

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

Кафедра № 24

УТВЕРЖДАЮ  
 Руководитель направления

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

О.В. Тихоненкова \_\_\_\_\_  
 (инициалы, фамилия)

« 07 » июня 2023 г.  
 (подпись)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровая обработка сигналов»  
 (Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.05.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Радиоэлектронные системы и комплексы
Наименование направленности	Радиоэлектронные системы передачи информации
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2023

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

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

\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

С.И. Малинин  
 (инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 24

« 07 » июня 2023 г, протокол № 5/23

Заведующий кафедрой № 24

к.т.н.  
 (уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

О.В. Тихоненкова  
 (инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 11.05.01(02)

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

\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

К.Н. Тимофеев  
 (инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

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

\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

О.Л. Балышева  
 (инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» направленности «Радиоэлектронные системы передачи информации». Дисциплина реализуется кафедрой «№24».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-1 «Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий»

ОПК-2 «Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения»

ОПК-4 «Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных»

ОПК-7 «Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности»

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, 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 «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
Универсальные компетенции	УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.В.2 владеть навыками использования алгоритмов и цифровых средств, предназначенных для анализа информации и данных
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения	ОПК-2.3.1 знать профильные разделы математических и естественнонаучных дисциплин ОПК-2.У.1 уметь применять методы решения задач профессиональной деятельности с применением соответствующего физико-математического аппарата
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных	ОПК-4.В.1 владеть способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-7 Способен понимать принципы работы	ОПК-7.3.1 знать перспективные методы информационных технологий и искусственного интеллекта,

	современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	направленных на разработку новых научно-технических решений ОПК-7.У.1 уметь применять современные информационные технологии и перспективные методы искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности
--	---	---

## 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»,
- «Цифровые устройства и микропроцессоры».

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

- «Радиолокационные системы и комплексы»,
- «Радиоэлектронные системы передачи информации»,
- «Математическое и компьютерное моделирование объектов и процессов радиоэлектронных систем».

## 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
		№7
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)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	40	40
<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 7					
Раздел 1.	4		6		
Раздел 2.	6		6		
Раздел 3.	8		6		
Раздел 4.	8		8		
Раздел 5.	8		8		
Итого в семестре:	34		34		40
Итого	34	0	34	0	40

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	<p><b>Раздел 1. ЦОС и области ее применения.</b></p> <p>Тема 1.1. ЦОС: краткая история и области применения (телекоммуникация, аудиотехника, радиолокация и 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,</p> <p>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
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

#### 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 7				
1.	Дискретизация аналоговых сигналов	10	2	2,3
2.	Исследование линейных дискретных систем	8	2	1,4,5

3.	Автоматическое проектирование цифровых фильтров в среде MatLab. (проектирование КИХ-фильтра)	8	2	4,5
4.	Автоматическое проектирование цифровых фильтров в среде MatLab. (проектирование БИХ-фильтра)	8	2	4,5
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 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	30	30
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	2	2
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	8	8
Всего:	40	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	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 радио-технических систем : учебное пособие / А. А. Монаков ; С - Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2005. - 100 с.	58
	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.dsps.ru/">http://www.dsps.ru/</a>	Сайт научно-технического журнала "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	
2	Специализированная лаборатория «Компьютерный класс»	14-33

#### 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; Список вопросов для Теста.

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»	– 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; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	<ul style="list-style-type: none"> <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
1.	Цифровая обработка сигналов. Обобщенная схема цифровой обработки аналоговых сигналов.	УК-1.В.2
2.	Основные направления ЦОС. Особенности реализации алгоритмов ЦОС.	ОПК-7.3.1
3.	Области применения ЦОС: применение ЦОС для записи и воспроизведения звука.	ОПК-7.У.1
4.	Области применения ЦОС: применение ЦОС в телекоммуникации и биомедицине.	ОПК-7.У.1
5.	Дискретные линейные инвариантные во времени системы	ОПК-2.3.1
6.	Дискретизация низкочастотных сигналов	ОПК-2.У.1
7.	Дискретизация полосовых сигналов	ОПК-2.У.1
8.	Ряд Фурье. Преобразование Фурье.	ОПК-2.3.1
9.	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Обратное ДПФ.	ОПК-2.3.1
10.	Свойства ДПФ. Вычислительная сложность ДПФ.	ОПК-2.3.1
11.	«Утечка» ДПФ (эффект «растекания» амплитудного спектра, эффекта Гиббса).	ОПК-2.У.1
12.	Использование окон при реализации ДПФ	ОПК-2.У.1
13.	Разрешающая способность ДПФ, дополнение нулями и дискретизация в частотной области	ОПК-4.В.1
14.	Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) с децимацией во временной области	ОПК-2.3.1
15.	Алгоритм БПФ по основанию 2	ОПК-2.3.1
16.	Основные сведения о КИХ-фильтрах	ОПК-2.3.1

17.	Свертка в КИХ-фильтрах	ОПК-2.3.1
18.	Проектирование КИХ-фильтра методом весовых окон	ОПК-2.У.1
19.	Проектирование КИХ-фильтров методом замен Ремеза	ОПК-2.У.1
20.	Основные сведения о БИХ-фильтрах	ОПК-2.3.1
21.	Преобразование Лапласа. z-преобразование	ОПК-2.3.1
22.	Метод инвариантного преобразования импульсной характеристики	ОПК-2.У.1
23.	Метод проектирования БИХ-фильтров с помощью билинейного преобразования	ОПК-2.У.1
24.	Автоматическое проектирование БИХ-фильтров	УК-1.В.2
25.	Эффекты в цифровых фильтрах, вызванные конечной разрядностью чисел.	ОПК-4.В.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.	Запишите формулы прямого и обратного ДПФ.	ОПК-2.3.1
2.	Как связаны друг с другом результаты ДПФ и спектр дискретного сигнала (преобразование Фурье в дискретном времени)? Приведите соответствующую формулу.	ОПК-2.У.1
3.	Чему равен шаг частотной сетки ДПФ?	ОПК-2.У.1
4.	Частота дискретизации сигнала равна 8000Гц, интервал окна ДПФ $N = 1024$ . Какой частоте соответствует результат вычисления ДПФ, имеющий индекс $n = 40$ (нумерация начинается с нуля)?	ОПК-4.В.1
5.	Частота дискретизации сигнала равна 22050 Гц, размерность ДПФ $N = 50$ . Какой (скажем номером $n$ ) элемент ДПФ соответствует частоте 7056 Гц? (Нумерация элементов ДПФ начинается с нуля.)	ОПК-4.В.1
6.	В чем заключается основная идея алгоритма быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени?	УК-1.В.2
7.	Что такое «бабочка» в алгоритмах БПФ? Изобразите ее структурную схему.	ОПК-2.3.1
8.	Что такое бит-реверсная адресация? Где и с какой целью она применяется?	ОПК-2.3.1

9.	Как зависит число математических операций, требуемое для вычисления ДПФ по прямой формуле, от длины преобразуемого сигнала?	ОПК-2.У.1
10.	Как зависит число математических операций, требуемое для вычисления быстрого преобразования Фурье, от длины преобразуемого сигнала? Привести соответствующую формулу, считая, что длина сигнала равна степени двойки.	ОПК-2.У.1
11.	Охарактеризуйте изменения в результатах ДПФ, происходящие при дополнении преобразуемого сигнала нулями.	ОПК-4.В.1
12.	Что такое растекание спектра? Каковы причины этого явления?	ОПК-2.3.1
13.	Для чего используются весовые функции (окна) при спектральном анализе? Охарактеризуйте изменения результатов вычисления спектра в результате применения окон.	ОПК-2.3.1
14.	Каков типичный набор исходных данных при проектировании фильтра нижних частот?	ОПК-2.3.1
15.	Опишите процедуру синтеза дискретного фильтра по аналоговому прототипу методом билинейного $z$ -преобразования.	ОПК-2.3.1
16.	Приведите формулу, описывающую трансформацию частотной оси при билинейном $z$ -преобразовании.	ОПК-2.3.1
17.	Накладывает ли метод инвариантной импульсной характеристики какие-либо ограничения на тип АЧХ синтезируемых фильтров? Если да, то какие именно?	ОПК-7.У.1
18.	Как связаны между собой импульсные характеристики аналогового прототипа и полученного на его основе дискретного фильтра при использовании метода инвариантной импульсной характеристики? Приведите соответствующую формулу.	ОПК-2.3.1
19.	Как связаны между собой частотные характеристики аналогового прототипа и полученного на его основе дискретного фильтра при использовании метода инвариантной импульсной характеристики? Приведите соответствующую формулу.	ОПК-4.В.1
20.	Можно ли при синтезе фильтра методом инвариантной импульсной характеристики заранее гарантировать выполнение конкретных требований к АЧХ фильтра (допустимые отклонения в заданных полосах и т. п.)? Почему?	ОПК-4.В.1
21.	В каких целях используются весовые функции при прямом оптимальном синтезе дискретных фильтров?	ОПК-2.3.1
22.	Опишите процедуру прямого синтеза нерекурсивного дискретного фильтра оконным методом.	ОПК-2.3.1
23.	Опишите искажения идеализированной АЧХ, происходящие при синтезе нерекурсивных дискретных фильтров оконным методом.	ОПК-2.3.1
24.	Как рассчитать импульсную характеристику идеализированного фильтра по его частотной характеристике? Приведите соответствующую формулу.	ОПК-2.3.1
25.	Как рассчитать импульсную характеристику идеализированного фильтра во временной области? Опишите соответствующую последовательность действий.	ОПК-2.3.1 ОПК-5.У.1
26.	Приведите формулу для импульсной характеристики идеального фильтра нижних частот, изобразите АЧХ и ФЧХ данного фильтра.	ОПК-2.3.1

27.	Перечислите основные эффекты, связанные с конечной разрядностью представления чисел в цифровых системах обработки сигналов.	ОПК-4.В.1
28.	Каковы достоинства и недостатки форматов представления чисел с <i>фиксированной</i> запятой?	ОПК-4.В.1
29.	Каковы достоинства и недостатки форматов представления чисел с <i>плавающей</i> запятой?	ОПК-4.В.1
30.	При использовании каких форматов (с фиксированной или плавающей запятой) эффекты конечной точности представления чисел сказываются сильнее? Почему?	ОПК-2.3.1
31.	Какие предположения о статистических свойствах шума квантования обычно используются для его аналитического описания? При каких условиях они хорошо выполняются на практике?	ОПК-4.В.1
32.	Для каких фильтров — рекурсивных или нерекурсивных — ошибки квантования коэффициентов сказываются сильнее? Почему?	ОПК-7.3.1
33.	При каких арифметических операциях возникают ошибки округления результата при использовании форматов с фиксированной запятой?	ОПК-4.В.1
34.	При каких арифметических операциях возникают ошибки округления результата при использовании форматов с плавающей запятой?	ОПК-4.В.1
35.	Что такое предельные циклы? Опишите их типы и причины их возникновения.	ОПК-2.3.1

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  
(*Ниже приводятся рекомендации по составлению данного раздела*)

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала (*если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*).

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:

- постановка вопроса, подлежащего изучению;
- связь изучаемого вопроса с предыдущим и последующим материалом;
- последовательное изложение материала;
- выводы на основании изложенного материала.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

Учебным планом не предусмотрено.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

Учебным планом не предусмотрено.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

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

Лабораторные занятия проводятся после чтения лекций, дающих теоретические основы для их выполнения. Допускается выполнение лабораторных занятий до прочтения лекций

с целью облегчения изучения теоретического материала при наличии описаний работ, включающих необходимые теоретические сведения или ссылки на конкретные учебные издания, содержащие эти сведения.

Основанием для проведения лабораторных занятий по дисциплине являются:

- программа учебной дисциплины;
- расписание учебных занятий.

Лабораторные занятия должны проводиться в специализированной лаборатории, соответствующей санитарно-гигиеническим нормам, требованиям безопасности и технической эстетике. Материальное обеспечение должно соответствовать современному уровню проведения модельных экспериментов в области прикладной информатики и здравоохранения, что обеспечивается кафедрой 24.

Количество оборудованных лабораторных мест должно быть необходимым для достижения поставленных целей обучения и достаточным для обеспечения обучаемым условий комфортности.

Во время лабораторных занятий должны соблюдаться порядок и дисциплина в соответствии с правилами пользования данной лабораторией.

Преподаватель имеет право определять содержание лабораторных работ, выбирать методы и средства проведения лабораторных исследований, наиболее полно отвечающие их особенностям и обеспечивающие высокое качество учебного процесса.

Преподаватель формирует рубежные и итоговые результаты (рейтинги) студента по результатам выполнения лабораторных работ.

Права, ответственность и обязанности студента.

1. На лабораторном занятии студент имеет право задавать преподавателю и (или) лаборанту вопросы по содержанию и методике выполнения работы и требовать ответа по существу обращения. Ответ преподавателя должен обеспечивать выполнение студентом работы в течение занятия в полном объеме и с надлежащим качеством, оговоренным в методических указаниях по проведению лабораторных работ.

2. Студент имеет право на выполнение лабораторной работы по оригинальной методике с согласия преподавателя и под его надзором – при безусловном соблюдении требований безопасности.

3. Студент имеет право выполнить лабораторную работу, пропущенную по уважительной причине, в часы, согласованные с преподавателем.

4. Студент обязан прибыть на лабораторное занятие во время, установленное расписанием, и с необходимой предварительной подготовкой.

5. К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, подтвердившие готовность в объеме требований, содержащихся в методических указаниях к лабораторной работе и (или) в устных предварительных указаниях преподавателя.

6. В ходе лабораторных занятий студенты ведут необходимые записи, составляют письменный отчет (протокол исследований).

7. Студент несет ответственность за:

- пропуск лабораторной работы по неуважительной причине;
- неподготовленность к лабораторной работе;
- несвоевременную сдачу отчетов о лабораторной работе и их защиту;
- порчу имущества и нанесение материального ущерба лаборатории.

8. В процессе защиты студент должен:

- продемонстрировать знание методики выполнения работы и моделей, используемых в работе;
- уметь интерпретировать полученные в процессе выполнения работы результаты.

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе составляется каждым студентом индивидуально, либо возможен по согласованию с преподавателем общий отчет – подгруппой из 2-3 студентов.

При оформлении отчета по лабораторной работе в отчете должен быть оформлен титульный лист, принятого в ГУАП образца, должны быть представлены в указанной последовательности следующие разделы:

1. Цель работы.
2. Порядок или методика выполнения работы.
3. Построенные (используемые) модели.
4. Результаты выполненных измерений.
5. Обработка результатов эксперимента.
6. Анализ результатов и выводы по работе.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

*Титульный лист* является первой страницей любой научной работы и для конкретного вида работы заполняется по определенным правилам. Для лабораторной работы титульный лист оформляется следующим образом.

В верхнем поле листа указывают полное наименование учебного заведения и кафедры, на которой выполнялась данная работа.

В среднем поле указывается вид работы, в данном случае лабораторная работа с указанием курса, по которому она выполнена, и ниже ее название. Название лабораторной работы приводится без слова *тема* и в кавычки не заключается.

Далее ближе к правому краю титульного листа указывают фамилию, инициалы, курс и группу учащегося, выполнившего работу, а также фамилию, инициалы, ученую степень и должность преподавателя, принявшего работу.

В нижнем поле листа указывается место выполнения работы и год ее написания (без слова *год*).

*Цель работы* должна отражать тему лабораторной работы, а также конкретные задачи, поставленные студенту на период выполнения работы. По объему цель работы в зависимости от сложности и многозадачности работы составляет от нескольких строк до 0,5 страницы.

*Краткие теоретические сведения.* В этом разделе излагается краткое теоретическое описание изучаемого в работе явления или процесса, приводятся также необходимые расчетные формулы. Материал раздела не должен копировать содержание методического пособия или учебника по данной теме, а ограничивается изложением основных понятий и законов, расчетных формул, таблиц, требующихся для дальнейшей обработки полученных экспериментальных результатов. Объем литературного обзора не должен превышать 1/3 части всего отчета.

*Описание построенной модели и методики эксперимента.* В данном разделе приводится описание построенной (используемой) модели и подробно излагается методика проведения эксперимента, процесс получения данных и способ их обработки. Если используются стандартные пакеты компьютерных программ для обработки



экспериментальных результатов, то необходимо обосновать возможность и целесообразность их применения, а также подробности обработки данных с их помощью. Для лабораторных работ, связанных с компьютерным моделированием физических явлений и процессов, необходимо в этом разделе описать математическую модель и компьютерные программы, моделирующие данные явления.

*Экспериментальные результаты.* В этом разделе приводятся непосредственно результаты, полученные в ходе проведения лабораторных работ: экспериментально или в результате компьютерного моделирования определенные значения величин, графики, таблицы, диаграммы. Обязательно необходимо оценить погрешности измерений.

*Анализ результатов работы.* Раздел отчета должен содержать подробный анализ полученных результатов, интерпретацию этих результатов на основе физических законов. Следует сравнить полученные результаты с известными литературными данными, обсудить их соответствие существующим теоретическим моделям. Если обнаружено несоответствие полученных результатов и теоретических расчетов или литературных данных, необходимо обсудить возможные причины этих несоответствий.

*Выводы.* В выводах кратко излагаются результаты работы: полученные экспериментально или теоретически значения физических величин, их зависимости от условий эксперимента или выбранной расчетной модели, указывается их соответствие или несоответствие физическим законам и теоретическим моделям, возможные причины несоответствия.

Отчет по лабораторной работе оформляется на писчей бумаге стандартного формата А4 на одной стороне листа, которые сшиваются в скоросшивателе или переплетаются. Допускается оформление отчета по лабораторной работе только в электронном виде средствами Microsoft Office.

Если по специальному лабораторному практикуму требуется оформить в конце семестра общий отчет по всему циклу лабораторных работ, посвященных исследованию одного и того материала разными методами, оформляются также и отдельные отчеты по каждой работе цикла по мере их выполнения. На основе отчетов по каждой работе в конце семестра оформляется итоговый отчет, в котором основное внимание должно быть уделено анализу результатов, полученных в разных лабораторных работах.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы (*если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*)

Учебным планом не предусмотрено.

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.

Текущий контроль успеваемости должен включать в себя вопросы по изучаемой в данный момент теме или по предшествующим темам. Он может проводиться в виде устного опроса или в виде написания контрольных работ.

В случае невыполнения и/или неуспешной сдачи 3 и более лабораторных работ, обучающийся, при успешном прохождении промежуточной аттестации в форме экзамена, не может получить аттестационную оценку выше "хорошо".

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».

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