

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 23

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

Старший преподаватель

(должность, уч. степень, звание)

Е.П. Виноградова

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«17» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы и устройства цифровой обработки сигналов»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.03.04
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроника и нанoeлектроника
Наименование направленности	Промышленная электроника
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

к.т.н.  
(должность, уч. степень, звание)

17.02.25

(подпись, дата)

Е.В. Силяков

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«17» февраля 2025 г, протокол № 6/25

Заведующий кафедрой № 23

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

17.02.25

(подпись, дата)

А.Р. Бестугин

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

17.02.25

(подпись, дата)

Н.В. Марковская

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Методы и устройства цифровой обработки сигналов» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» направленности «Промышленная электроника». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности»

ОПК-2 «Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных»

ОПК-3 «Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности»

ПК-4 «Способен осуществлять сквозное проектирование цифровых устройств с использованием теории сложных цифровых систем и методов искусственного интеллекта»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами, средствами и алгоритмами обработки дискретизированных сигналов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовое проектирование.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины сформировать у обучающихся знания в области синтеза и анализа дискретизированных сигналов и навыков по их обработке.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.У.1 уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. ОПК-1.В.1 владеть навыками использования знаний физики и математики для решения задач инженерной деятельности
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.У.2 уметь находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. ОПК-2.У.5 уметь определять ожидаемые результаты решения выделенных задач.
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-3 Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ОПК-3.3.1 знать, как использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способен осуществлять сквозное проектирование цифровых	ПК-4.3.1 знать элементы теории сложных цифровых систем, основные принципы сквозного проектирования, маршрут разработки и верификации цифровых устройств, в том числе с применением

	устройств с использованием теории сложных цифровых систем и методов искусственного интеллекта	методов искусственного интеллекта ПК-4.У.1 уметь проводить описание моделей цифровых схем на поведенческом языке, осуществлять полный цикл автоматического проектирования цифровых схем с использованием методов искусственного интеллекта ПК-4.У.3 уметь разрабатывать простейшие математические и информационные модели и осуществлять моделирование особо сложных специальных технологических процессов, применяемых при изготовлении электронных изделий с использованием методов искусственного интеллекта
--	---	---

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Математика. Математический анализ»,
- «Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра»,
- «Основы теории сигналов»,

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Микропроцессорные информационно-измерительные системы»,
- «Производственная практика»

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№6	№7
1	2	3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	7/ 252	3/ 108	4/ 144
<b>Из них часов практической подготовки</b>	26	13	13
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	136	68	68
в том числе:			
лекции (Л), (час)	34	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	51	34	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	17		17
экзамен, (час)	63	27	36
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	53	13	40
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз., Экз.	Экз.	Экз.

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 6					
Раздел 1. Области применения методов и средств цифровой обработки сигналов (ЦОС) Тема 1.1. Общие сведения о ЦОС. Тема 1.2. Типовые задачи цифровой обработки сигналов в электронных системах. Тема 1.3. Элементы устройств ЦОС.	3	4	2	0	3
Раздел 2. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Тема 2.1. Математическое обоснование алгоритма БПФ Тема 2.2. Области применения БПФ	6	8	7		4
Раздел 3. Цифровые фильтры (ЦФ) Тема 3.1. Основные сведения о ЦФ Тема 3.2 Рекурсивный и нерекурсивный цифровые фильтры Тема 3.3. Методы расчета нерекурсивных фильтров.	8	22	8		6
Раздел 4.					
Раздел 5.					
Итого в семестре:	17	34	17		13
Семестр 7					
Раздел 4. Параметрические модели случайных процессов в цифровой обработке сигналов Тема 4.1. Параметрические модели случайных процессов. Тема 4.2. Авторегрессионное спектральное оценивание.	7	8	8	0	8
Раздел 5. Интерполяция и аппроксимация дискретных сигналов. Тема 5.1. Методы аппроксимации. Тема 5.2. Методы интерполяции.	6	4	4	0	8
Раздел 6. Применение вейвлетов в ЦОС Тема 6.1. Общие сведения о вейвлетах. Тема 6.2. Применение вейвлет-преобразований в ЦОС.	4	5	5	0	9
Выполнение курсовой работы				17	15
Итого в семестре:	17	17	17	17	40
Итого	34	51	34	17	53

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Раздел 1. Области применения методов и средств цифровой обработки сигналов. Тема 1.1. Общие сведения о цифровой обработке сигналов. Дискретизация аналоговых сигналов. Теорема отсчетов. Выборка. Представление дискретных сигналов в частотной области. Частотно-временная дуальность. Цифровая свертка. Тема 1.2. Типовые задачи цифровой обработки сигналов в электронных системах. Постановка задач фильтрации, обнаружения сигналов, оценивание параметров сигналов, распознавания образов. Методология их решения. Тема 1.3. Элементы устройств ЦОС. Особенности математического аппарата, применяемого при реализации алгоритмов ЦОС. Общие вопросы реализации алгоритмов ЦОС на ПЛИС. Аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи (АЦП и ЦАП)
2	Раздел 2. Быстрое преобразование Фурье и его применение. Тема 2.1. Математическое обоснование алгоритма быстрого преобразования Фурье. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его свойства. Прямое и обратное ДПФ. Математическое обоснование алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ).. Тема 2.2. Области применения быстрого преобразования Фурье. Спектральный анализ. Периодограмма. Проблема состоятельности периодограммной спектральной оценки. Явление спектральной "утечки". Оконные функции: косинусная, Хемминга, Ханна и др. Уровень боковых лепестков. Быстрые алгоритмы вычисления линейной свертки двух последовательностей.. Фильтрация сигналов в спектральном пространстве. Проблема пульсаций на краях обрабатываемой выборки. Принцип обнаружения гармонических сигналов в спектральном пространстве.
3	Раздел 3. Цифровые фильтры. Тема 3.1. Основные сведения о цифровых фильтрах. Частотные фильтры. Классификация по типу амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). Полосы пропускания и задерживания. Основные параметры фильтра: частоты среза, скорость затухания в переходной полосе. Требования к ФЧХ. Сравнение аналоговых и цифровых фильтров. Наложение спектров. "Антифантомный" фильтр в системе цифровой фильтрации. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры.

	<p>Импульсная и переходная характеристики цифровых фильтров. Фильтры с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтры) и с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры). Тема 3.2. Методы расчета рекурсивных фильтров. Расчет цифровых БИХ-фильтров по аналоговым фильтрам-прототипам. Семейства характеристик аналоговых фильтров Баттерворта, Чебышева, Бесселя (Томпсона). Сравнительный анализ семейств аналоговых фильтров: АЧХ и ФЧХ. Порядок аналогового и цифрового фильтра. Формулы дискретного интегрирования. Обобщенное билинейное преобразование. Преобразования частотных характеристик фильтров: преобразование типов, масштабирование характеристик фильтра-прототипа по частоте. Канонические формы представления ЦФ. Проблема устойчивости рекурсивных ЦФ высоких порядков. Проблема округления и ее проявления. Решение проблемы: расчет ЦФ в форме каскадной реализации с использованием ячеек низкого порядка. Тема 3.3. Методы расчета нерекурсивных фильтров. Примеры простых разностных уравнений: равнополосный, треугольный фильтры и др. Связь частотной и импульсной характеристики нерекурсивных ЦФ. Расчет КИХ-фильтров методом на основе дискретизации частотной характеристики. Случаи четного и нечетного порядка фильтра. Пульсации АЧХ. Применение весовых окон. Пример расчета фильтра с “идеальной” АЧХ. Расчет ЦФ методом частотной выборки. Сравнительный анализ цифровых БИХ- и КИХ-фильтров: вычислительная сложность алгоритма, устойчивость, накопление ошибок.</p>
4	<p>Раздел 4. Параметрические модели случайных процессов в цифровой обработке сигналов Тема 4.1. Параметрические модели случайных процессов. Параметрические модели случайных процессов: модель авторегрессии (АР), скользящего среднего (СС) и авторегрессии – скользящего среднего (АРСС). Порождающий процесс. Порядок модели. Вероятностные характеристики моделей. Спектральные характеристики АР-, СС- и АРСС-моделей случайного процесса. Формирующий фильтр. Оценивание параметров АР-модели по выборке случайного процесса. Уравнения Юла-Уолкера. Алгоритм Левинсона-Дарбина. Алгоритм Берга. Критерии выбора порядка параметрической модели: критерий Акаике, критерий максимума энтропии. Достоинства и недостатки способов представления процессов в форме АР- и СС-моделей. Тема 4.2. Авторегрессионное спектральное оценивание. Сравнительный анализ авторегрессионного и</p>

	периодограммного методов спектрального оценивания: вычислительная сложность, разрешающая способность по частоте.
5	<p>Раздел 5. Интерполяция и аппроксимация дискретных сигналов. Тема 5.1. Методы аппроксимации. Метод наименьших квадратов (МНК). Теоретические положения. Применение в задачах фильтрации, сглаживания и параметрической идентификации. Базисные функции. Базисы Фурье, полиномы Чебышева 1-го и 2-го рода, полиномы Лагранжа. Свойство ортогональности. Ортогональность с весом. Применение представления дискретных сигналов разложением по базисным функциям для решения задач фильтрации. Фильтр МНК. Оптимальные базис. Разложение Карунена-Лозва. Ортогонализация Грама-Шмидта. Тема 5.2. Методы интерполяции. Интерполяционные формулы Лагранжа, Ньютона. Проблемы вычислительной устойчивости. Интерполяция рядом Котельникова. Метод сплайн-интерполяции. Соотношения для квадратических и кубических сплайнов. Сплайны Безье и возможности их применения в ЦОС. Сплайны Эрмита и возможности их применения в ЦОС. Интерполяция с сохранением спектра дискретного сигнала. Восходящие дискретные системы (ВДС). Способы реализации интерполирующего фильтра нижних частот в ВДС.</p>
6	<p>Раздел 6. Применение вейвлетов в ЦОС. Тема 6.1. Общие сведения о вейвлетах. Определения. Свойства функций. Достоинства вейвлет-анализа сигналов. Сравнение с методологией скользящего оконного преобразования Фурье. Тема 6.2. Применение вейвлет-преобразований в ЦОС. Матричная резолюция вейвлет-преобразований. Преобразование Хаара. Вейвлеты Добеши в дискретном времени. Методология анализа характеристик сигналов с использованием вейвлетных спектров. Базисы вейвлетов. Фильтрация сигналов с использованием вейвлетных базисов. Технологии трешолдинга.</p>

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 6					



	Выбор АЦП с заданными характеристиками	Поиск и анализ информации	4	2	1
	Исследование метода цифрового спектрального анализа на основе БПФ	решение задач с применением ПК	4	2	2
	Исследование метода фильтрации сигналов в спектральном пространстве	решение задач с применением ПК	4	2	2
	Расчет характеристик ЦФ с заданным уравнением	решение задач с применением ПК	2	1	3
	Расчет нерекурсивного цифрового фильтра	решение задач с применением ПК	8	4	3
	Расчет рекурсивного цифрового фильтра	решение задач с применением ПК	8	4	3
	Представление ЦФ в канонической форме	решение задач с применением ПК	4	2	3
Семестр 7					
	Исследование метода цифрового спектрального анализа на основе авторегрессионного моделирования	решение задач с применением ПК	4	2	4
	Расчет параметров АР-модели процесса с заданными корреляционно-спектральными свойствами	решение задач с применением ПК	4	2	4
	Расчет цифрового сглаживающего фильтра на основе аппроксимации	решение задач с применением ПК	4	2	5
	Исследование методологии анализа сигналов на основе вейвлетных спектров	решение задач с применением ПК	5	2	6
Всего			51	25	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 6				
	Измерение параметров дискретизированных сигналов	2	1	1
	Спектральный анализ на основе БПФ	3	1	2
	Подавление квазигармонических помех на основе методологии фильтрации в спектральном пространстве	4	2	2
	Фильтрация зашумленной импульсной последовательности	4	2	3
	Исследование КИХ и БИХ фильтров	4	2	3
Семестр 7				
	Спектральный анализ на основе АР-моделирования	4	2	4
	Обнаружение разладки нестационарного случайного процесса	4	2	4
	Разработка микропроцессорного сглаживающего МНК-фильтра	4	2	5
	Вейвлет-анализ зашумленного нестационарного процесса	5	2	6
Всего		34	16	

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Цель курсовой работы:

Часов практической подготовки:

Примерные темы заданий на курсовую работу приведены в разделе 10 РПД.

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 6, час	Семестр 7, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	23	11	12
Курсовое проектирование (КП, КР)	15		15
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10	5	5
Домашнее задание (ДЗ)			

Контрольные работы заочников (КРЗ)			
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	5	2	3
Всего:	53	13	40

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.  
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.372 Ж 34	Цифровые фильтры частотной селекции: учебное пособие / О.О. Жаринов, И.О. Жаринов. - СПб: Изд-во ГУАП, 2019. – 77 с.	50
621.391 С32	Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / В.А. Сериков, В.Р. Луцив; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб: Изд-во ГУАП, 2014. - 110с.	50
621.391 В75	Цифровая обработка сигналов: учебник для ВПО /С.Н. Воробьев. - М.: Академия, 2013. - 320	14

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»  
Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	Электронно-библиотечная система «Лань»
<a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>	Научно-образовательный портал Znanium

8. Перечень информационных технологий  
8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.  
Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Мультимедийная лекционная аудитория	
3	Компьютерный класс	

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; Задачи; Тесты.
Выполнение курсовой работы	Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсовой работы по дисциплине.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
Семестр 6		
1	Дискретизация аналоговых сигналов. Теорема отсчетов.	ОПК-3.3.1 ПК-4.3.1
2	Представление дискретных сигналов в частотной области. Частотно-временная дуальность.	ОПК-3.3.1
3	Постановка задач фильтрации, обнаружения, оценивание параметров сигналов, распознавания образов. Методология их решения.	ОПК-2.У.2 ОПК-2.У.5 ПК-4.3.1
4	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его свойства.	ОПК-3.3.1
5	Алгоритмы БПФ с прореживанием по времени и частоте.	ОПК-3.3.1
6	Алгоритм скользящего БПФ.	ОПК-3.3.1
7	Аппаратная и программная формы реализации алгоритмов БПФ.	ОПК-3.3.1
8	Спектральный анализ. Периодограммный метод.	ОПК-2.У.2

	Оконные функции.	ОПК-2.У.5
9	Быстрые алгоритмы вычисления линейной свертки двух последовательностей	ОПК-3.3.1
10	Фильтрация сигналов в спектральном пространстве.	ОПК-2.У.2 ОПК-2.У.5
11	Основные сведения о цифровых фильтрах и их характеристиках.	ОПК-2.У.2 ПК-4.3.1
12	Обобщенная схема системы ЦОС. "Антифантомный" фильтр в системе цифровой фильтрации.	ОПК-3.3.1
13	Импульсная и переходная характеристики цифровых фильтров.	ОПК-2.У.5
14	Расчет КИХ-фильтров методом дискретизации частотной характеристики	ОПК-1.В.1 ПК-4.У.1
15	Расчет КИХ-фильтров методом частотной выборки.	ОПК-1.В.1 ПК-4.У.1
16	Каскадная реализация цифровых фильтров.	ОПК-2.У.2
17	Сравнительный анализ цифровых БИХ- и КИХ-фильтров	ОПК-3.3.1
18	Семейства характеристик аналоговых фильтров-прототипов Баттерворта, Чебышева, Бесселя (Томпсона).	ОПК-1.В.1
19	Расчет рекурсивных цифровых фильтров с использованием формул дискретного интегрирования. Билинейное преобразование	ОПК-2.У.2 ПК-4.У.1
20	Линейные цифровые фильтры: расчет рекурсивных фильтров методом обобщенного билинейного преобразования. Пример расчета цифрового ФНЧ.	ОПК-2.У.5
21	Характеристики АЦП и ЦАП в системах цифровой обработки сигналов. Выбор параметров дискретизации сигналов	ОПК-3.3.1
22	Линейные цифровые фильтры: расчет рекурсивных фильтров методом обобщенного билинейного преобразования. Пример расчета цифрового ПФ.	ОПК-1.В.1
23	Рекурсивные фильтры высоких порядков. Расчет методом каскадирования ячеек низких порядков. Пример	ОПК-1.В.1
24	Рекурсивные фильтры. Канонические формы реализации. Пример	ОПК-2.У.5 ПК-4.У.1 ПК-4.У.3
Семестр 7		
1	Характеристики дискретных случайных процессов, формируемых при помощи линейных динамических моделей.	ОПК-2.У.2 ПК-4.3.1
2	Оценивание параметров АР-модели по выборке. Метод Юла-Уолкера	ОПК-2.У.5
3	Критерии выбора порядка авторегрессионной модели	ОПК-2.У.2
4	Спектральное оценивание на основе авторегрессионного моделирования	ОПК-2.У.5
5	Классификация случайных процессов на основе авторегрессионного представления.	ОПК-2.У.2
6	Сегментация нестационарных случайных процессов. Обнаружение разладки процесса.	ОПК-2.У.2 ОПК-2.У.5

7	Задачи интерполяции и аппроксимации. Методология решения.	ОПК-2.У.2
8	Метод наименьших квадратов. Способы применения в ЦОС.	ОПК-2.У.5 ПК-4.3.1
9	Сглаживающие фильтры на основе аппроксимации	ОПК-2.У.5
10	Базисные функции, разновидности, свойства.	ОПК-3.3.1
11	Сглаживающий цифровой МНК-фильтр	ОПК-2.У.5 ПК-4.3.1 ПК-4.У.1
12	Разложение Карунена-Лоэва для сигналов в дискретном времени	ОПК-3.3.1
13	Методы сплайн-интерполяции. Кубический сплайн	ОПК-3.3.1
14	Сплаины Безье и варианты их применения в ЦОС	ОПК-2.У.5
15	Интерполяция рядом Котельникова	ОПК-2.У.5
16	Интерполяция с сохранением спектра дискретного сигнала с использованием восходящих дискретных систем	ОПК-2.У.5
17	Интерполяция сплайнами Эрмита	ОПК-3.3.1
18	Применение вейвлетов в ЦОС	ОПК-2.У.2
19	Преобразование Хаара	ОПК-3.3.1
20	Вейвлеты Добеши в дискретном времени	ОПК-3.3.1
21	Оценивание параметров АР-модели по выборке. Метод Берга	ОПК-2.У.2
22	Моделирование случайных процессов с заданными корреляционно-спектральными свойствами	ОПК-2.У.2 ПК-4.У.1
23	Методология анализа свойств сигналов по их вейвлет-спектров	ОПК-2.У.2 ПК-4.У.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Расчет КИХ, БИХ фильтров по вариантам

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
<b>Какое из перечисленных действий является ключевым этапом в построении математической модели электронного устройства?</b> <b>(Выберите один правильный ответ)</b>		
1	Что такое дискретизация в цифровой обработке сигналов?	ОПК-1

	a) Процесс изменения амплитуды сигнала b) Процесс преобразования непрерывного сигнала в дискретный c) Процесс фильтрации сигнала d) Процесс увеличения частоты сигнала	
2	Какой метод используется для восстановления непрерывного сигнала из дискретного? a) Дискредитация b) Интерполяция c) Сэмплирование d) Фильтрация	ОПК-3
3	Что такое квантование? a) Процесс уменьшения частоты сигнала b) Процесс округления значений амплитуды сигнала до ближайших уровней c) Процесс удаления шумов из сигнала d) Процесс изменения фазы сигнала	ПК-4
4	Какой закон связывает частоту дискретизации с максимальной частотой сигнала? a) Закон Найквиста b) Закон Шеннона c) Закон Планка d) Закон Гейзенберга	ОПК-2
<b>Какие из перечисленных инструментов обычно применяются для компьютерного моделирования электронных средств?</b> <i>(Выберите один или несколько правильных ответов)</i>		
1	<b>Какой из следующих алгоритмов используется для преобразования Фурье в цифровой обработке сигналов?</b> a) Быстрое преобразование Фурье (БПФ) b) Прямое преобразование Фурье (ППФ) c) Гауссовское преобразование d) Лапласовское преобразование	ОПК-1
2	<b>Что такое оконная функция в цифровой обработке сигналов?</b> a) Операция, применяемая для создания виртуальных окон b) Метод, который уменьшает утечку спектра при преобразовании c) Способ повышения частоты дискретизации d) Функция для автоматического управления объемом данных	ОПК-2
3	<b>Что такое интерполяция в контексте цифровой обработки сигналов?</b> a) Процесс удаления лишних данных b) Процесс уменьшения качества сигнала c) Процесс увеличения разрешения сигнала d) Процесс объединения сигналов	ОПК-3
4	<b>Какой алгоритм способен эффективно уменьшать шум в цифровом сигнале?</b> a) Алгоритм Гауссовской фильтрации b) Алгоритм сжатия данных c) Идентификация мультиколлинеарности d) Алгоритм синтеза формул	ПК-4
<b>Расположите этапы построения математической модели в правильной последовательности/ (Расположить в правильной последовательности)</b>		
1	Расположите этапы проектирования КИХ-фильтра методом окон в правильной последовательности:	ОПК-2



	a) Выбор типа оконной функции b) Расчет идеальной импульсной характеристики c) Умножение на оконную функцию d) Анализ получившейся АЧХ	
2	Расположите этапы дискретизации аналогового сигнала в правильной последовательности: a) Применение антиалиасного фильтра b) Квантование амплитуд c) Выбор частоты дискретизации d) Восстановление сигнала	ОПК-1
3	Расположите этапы выполнения БПФ в правильной последовательности: a) Разбиение последовательности на четные/нечетные b) Вычисление ДПФ для последовательностей c) Объединение результатов d) Бит-реверсивная перестановка	ОПК-3
4	Расположите этапы цифровой модуляции в правильной последовательности: a) Формирование символов b) Импульсная модуляция c) Цифровая фильтрация d) Преобразование в аналоговый сигнал	ПК-4

**Установите соответствие между действиями и их типами**  
**(Вопрос на установление соответствия)**

1	алиасинг в контексте цифровой обработки сигналов	недостаточная частота дискретизации	ОПК-2
	преобразование Фурье	алгоритм для сжатия данных	
	оконная функция	временная обработка сигналов	
2	адаптивная фильтрация	изменение параметров в реальном времени	ОПК-1
	цифровая фильтрация	применение фильтров к цифровым сигналам	
	метод фильтрации сигналов	фильтрация по частоте	
3	наложение спектров (алиасинг)	использование антиалиасного фильтра	ОПК-3
	фильтрация	удаление частотных составляющих	
	цифровой сигнал	последовательность чисел с конечной разрядностью	
5	вейвлет-преобразование	частотно-временной анализ нестационарных сигналов	ПК-4
	анализ частотных характеристик дискретных систем	Z-преобразование	
	понижение частоты дискретизации	каскадная фильтрация с полифазной структурой	

**Опишите основные этапы построения физической модели электронного средства.**  
**(Вопрос с открытым ответом)**

1	Опишите этапы синтеза БИХ-фильтра	ОПК-3
2	Опишите этапы адаптивной фильтрации	ПК-4
3	Приведите этапы вейвлет-анализа	ОПК-2

4	Приведите этапы выполнения алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ) с прореживанием по времени	ОПК-1
---	---	-------

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- Анализ проблемной ситуации. Постановка задач.
- Анализ методологических приемов решения поставленных задач.
- Рассмотрение решений поставленных задач на конкретных примерах.
- Анализ типовых ошибок, возникающих при решении аналогичных задач с другими исходными данными.
- Выводы и рекомендации по использованию рассмотренных методов.

– Ответы на вопросы слушателей.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах  
Не предусмотрено

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Предусматривается, что практические занятия проводятся после чтения лекций, дающих теоретические основы для их выполнения.

Допускается выполнение практических занятий до прочтения лекций с целью облегчения изучения теоретического материала при наличии описаний работ, включающих необходимые сведения или ссылки на конкретные учебные издания, содержащие эти сведения.

Последовательность проведения практического занятия составляют: вводная часть, основная и заключительная. Вводная часть обеспечивает подготовку студентов к выполнению задания на занятии. В нее входят: формулировка темы, цели и задач занятия, обоснование его значимости в профессиональной подготовке студентов; изложение теоретических основ работы; характеристика состава и особенностей заданий работы и объяснение методов (способов, приемов) их выполнения; характеристика требований к результату работы; проверка готовности студентов выполнять задания.

Основная часть предполагает самостоятельное выполнение заданий студентами. Она может сопровождаться разъяснениями по ходу работы, устранением трудностей при выполнении работы, текущим контролем и оценкой результатов отдельных студентов, ответами на вопросы студентов. Возможно пробное выполнение задания(ий) под руководством преподавателя. Заключительная часть содержит: подведение общих итогов занятия; оценку результатов работы отдельных студентов; ответы на вопросы студентов; выдачу рекомендаций по устранению пробелов в системе знаний и умений студентов, по улучшению результатов работы; изложение сведений о подготовке к выполнению следующей работы

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задание и требования к проведению лабораторных работ

Учебно-методические материалы для проведения лабораторных занятий утверждаются на заседании кафедры и выкладываются преподавателем в начале семестра в систему LMS и в личный кабинет студента

### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие обязательные компоненты:

1. Титульный лист установленного образца.
2. Цель работы.
3. Вариант задания с подробным описанием.
4. Основные теоретические сведения.
5. Пример выполнения задания (с приведением текстов программ и результатов работы при необходимости).
6. Выводы по работе.

### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Требования к оформлению отчета приведены в соответствующем разделе «Нормативная документация» на официальном сайте Государственного университета аэрокосмического приборостроения

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

- систематизировать и закрепить полученные теоретические знания и практические умения в соответствии с требованиями к уровню подготовки, установленными программой дисциплины “Методы и устройства цифровой обработки сигналов”, программой подготовки специалиста соответствующего уровня, квалификации;
- применить полученные знания, умения и практический опыт при решении комплексных задач, в соответствии с основными видами профессиональной деятельности по направлению;
- углубить теоретические знания в соответствии с заданной темой;
- сформировать умения применять теоретические знания при решении нестандартных задач;
- приобрести опыт аналитической, расчётной, конструкторской работы и сформировать соответствующие умения;
- сформировать умения работы со специальной литературой, справочной, нормативной и правовой документацией и иными информационными источниками;
- сформировать умения формулировать логически обоснованные выводы, предложения и рекомендации по результатам выполнения работы;
- развить профессиональную письменную и устную речь обучающегося;
- развить системное мышление, творческую инициативу, самостоятельность, организованность и ответственность за принимаемые решения;
- сформировать навыки планомерной регулярной работы над решением поставленных задач.

Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы

При выполнении курсовой работы рекомендуется придерживаться следующей последовательности:

- проводится анализ задания на курсовое проектирование и определяется порядок расчета цифрового фильтра, - разрабатывается алгоритм работы цифрового фильтра,
- анализируются частотные характеристики разработанного фильтра,

- оцениваются требования к вычислительному ядру для аппаратной реализации фильтра,
- разрабатывается схема аппаратной части микропроцессорного ЦФ,
- разрабатывается программа для микропроцессора, реализующая алгоритм работы фильтра и взаимодействие со средствами ввода-вывода аналоговых сигналов,
- производится моделирование разработанного микропроцессорного фильтра и анализируется соответствие его характеристик данным технического задания.

Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

В пояснительной записке необходимо представить следующие разделы:

- введение - 1 стр.,
- теоретические сведения о цифровых фильтрах - 3-4 стр.,
- порядок расчета фильтра в соответствии с заданием - 3-5 стр.,
- описание характеристик фильтра во временной и частотной области - 3-4 стр.,
- оценка требований к характеристикам вычислителя – 1 стр.,
- разработка схемы аппаратной части микропроцессорного ЦФ – 3 -6 стр., - разработка программы для микропроцессора – 2-3 стр.,
- моделирование разработанного микропроцессорного фильтра 2-3 стр.
- список использованной литературы - 1 стр.
- Приложение: Текст программы для микропроцессора.

Для проведения занятий по курсовой работе можно также рекомендовать следующие учебно-методические издания:

1) Построение систем на микроконтроллерах: методические указания к курсовому проектированию / сост.: Н.М. Иванов, В.М. Прохоров. - СПб.: Изд-во ГУАП, 2012. - 20 с. [Библиотечный шифр 004 П63]

2) Проектирование устройств цифровой обработки сигналов: [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. И. Зиятдинов, Ю.В. Соколова; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб: Изд-во ГУАП, 2018. - 115 с. - Систем. требования: ACROBAT READER 5.X. - Загл. с титул. экрана. - ISBN 978-5-8088-1340-3

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Может быть применена также рейтинговая система оценивания по следующей шкале соответствия:

- от 0 до 54 баллов – “неудовлетворительно”;
- от 55 до 69 баллов – “удовлетворительно”;
- от 70 до 84 баллов – “хорошо”;
- 85 баллов и более – “отлично”

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой