

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

Кафедра № 22

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

Ю.В. Бакшеева

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«24» июня 2024 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

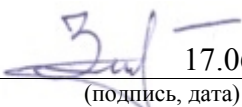
«Цифровая обработка сигналов»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Радиотехника
Наименование направленности	Радиотехнические технологии и аппаратный интерфейс нейронных сетей
Форма обучения	очная
Год приема	2024

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

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

 17.06.2024  
(подпись, дата)

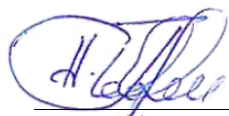
А.Ю.Зилинберг  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 22

17 июня 2024 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой № 22


к.т.н., доц.  
(уч. степень, звание)

 17.06.2024  
(подпись, дата)

Н.В. Поваренкин  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

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

 17.06.2024  
(подпись, дата)

Н.В. Марковская  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 11.03.01 «Радиотехника» направленности «Радиотехнические технологии и аппаратный интерфейс нейронных сетей». Дисциплина реализуется кафедрой «№22».

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-5 «Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами фундаментальной теории цифровой обработки сигналов в части базовых методов и алгоритмов, инвариантных относительно физической природы сигнала; усвоение принципов математического описания линейных дискретных систем и дискретных сигналов, включая дискретное и быстрое преобразование Фурье, изучение основных этапов проектирования цифровых фильтров.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студента

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Цели преподавания дисциплины «Цифровая обработка сигналов» - изучение основ цифровой обработки сигналов, основных алгоритмов ЦОС, ознакомление студентов с основами теории дискретных сигналов и систем, методами цифровой фильтрации и спектрального анализа, алгоритмами синтеза дискретных фильтров, эффектами квантования и конечной точности вычислений.

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-1.3.1 знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы ОПК-1.У.1 уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-5 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-5.У.1 уметь разрабатывать алгоритмы цифровой обработки сигналов и данных для решения практических задач, в том числе с использованием интеллектуальных технологий

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- Математика. Математический анализ,
- Радиотехнические цепи и сигналы.

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

- Микропроцессоры, устройства и программирование,
- Основы искусственного интеллекта в радиотехнических системах и др.

## 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
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	4/ 144	4/ 144
<b>Из них часов практической подготовки</b>		
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	68	68
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	27	27
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	49	49
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 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.	3		3		7
Раздел 2.	3	2	3		8
Раздел 3.	3	3	18		10
Раздел 4.	4	6	6		12
Раздел 5.	4	6	4		12
Итого в семестре:	17	17	34		49
Итого	17	17	34	0	49

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	<b>Раздел 1. ЦОС и области ее применения.</b> Тема 1.1. ЦОС: краткая история и области применения (телекоммуникация, аудиотехника, радиолокация и

	<p>гидролокация, обработка изображений).</p> <p>Тема 1.2. Дискретные последовательности и системы. Дискретные линейные инвариантные во времени системы.</p>
2	<p><b>Раздел 2. Дискретизация аналоговых сигналов</b></p> <p>Тема 2.1. Дискретизация низкочастотных сигналов, Тема 2.2. Дискретизация полосовых сигналов.</p>
3	<p><b>Раздел 3. Цифровой спектральный анализ сигналов.</b></p> <p>Тема 3.1. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Свойства ДПФ.</p> <p>Тема 3.2. «Утечка» ДПФ (эффекта Гиббса). Использование окон при спектральном анализе. Дополнение нулями при ДПФ. Примеры использования ДПФ.</p> <p>Тема 3.3. История появления БПФ. Связь БПФ с ДПФ. Алгоритм БПФ по основанию 2. Бит-реверсивная перестановка входных и выходных данных БПФ.</p> <p>Тема 3.4. Корреляционный анализ. Спектральная функция детерминированных сигналов и спектральная плотность мощности случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Оценка спектральных плотностей методами коррелограмм и периодограмм.</p>
4	<p><b>Раздел 4. Цифровые фильтры с импульсной характеристикой конечной длины (КИХ-фильтры)</b></p> <p>Тема 4.1. Введение в КИХ-фильтры. Элементарные свойства КИХ-фильтров. ФЧХ КИХ-фильтров.</p> <p>Тема 4.2. Методы синтеза КИХ-фильтров: метод весовых окон. Проектирование полосовых КИХ-фильтров и КИХ-фильтров верхних частот.</p> <p>Тема 4.3. Методы синтеза КИХ-фильтров: проектирование КИХ-фильтров методом замен Ремеза.</p>
5	<p><b>Раздел 5. Цифровые фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины (БИХ-фильтры)</b></p> <p>Тема 5.1. Введение в БИХ-фильтры. Преобразование Лапласа. Z-преобразование. Элементарные свойства БИХ-фильтров.</p> <p>Тема 5.2. Метод инвариантности импульсной характеристики.</p> <p>Тема 5.3. Метод проектирования БИХ-фильтра с помощью билинейного преобразования.</p> <p>Тема 5.4. Автоматическое проектирование БИХ-фильтров.</p> <p>Тема 5.5. Улучшение БИХ-фильтров с помощью каскадных структур.</p> <p>Тема 5.6. Сравнение КИХ и БИХ фильтров.</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					
1	Дискретизация аналогового сигнала	Решение задач	2	1	2.1
2	Дискретное преобразование Фурье	Решение задач	3	1	3.1
3	Свертка и корреляция	Решение задач	3	1	4.1
4	Z-преобразование	Решение задач	3	1	5.1
5	КИХ-фильтр	Решение задач	3	1	4.2
6	БИХ-фильтр	Решение задач	3	1	5.2, 5.3
Всего			17		

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ /п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 6			
1.	Дискретизация аналоговых сигналов	8	2,3
2.	Исследование линейных дискретных систем	10	1,4,5
3.	Автоматическое проектирование цифровых фильтров	8	4,5
4.	Исследование работы VAD-алгоритма	8	4
Всего:		34	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы  
Учебным планом не предусмотрено

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
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	40	40
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	9	9
Всего:	49	49

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	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.391 С32	Цифровая обработка сигналов [Текст] : учебное пособие / А. Б. Сергиенко. - М. и др. : Питер, 2003. - 603 с. : граф., ил. - (Учебник для вузов).	123
621.391 С 32	Цифровая обработка сигналов [Текст] : учебное пособие / А. Б. Сергиенко. - 3-е изд. - СПб. : БХВ - Петербург, 2015	3
6Ф2.01.391.4 Р12	Теория и применение цифровой обработки сигналов [Текст] / Л. Р. Рабинер, Б. Гоулд. - М. : Мир, 1978.	11
004 М77	Основы цифровой обработки сигналов: дискретные сигналы и цифровые фильтры : учебное пособие / А.А. Монаков ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2008. - 111 с.	66
621.396.9(ГУАП) М 77	Основы математического моделирования радиотехнических систем : учебное пособие / А. А. Монаков ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. :	57



	Изд-во ГУАП, 2005. - 100 с.	
	Магазинникова, А. Л. Основы цифровой обработки сигналов : учебное пособие / А. Л. Магазинникова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 132 с. — ISBN 978-5-8114-2175-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/76274">https://e.lanbook.com/book/76274</a>	

## 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="http://www.dspsa.ru/">http://www.dspsa.ru/</a>	Научно-технический журнал "Цифровая обработка сигналов"

## 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 таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	22-06, 22-08

--	--	--

## 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.

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	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <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> </ul>

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	– не формулирует выводов и обобщений.

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
1.	Цифровая обработка сигналов. Обобщенная схема цифровой обработки аналоговых сигналов.	ОПК-1.3.1
2.	Основные направления ЦОС. Особенности реализации алгоритмов ЦОС .	ОПК-1.3.1
3.	Области применения ЦОС: применение ЦОС для записи и воспроизведения звука.	ОПК-1.3.1
4.	Области применения ЦОС: применение ЦОС в телекоммуникации и биомедицине.	ОПК-1.3.1
5.	Дискретные линейные инвариантные во времени системы	ОПК-1.У.1
6.	Дискретизация низкочастотных сигналов	ОПК-1.У.1
7.	Дискретизация полосовых сигналов	ОПК-1.У.1
8.	Ряд Фурье. Преобразование Фурье.	ОПК-1.3.1
9.	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Обратное ДПФ.	ОПК-1.3.1
10.	Свойства ДПФ. Вычислительная сложность ДПФ.	ОПК-1.У.1
11.	«Утечка» ДПФ (эффект «растекания» амплитудного спектра, эффекта Гиббса).	ОПК-1.У.1
12.	Использование окон при реализации ДПФ	ОПК-1.У.1
13.	Разрешающая способность ДПФ, дополнение нулями и дискретизация в частотной области	ОПК-5.У.1
14.	Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) с децимацией во временной области.	ОПК-5.У.1
15.	Алгоритм БПФ по основанию 2	ОПК-5.У.1
16.	Основные сведения о КИХ-фильтрах	ОПК-1.3.1
17.	Свертка в КИХ-фильтрах	ОПК-5.У.1
18.	Проектирование КИХ-фильтра методом весовых окон	ОПК-5.У.1
19.	Проектирование КИХ-фильтров методом замен Ремеза	ОПК-5.У.1
20.	Основные сведения о БИХ-фильтрах	ОПК-1.3.1
21.	Преобразование Лапласа. z-преобразование	ОПК-1.3.1
22.	Метод инвариантного преобразования импульсной характеристики	ОПК-5.У.1
23.	Метод проектирования БИХ-фильтров с помощью билинейного преобразования	ОПК-5.У.1
24.	Автоматическое проектирование БИХ-фильтров	ОПК-5.У.1
25.	Эффекты в цифровых фильтрах, вызванные конечной разрядностью чисел.	ОПК-5.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
	Учебным планом не предусмотрено

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																												
1	<p>Дайте определение понятию <b>цифровой сигнал</b>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Сигнал, квантованный только по уровню,</li> <li>2) Сигнал дискретный по времени и квантованный по уровню,</li> <li>3) Сигнал на выходе ЦАП.</li> <li>4) Сигнал дискретный только по времени.</li> </ol> <p><b>Ответ: 2</b></p>	ОПК-1																												
2	<p>Укажите, на какие два класса можно разделить цифровые фильтры. Обоснуйте выбор ответов</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. КИХ</li> <li>2. СТИХ</li> <li>3. БИХ</li> <li>4. ЦИХ</li> <li>5. ДИХ</li> </ol> <p><b>Ответ: 1 и 3.</b></p> <p><b>Обоснование:</b> Цифровые фильтры можно разделить на два класса с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр) и бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтр).</p>	ОПК-1																												
3	<p>Соотнесите название окна и его математическое описание.</p> <p><b>К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Название окна</th> <th colspan="2">Математическое описание окна</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 5%;">А</td> <td style="width: 40%;">Прямоугольное окно</td> <td style="width: 5%;">1</td> <td style="width: 50%;"><math>w(n)=1, n=1,2,\dots,N-1</math></td> </tr> <tr> <td>Б</td> <td>Треугольное окно</td> <td>2</td> <td><math>w(n)=0,5-0,5\cos(2\pi n/(N-1)), n=1,2,\dots,N-1</math></td> </tr> <tr> <td>В</td> <td>Окно Хэмминга</td> <td>3</td> <td><math>w(n)=n/(N/2), n=1,2,\dots,N/2</math> <math>w(n)=2-n/(N/2), n= N/2+1, N/2+2,\dots,N-1</math></td> </tr> <tr> <td>Г</td> <td>Окно (фон) Ханна</td> <td>4</td> <td><math>w(n)=0,54-0,46\cos(2\pi n/(N-1)), n=1,2,\dots,N-1</math></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Ответ:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">А</td> <td style="width: 25%;">Б</td> <td style="width: 25%;">В</td> <td style="width: 25%;">Г</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> </table>	Название окна		Математическое описание окна		А	Прямоугольное окно	1	$w(n)=1, n=1,2,\dots,N-1$	Б	Треугольное окно	2	$w(n)=0,5-0,5\cos(2\pi n/(N-1)), n=1,2,\dots,N-1$	В	Окно Хэмминга	3	$w(n)=n/(N/2), n=1,2,\dots,N/2$ $w(n)=2-n/(N/2), n= N/2+1, N/2+2,\dots,N-1$	Г	Окно (фон) Ханна	4	$w(n)=0,54-0,46\cos(2\pi n/(N-1)), n=1,2,\dots,N-1$	А	Б	В	Г	1	3	4	2	ОПК-1
Название окна		Математическое описание окна																												
А	Прямоугольное окно	1	$w(n)=1, n=1,2,\dots,N-1$																											
Б	Треугольное окно	2	$w(n)=0,5-0,5\cos(2\pi n/(N-1)), n=1,2,\dots,N-1$																											
В	Окно Хэмминга	3	$w(n)=n/(N/2), n=1,2,\dots,N/2$ $w(n)=2-n/(N/2), n= N/2+1, N/2+2,\dots,N-1$																											
Г	Окно (фон) Ханна	4	$w(n)=0,54-0,46\cos(2\pi n/(N-1)), n=1,2,\dots,N-1$																											
А	Б	В	Г																											
1	3	4	2																											

4	<p>Расположите в правильном порядке этапы обработки сигнала в обобщенной схеме ЦОС:</p> <p>A – АЦП,  G – Аналоговый фильтр низких частот  O – Устройство ЦОС (вычислитель)  Q – Сглаживающий фильтр  M - ЦАП</p> <p><b>Запишите соответствующую последовательность букв слева направо</b>  <b>Ответ:</b> GAOMQ</p>	ОПК-1
5	<p>Раскройте основное отличие структуры БИХ-фильтра от КИХ-фильтра.</p> <p><b>Ответ:</b> Структура БИХ-фильтра содержит в отличие от КИХ-фильтра цепь обратной связи.</p>	ОПК-1
6	<p>Определите частоту дискретизации для аналогового сигнала с верхней частотой спектра 4кГц. Обоснуйте выбор ответа</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 2кГц</li> <li>2) 8кГц</li> <li>3) 16кГц</li> <li>4) 4кГц</li> </ol> <p><b>Ответ:</b> 2  <b>Обоснование:</b> Частота дискретизации в соответствии с теоремой Котельникова-Найквиста должна быть больше или равна удвоенной верхней частоте сигнала.</p>	ОПК-5
7	<p>В результате использования ДПФ (Дискретного Преобразования Фурье) получен комплексный спектр аудиосигнала. Выберите варианты графиков, которые позволяют проанализировать его спектральные особенности сигнала.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. частотный спектр</li> <li>2. амплитудный спектр</li> <li>3. цветовой спектр</li> <li>4. фазовый спектр</li> <li>5. оптический спектр</li> </ol> <p><b>Ответ:</b> 2 и 4.  <b>Обоснование:</b> Амплитудный и фазовый спектр используются при анализе спектральных особенностей сигналов, т.к. получаются через модуль и арктангенс комплексной функции, полученной на выходе ДПФ.</p>	ОПК-1

8	<p>Соотнесите значения номера частотного канала (гармоника ДПФ) и его значения в Гц для первых четырех гармоник при частоте дискретизации 8кГц и 8-точечном ДПФ.</p> <p><b>К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце:</b></p> <table border="1" data-bbox="349 338 695 680"> <thead> <tr> <th colspan="2">Частота в Гц</th> <th colspan="2">Номер</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>А</td> <td>3кГц</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Б</td> <td>2кГц</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>В</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Г</td> <td>1кГц</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами</p> <p><b>Ответ:</b></p> <table border="1" data-bbox="349 757 1219 835"> <tr> <td>А</td> <td>Б</td> <td>В</td> <td>Г</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>1</td> </tr> </table>	Частота в Гц		Номер		А	3кГц	1	1	Б	2кГц	2	2	В	0	3	0	Г	1кГц	4	3	А	Б	В	Г	4	2	3	1	ОПК-5
Частота в Гц		Номер																												
А	3кГц	1	1																											
Б	2кГц	2	2																											
В	0	3	0																											
Г	1кГц	4	3																											
А	Б	В	Г																											
4	2	3	1																											
9	<p>Расположите в правильном порядке этапы проектирования БИХ-фильтра методом инвариантной импульсной характеристики.</p> <p>G – Определение импульсной характеристики фильтра-прототипа.</p> <p>M – Определение частоты и периода дискретизации</p> <p>N - Проектирование аналогового фильтра-прототипа с требуемой АЧХ</p> <p>Q – По полученной передаточной характеристики запись разностного уравнения</p> <p>R – Подстановка периода дискретизации в выражение передаточной характеристики</p> <p>S – z-преобразование импульсной характеристики фильтра-прототипа и получение передаточной характеристики</p> <p><b>Запишите соответствующую последовательность букв слева направо</b></p> <p><b>Ответ:</b> NGMSRQ</p>	ОПК-5																												
10	<p>Укажите отличие между ФЧХ КИХ и БИХ фильтра.</p> <p><b>Ответ:</b> ФЧХ КИХ фильтра имеет всегда линейный характер, а ФЧХ БИХ фильтра нелинейная функция.</p>	ОПК-5																												

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:

- чтение лекций

### 11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

#### Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

– обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий

Основные теоретические сведения необходимые для решения задач изложены в:

004.М77(ГУАП) Основы цифровой обработки сигналов: дискретные сигналы и цифровые фильтры : учебное пособие / А. А. Монаков ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2008. - 111 с. : рис. - Библиогр.: с. 111 (9 назв.).

11.3. 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

– изложены в методических указаниях:

621.396.9(ГУАП) М 77 Основы математического моделирования радиотехнических систем: учебное пособие/А. А. Монаков ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2005. - 100 с. : рис. - Библиогр.: с. 96 - 97 (24 назв.).

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

В соответствии с требованиями в методических указаниях.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Оформлению отчета о лабораторной работе производится с учетом требований ГОСТ 7.32-2017. (<https://guap.ru/regdocs/docs/uch>).

11.4. 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;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).
- Основы цифровой обработки сигналов: дискретные сигналы и цифровые фильтры: учебное пособие / А. А. Монаков ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2008. - 111 с.
- основная литература (см. Таблицу 8).

11.5. 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.

Текущий контроль осуществляется путем письменного опроса студентов после окончания изложения очередного раздела дисциплины. Результаты текущего контроля успеваемости учитываются на промежуточной аттестации как дополнительный критерий формирования итоговой аттестационной оценки.

11.6. 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».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

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