантной импульсной характеристики. Наложение копий частотной характеристики фильтра при преобразовании. Сравнение методов проектирования БИХ-фильтров. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ, свойства.	2	4	-	10	16
7	Синтез цифровых фильтров	Порядок фильтра и длина импульсной характеристики Проектирование КИХ-фильтров методом окон. Эффект Гиббса и назначение окон. Структуры КИХ-фильтров с симметричной и антисимметричной импульсной характеристикой.	2	4	-	10	16
8	Прикладные аспекты цифровой обработки сигналов	Преобразование частоты дискретизации. Постановка задачи преобразования. Прореживание (децимация). Интерполяция.	2	4	-	10	16
9	Прикладные аспекты цифровой обработки сигналов	Применение цифровой обработки сигналов. Обработка звуковых сигналов. Обработка видеосигналов. Обработка изображений	2	4	-	10	16
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>36</b>		<b>90</b>	<b>144</b>

## **5.2 Перечень лабораторных работ**

Лабораторные работы не предусмотрены

## **5.3 Перечень практических работ**

1. Моделирование сигналов в среде Matlab
2. Аппроксимация и интерполяция данных в среде Matlab
3. Моделирование фрактальных объектов
4. Преобразование Фурье
5. Построение фазовых портретов процессов в динамических системах
6. Операции свертки и коррекции
7. Корреляционный анализ сигналов
8. Преобразование Уолша
9. Вейвлет-преобразование
10. Информационно-энтропийный анализ сигналов
11. Фильтрация сигналов
12. Амплитудная модуляция в среде Matlab

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 2 семестре.

Примерная тематика курсового проекта: «Анализ методов цифровой фильтрации и моделирование различных цифровых фильтров в среде Matlab».

При выполнении курсовой работы магистранты должны научиться правильно и творчески использовать знания, полученные ими при прохождении теоретических и практических дисциплин.

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- осуществлять обзор литературных источников по заданной теме;
- осуществлять поиск необходимой справочной информации по теме проекта;
- разрабатывать модели цифровых фильтров в среде Matlab;
- проводить необходимые при проектировании расчеты;

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

**7.1.1 Этап текущего контроля**

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	знать свойства дискретных сигналов и систем, методы спектрального анализа дискретных сигналов, основные способы выполнения дискретизации.	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, ответ не менее чем на половину заданных в процессе опроса вопросов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь рассчитать параметры дискретизации сигналов, получить частотное и временное представление сигнала	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками применения современного инструментария для выполнения дискретных преобразований сигналов в сетях связи беспилотных авиационных систем	Решение стандартных прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются во 2 семестре для очной формы обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-3	знать свойства дискретных сигналов и систем, методы спектрального анализа дискретных сигналов, основные способы выполнения дискретизации.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь рассчитать параметры дискретизации сигналов, получить частотное и временное представление сигнала	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть навыками применения современного инструментария для выполнения дискретных преобразований сигналов в сетях связи беспилотных авиационных систем	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

#### 1) Как определяется Детерминированный сигнал?

1. Значение этого сигнала в любой момент времени определяется точно.

2. В любой момент времени этот сигнал представляет собой случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью.

3. В любой момент времени этот сигнал представляет собой не случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью.

4. Значение этого сигнала нельзя определить точно в любой момент времени.

#### 2) Какими параметрами определяется гармонический сигнал?

1. Амплитудой  $A$  и частотой  $\omega$ .

2. Амплитудой  $A$  и начальной фазой  $\varphi$ .

3. Амплитудой  $A$ , частотой  $\omega$  и начальной фазой  $\varphi$ .

4. Частотой  $\omega$  и начальной фазой  $\varphi$

#### 3) Какие условия Дирихле должен удовлетворять ряд Фурье что бы разложение существовало?

1. Не должно быть разрывов второго рода и число экстремумов должно быть конечным.

2. Не должно быть разрывов второго рода, число разрывов первого рода должно быть конечным и число экстремумов должно быть конечным.

3. Не должно быть разрывов второго рода и число разрывов первого рода должно быть конечным.

4. Число разрывов первого рода должно быть конечным и число экстремумов должно быть конечным.

#### 4) Какая из представленных формул является формулой прямого преобразования Фурье?

$$1. S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$2. S(\omega) = \int_0^T s(t)s(t - \tau)dt$$

$$3. S(w) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$4. S(w) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(t)}{t - \tau} dt$$

**5) Какое соотношение будет между вероятностями случайного сигнала  $P(x)$  и функцией распределения?**

1.  $F(\chi_0) = P(\chi \leq \chi_0)$
2.  $F(\chi_0) = P(\chi > \chi_0)$
3.  $F(\chi_0) = P(\chi = \chi_0)$
4.  $F(\chi_0) = P(\chi \neq \chi_0)$

**6) Чему равна спектральная плотность мощности белого шума?**

1.  $W(\omega) = 0$
2.  $W(\omega) = 1$
3.  $W(\omega) = \text{const}$
4.  $W(\omega) = \infty$

**7) Если в аналоговой системе произвольная задержка подаваемого на вход сигнала приводит лишь к такой же задержке выходного сигнала, не меняя его формы, система называется?**

1. Стационарной.
2. Не стационарной.
3. Параметрической.
4. Системой с переменными параметрами.

**8) Импульсная характеристика это: ?**

1. Отклик на воздействие  $\delta$ -функции.
2. Отклик на воздействие в виде функции Хевисайда.
3. Отклик на воздействие в виде прямоугольного импульса.
4. Передаточная функция.

**9) Эта функция в MATLAB преобразует наборы коэффициентов полиномов числителя и знаменателя функции передачи в векторы и нули: ?**

1. `cheblfp(x,y)`.
2. `demo`.
3. `pltx`.
4. `tf2zp`.

**10) Фильтр Чебышева первого рода?**

$$1. K(w) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{w}{w_0}\right)^{2n}}}$$

$$2. K(w) = \frac{1}{1 + w^2 \tau^2}$$

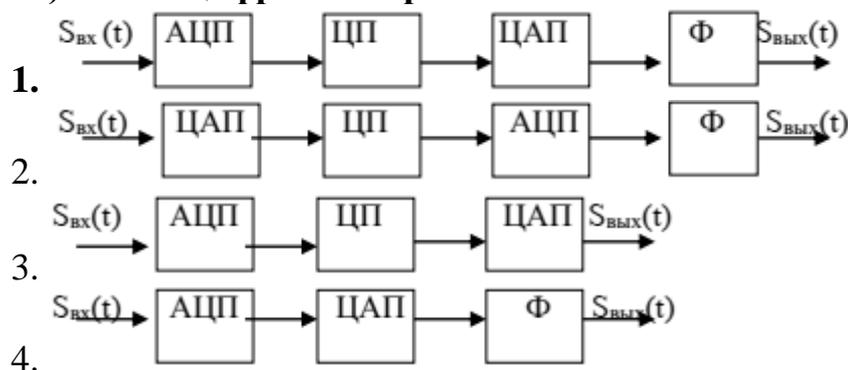
$$3. K(w) = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 T_n^2(w/w_0)}}$$

$$4. K(w) = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{w}{w_0}\right)}}$$

**11) Процесс преобразования аналогового сигнала в последовательность значений, называется?**

1. Квантование сигнала по уровню.
2. Получение цифрового сигнала.
- 3. Дискретизацией сигнала.**
4. Модуляцией сигнала.

**12) Схема цифровой обработки сигнала?**



**13) Z- преобразование имеет свойства?**

1. Нелинейность.
2. Цикличность.
- 3. Линейность, задержка, свёртка.**
4. Сопряжённость.

**14) Какие бывают формы дискретных фильтров?**

1. Каноническая, транспонированная, последовательная, эллиптическая.
2. Каноническая, балансная, параллельная, эллиптическая.
3. Транспонированная, последовательная, параллельная, каскадная.
- 4. Каноническая, транспонированная, последовательная, параллельная.**

## 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

**1) При обработке сигналов приходится увеличивать или уменьшать частоту дискретизации сигналов. Что производит функция пере-дискретизации?**

1. Повышает чистоту дискретизации в целое число раз.
- 2. Изменение частоты дискретизации в произвольное число раз.**
3. Понижение частоты дискретизации в целое число раз.
4. повышение частоты дискретизации в произвольное число раз.

**2) Дискретное преобразование Фурье используется для?**

1. Корреляционного анализа.
2. Анализа предельных циклов.
- 3. Спектрального анализа.**
4. Квантового анализа.

**3) Какое свойство не относится к дискретному преобразованию Фурье?**

1. Линейность.
- 2. Круговая свёртка.**
3. Задержка.
4. Симметрия.

**4) Какой из вариантов вывода идеи быстрого преобразования Фу-рье являются ложным?**

1. БПФ не является приближенным алгоритмом.
2. Применение БПФ имеет смысл, если число элементов в анализируе-мой последовательности являлось степенью числа 2.

**3. Алгоритм БПФ не предназначен для одновременного расчёта всех спектральных отсчётов  $X(n)$ .**

4. Алгоритм БПФ предназначен для одновременного расчёта всех спек-тральных отсчётов  $X(n)$ .

**5) Какой метод относится к авторегрессионному спектральному анализу?**

- 1. Метод Берга.**
2. Метод Уэлча.
3. Параметрический метод.
4. Непараметрический метод.

**6) Эффекты, связанные с конечной разрядностью представления чисел квантования в цифровых системах разделяются на категории. Ка-кой из вариантов не относится к ним?**

1. Шум квантования, возникает при аналого-цифровом преобразование.
2. Искажение характеристик.

**3. Переполнение разрядной сетки.**

4. Округление промежуточных результатов вычисления.

**7) Для формирования случайных сигналов служат какие функции?**

**1. Равномерное и нормальное распределение.**

2. Нормальное и быстрое распределение.

3. Равномерное и быстрое распределение.

4. Равномерное и распределение с заданной точностью.

**8) Дельта-функция или функция Дирака удовлетворяет соотношению:**

1.  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$

2.  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 0$

3.  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt \neq 0$

4.  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = \infty$

**9) Ряд Фурье справедлив для:**

1. Не периодического сигнала.

**2. Периодического сигнала.**

3. Аналитический сигнал.

4. Гармонический сигнал.

**10) Корреляционная функция:**

1. Прямоугольная.

2. Не симметрична.

3. Треугольная.

**4. Симметрична.**

**11) Случайные стационарные процессы, это случайные процессы у которых:**

**1. Статистические характеристики, которых одинаковы во всех временных сечениях.**

2. Статистические характеристики, которых различны в зависимости от временных сечений.

3. У которых, статистические характеристики стремятся к бесконечности.

4. Статистические характеристики, которых не могут принимать нулевые значения.

**12) Теорема Винер-Хинчина имеет вид:**

$$1. R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} W(w) e^{jw\tau} w dw$$

$$2. R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(w) e^{jw\tau} w dw$$

$$3. R(\tau) = \frac{1}{2} \int_{-T/2}^{T/2} W(w) e^{jw\tau} w dw$$

$$4. R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} W(w) w dw$$

**13) Линейная система устойчива, если:**

1. Если при нулевом сигнале выходной сигнал равен 1 при любых начальных условиях.

2. Если при нулевом сигнале выходной сигнал возрастает при любых начальных условиях.

**3. Если при нулевом сигнале выходной сигнал затухает при любых начальных условиях.**

4. Если при нулевом сигнале выходной сигнал стремится к бесконечности при любых начальных условиях.

**7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Определить период данного сигнала:

$$x(t) = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t) + 3 \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t) + 6 \sin(2\pi \cdot 8 \cdot t)$$

Ответ:  $f = 1$  (с)

2. Дискретизация непрерывного сигнала максимальной частотой составляющей этого сигнала 5000 (Гц). определить мин частоту дискретизации этого сигнала.

Ответ:  $F_{\min} = 10000$  Гц

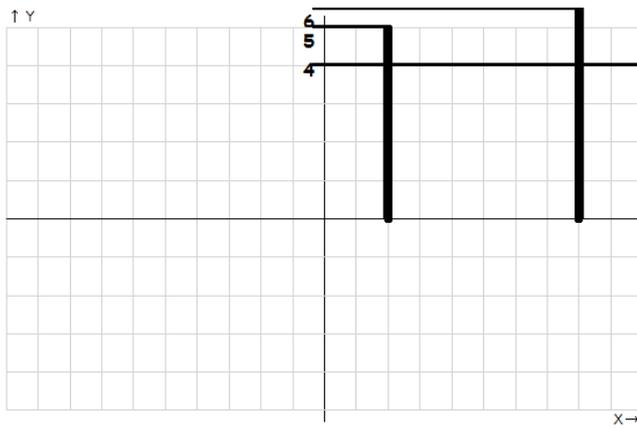
3. Для измерения давления используется датчик с коэффициентом преобразования 50 мВ/Па. На выходе датчика напряжение 10500 мВ. Определить измеряемое давление.

Ответ  $P_{\text{вых}} = 210$  (Па)

4. Построить амплитудный спектр сигнала:

$$x(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 2t) + 6 \cos(2\pi \cdot 8t) + 4 \sin(2\pi \cdot 10t)$$

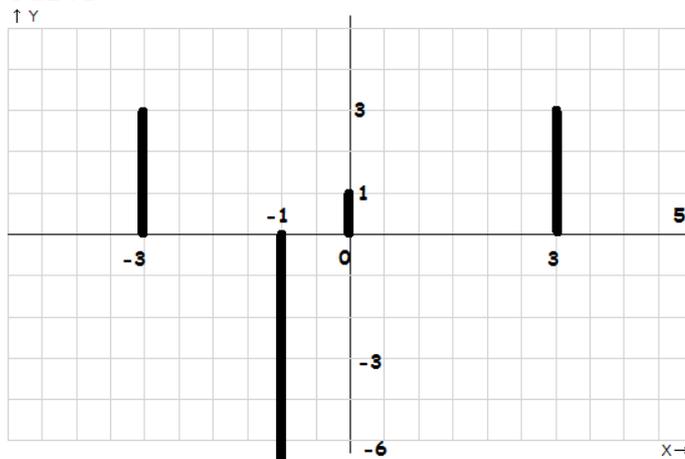
Ответ:



5. Построить сигнал по заданному выражению:

$$x(n) = 3d(n+3) - 6d(n+1) + d(n) + 3d(n-3) - 3d(n-5)$$

Ответ:



6) Единичная импульсная функция является дискретным аналогом дельта-функции и представляет собой:

1. Бесконечно узкий импульс с бесконечной амплитудой.
2. **Одиночный отсчёт с единичным значением.**
3. Сумму бесконечной геометрической прогрессии.
4. Отсчёты синусоиды с произвольной частотой и начальной фазой.

7) Как описывается линейная цепь в пространстве состояний?

1.  $s'(t) = As(t)$ .
2.  $s'(t) = Bs(t)$ .
3.  $y(t) = Cs(t) + Dx(t)$ .
4.  **$s'(t) = As(t) + Bx(t)$ .**

8) Чему соответствует интегрирование в частотной области?

1. Умножению на  $j\omega$ .
2. Умножению на  $2\pi$ .
3. **Умножению на  $1/(j\omega)$ .**
4. Умножению на  $1/(2\pi)$ .

## 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы; методы их описания и примеры. Структурная схема цифровой обработки аналоговых сигналов. Нормирование частоты и времени. Дискретное время, дискретное нормированное время, нормированная частота. Понятие основного диапазона частот дискретных сигналов и систем. Интервал/период дискретизации, частота и угловая частота дискретизации.

2. Прямое  $Z$  – преобразование. Область сходимости. Свойства (линейность, задержка,  $z$ -преобразование последовательности  $x(n)$ , умноженной на множитель в форме показательной функции  $W_n$ ,  $z$ -преобразование свертки двух последовательностей). Пример вычисления прямого  $z$ -преобразования.

3. Математическая модель АЦП как идеального амплитудноимпульсного модулятора. Математическая модель дискретизированного во времени сигнала. Преобразование Лапласа и Фурье дискретизированного во времени сигнала. Интервал/период дискретизации, частота и угловая частота дискретизации.

4. Связь прямого  $Z$ -преобразования с дискретным преобразованием Лапласа. Отображение  $p$ -плоскости в  $z$ -плоскость.

5. Обратное  $Z$ -преобразование. Теорема Коши о вычетах. Формулы для вычисления вычетов в простых и кратных полюсах. Пример вычисления обратного  $z$ -преобразования.

6. Разностные уравнения. Решение разностных уравнений с помощью  $Z$ -преобразования. Общий подход. Пример.

7. Линейные дискретные системы (ЛДС) с постоянными параметрами. Основные свойства (линейность, инвариантность к сдвигу во времени, физическая реализуемость). Импульсная характеристика ЛДС. Вычисление реакции ЛДС через импульсную характеристику ЛДС. Условие устойчивости ЛДС, выраженное через импульсную характеристику.

8. Линейные дискретные системы (ЛДС) с постоянными параметрами. Разностное уравнение. Порядок разностного уравнения. Связь разностного уравнения и структуры ЛДС, пример. Рекурсивные и нерекурсивные ЛДС, структурные схемы, устойчивость. Понятие КИХ и БИХ систем.

9. Линейные дискретные системы (ЛДС) с постоянными параметрами. Передаточная функция ЛДС. Связь передаточной функции со структурой ЛДС.

10. Нули и полюса передаточной функции линейной дискретной системы, условие устойчивости ЛДС. Передаточные функции рекурсивных и нерекурсивных ЛДС.

11. Линейные дискретные системы (ЛДС) с постоянными параметрами. Частотная характеристика линейной дискретной системы и ее связь с передаточной функцией ЛДС. Амплитудно- и фазочастотные характеристики ЛДС. Связь нулей и полюсов передаточной функции с положениями минимумов и максимумов амплитудно-частотной характеристики на частотной оси.

12. Представление аналоговых сигналов в частотной области: спектр-периодических сигналов и спектральная плотность аperiodических сигналов. Их связь, физический смысл и размерность. Свойства интегрального преобразования Фурье (линейность, сдвиг во временной области, сдвиг в частотной области, преобразование произведения сигналов, преобразование свертки сигналов).

13. Математическая модель сигнала дискретизированного во времени, его спектральная плотность. Явление наложения спектров при дискретизации непрерывных сигналов. Пример.

14. Теорема отсчетов Котельникова во временной области. Восстановление непрерывного сигнала как идеальная низкочастотная фильтрация дискретизированного во времени сигнала.

15. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) периодических последовательностей. Физический смысл коэффициентов ДПФ. Свойства ДПФ (линейность, периодичность, симметрия, сдвиг во временной области, сдвиг в частотной области, преобразование произведения последовательностей, преобразование циклической свертки последовательностей), примеры. Понятие циклической свертки.

16. Быстрое преобразование Фурье с прореживанием по времени. Поворачивающий множитель. Структура 8-точечного БПФ. Вычисление обратного ДПФ через БПФ. Бит-реверсная перестановка элементов последовательности.

17. Быстрое преобразование Фурье с прореживанием по частоте. Поворачивающий множитель. Структура 8-точечного БПФ. Вычисление обратного ДПФ через БПФ. Бит-реверсная перестановка элементов последовательности.

18. Интеграл свертки. Связь интеграла свертки с образами по Лапласу и Фурье сворачиваемых сигналов. Линейная дискретная свертка. Связь дискретной свертки с Фурье- и Z-образами последовательностей. Использование для вычисления реакции линейной цепи с постоянными параметрами. Примеры.

19. Циклическая (круговая) свертка. Связь круговой свертки и ДПФ. Использование циклической свертки для вычисления линейной свертки. Быстрая свертка. Примеры.

20. Этапы проектирования цифровых фильтров. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ, свойства. Порядок фильтра и длина импульсной характеристики Проектирование КИХ-фильтров методом окон. Эффект Гиббса и назначение окон. Структуры КИХ-фильтров с симметричной и антисимметричной импульсной характеристикой.

21. Этапы проектирования цифровых фильтров. Проектирование БИХ фильтров методом билинейного z-преобразования. Порядок фильтра. Нелинейное искажение оси частот при билинейном Z-преобразовании.

22. Этапы проектирования цифровых фильтров. Проектирование БИХ фильтров методом инвариантной импульсной характеристики. Наложение копий частотной характеристики фильтра при преобразовании

## 7.2.5 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 10 стандартных задач и 10 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

## 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Частотное и временное представление сигналов. Основные операции цифровой обработки. Линейные дискретные системы (ЛДС) с постоянными параметрами. Основные свойства (линейность, инвариантность к сдвигу во времени, физическая реализуемость).	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
2	Импульсная характеристика ЛДС. Вычисление реакции ЛДС через импульсную характеристику ЛДС. Условие устойчивости ЛДС, выраженное через импульсную характеристику.	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
3	Свойства спектра дискретного сигнала. Явление наложения копий спектра. Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов. Выбор оптимального значения частоты дискретизации.	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
4	Представление аналоговых сигналов в частотной области: спектр периодических сигналов и спектральная плотность аperiodических сигналов. Их связь, физический смысл и размерность. Свойства интегрального преобразования Фурье.	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
5	Этапы проектирования цифровых фильтров. Проектирование БИХ-фильтров методом билинейного z-преобразования. Порядок фильтра. Нелинейное искажение оси частот при билинейном Z-преобразовании. Проектирование БИХ-фильтров методом билинейного z-преобразования с внесением предискажений. Методы предискажений.	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
6	Проектирование БИХ-фильтров методом инвариантной импульсной характеристики. Наложение копий частотной характеристики фильтра при преобразовании. Сравнение методов проектирования БИХ-фильтров. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ, свойства.	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос
7	Порядок фильтра и длина импульсной характеристики Проектирование КИХ-фильтров методом окон. Эффект Гиббса и назначение окон. Структуры КИХ-фильтров с симметричной и антисимметричной импульсной характеристикой.	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос
8	Преобразование частоты дискретизации. Постановка задачи преобразования. Прореживание (децимация). Интерполяция.	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

Лобов Е.М., Лобова Е.О., Терешонок М.В., Рауткин Ю.В., Анализ и синтез цифровых фильтров. Учебно-методическое пособие - М.: Брис-М, 2018 -166с.

2. Афанасьев А.А., Рыболовлев А.А., Рыжков А.П. Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие для вузов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2017 -356с.

3. Брюханов Ю.А., Цифровые цепи и сигналы. Учебное пособие для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Горячая линия - Телеком, 2017 - 160с.

4. Солонина А.И., Цифровая обработка сигналов в зеркале MATLAB: учеб. пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2018. — 560с

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer, программный комплекс Matlab/Simulink

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная видеопроектором с экраном и пособиями по профилю.

Компьютерный класс, оснащенный ПЭВМ с установленным программным обеспечением, ауд. 7422/7, 7434/3.

### **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Цифровая обработка сигнала в сетях связи беспилотных авиационных систем» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия, выполняется курсовой проект.

Лекция представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. 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. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения.

- 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 и типовых расчетов;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к зачетам и экзаменам.

Кроме базовых учебников рекомендуется самостоятельно использовать имеющиеся в библиотеке учебно-методические пособия. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

При ознакомлении с каким-либо разделом рекомендуется прочитать его целиком, стараясь уловить общую логику изложения темы. При повторном чтении хорошо акцентировать внимание на ключевых вопросах и основных теоремах (формулах). Можно составить их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

- текущий (опрос, контрольные работы, типовые расчеты);
- рубежный (коллоквиум);

- промежуточный (курсовая работа, зачет, зачет с оценкой, экзамен).

Коллоквиум – форма итоговой проверки знаний студентов по определенным темам.

Зачет – форма проверки знаний и навыков, полученных на лекционных и практических занятиях. Сдача всех зачетов, предусмотренных учебным планом на данный семестр, является обязательным условием для допуска к экзаменационной сессии.

Экзамен – форма итоговой проверки знаний студентов.

Для успешной сдачи экзамена необходимо выполнить следующие рекомендации – готовиться к экзамену следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до экзамена. Данные перед экзаменом три-четыре дня эффективнее всего использовать для повторения.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	-------------------------	--