Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 05.10.2023 10:31:18
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ /Е.В. Сафонов/

«27» апреля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровая обработка сигналов

Специальность
11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Профиль
Радиоэлектронные системы передачи информации

Квалификация
Инженер

Формы обучения
очная

Москва, 2023 г.

Разработчик(и):

Доцент, к.т.н. /А.В. Кузнецов/

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., профессор /А.А. Радионов/

Руководитель образовательной программы
д.т.н., профессор /А.А. Радионов/

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 4
3 Структура и содержание дисциплины ... 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины ... 5
3.3 Содержание дисциплины ... 6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 6
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ... 7
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 7
5 Материально-техническое обеспечение ... 8
6 Методические рекомендации ... 8
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 8
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 9
7 Фонд оценочных средств ... 10
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 11
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 12
7.3 Оценочные средства ... 15

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» следует отнести:

- формирование у студентов теоретических знаний современных методов цифровой обработки и практических навыков проектирования цифровых фильтров с последующей реализацией их на специализированных процессорах или универсальных ЦВМ.

К основным задачам освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» следует отнести:

– освоение методологии, анализа и синтеза цифровых фильтров для их эффективного использования в технических системах управления.

Обучение по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
ПК-1 Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем передачи информации в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	ИПК-1.1 Понимает принципы конструирования отдельных деталей, узлов и устройств радиотехнических систем, выбирает системы автоматизированного проектирования радиотехнических систем. ИПК-1.2 Работает с программными средствами с использованием современных прикладных программ по расчету радиотехнических систем ИПК-1.3 Рассчитывает и проектирует детали, узлы и устройства радиотехнические системы в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	**Знать:** современные типовые технические средства автоматизации; методику выбора технических средств при решении конкретной задачи автоматизации **Уметь:** создавать схемы автоматических систем управления для объектов и процессов машиностроения **Владеть:** навыками моделирования электронных схем в специализированном ПО.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)». Дисциплина непосредственно связана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

Радиоавтоматика;
Устройства генерирования и формирования сигналов;
Устройства приема и преобразования сигналов;
Современное состояние радиоэлектроники;
Физические основы микроэлектроники;
Цифровые устройства и микропроцессоры;
Электроника.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1 Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			10
1	**Аудиторные занятия**	**90**	**90**
	В том числе:		
1.1	Лекции	54	54
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**90**	**90**
	В том числе:		
2.1	Подготовка к лабораторным и семинарским занятиям	36	36
2.2	Самостоятельное изучение	36	36
2.3	Подготовка к экзамену	18	18
3	**Промежуточная аттестация**		
	экзамен		экзамен
	Итого	**180**	**180**

3.2 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1 Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1.	Введение.	8	4				4
2.	Гармонический анализ сигналов.	26	8	4	4		10
3.	Аналоговые фильтры.	18	8				10
4.	Дискретные модели сигналов.	16	6				10
5.	Линейные дискретные системы.	16	6				10
6.	Принципы построения и классификация цифровых фильтров.	20	6	2	2		10
7.	Рекурсивные цифровые фильтры.	38	8	6	6		18
8.	Нерекурсивные цифровые фильтры.	38	8	6	6		18
	Итого:	**180**	**54**	**18**	**18**		**90**

3.3 Содержание дисциплины

Введение

Основные понятия: информация, сообщение, сигнал. Математическая модель аналогового сигнала. Классификация сигналов. Энергетические характеристики сигналов. Представление детерминированного сигнала с помощью простейших функций. Представление детерминированного сигнала с помощью ортогональных функций. Дискретизация аналоговых сигналов. Дискретные и цифровые последовательности.

Тема 1. Гармонический анализ сигналов.

Базисная система сигналов. Тригонометрический ряд Фурье. Комплексный (экспоненциальный) ряд Фурье. Спектры простейших периодических сигналов. Практическая ширина спектра. Преобразование Фурье. Спектральные характеристики простейших непериодических сигналов. Основные свойства преобразования Фурье.

Тема 2. Аналоговые фильтры.

Задача фильтрации. Базисные фильтры и их идеальные частотные характеристики. Задача аппроксимации. Типовые ФНЧ. Фильтры Баттерворта. Фильтры Чебышева первого рода. Денормирование и трансформация фильтров. Примеры расчета фильтров.

Тема 3. Дискретные модели сигналов.

Типовые дискретные последовательности. Описание и преобразование дискретных последовательностей. Представление дискретной последовательности в виде дискретной функции времени. Дискретное преобразование Лапласа. Z – преобразование. Свойства прямого Z-преобразования. Обратное Z-преобразование. Преобразование Фурье дискретного сигнала. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Свойства дискретного преобразования Фурье. Восстановление сигнала по его отсчетам.

Тема 4. Линейные дискретные системы.

Понятие дискретной системы. Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Уравнение свертки. Частотная передаточная функция дискретной системы. Амплитудная и фазовая частотные характеристики. Структурные схемы дискретной системы. Устойчивость дискретных систем. Дискретное интегрирование. Дискретное дифференцирование.

Тема 5. Принципы построения и классификация цифровых фильтров.

Функциональная схема цифрового фильтра. Достоинства и недостатки цифровых фильтров. Классификация цифровых фильтров. Реализация цифровых фильтров.

Тема 6. Рекурсивные цифровые фильтры.

Рекурсивные цифровые фильтры первого порядка. Рекурсивные цифровые фильтры второго порядка. Реализация рекурсивных цифровых фильтров. Расчет рекурсивных цифровых фильтров по аналоговому прототипу. Примеры расчета цифровых фильтров по аналоговому прототипу. Прямые методы расчета рекурсивных цифровых фильтров.

Тема 7. Нерекурсивные цифровые фильтры.

Нерекурсивные цифровые фильтры первого порядка. Нерекурсивные цифровые фильтры 2-го порядка. Особенности нерекурсивных цифровых фильтров. Нерекурсивные цифровые фильтры с линейной ФЧХ. Расчет нерекурсивных цифровых фильтров при помощи метода взвешивания. Расчет нерекурсивных цифровых фильтров методом разложения АЧХ в ряд Фурье. Реализация нерекурсивных цифровых фильтров

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Семинарские занятия предусматривают защиту лабораторных работ.

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1. Сигналы и их преобразование при цифровой обработке.

Лабораторная работа №2. Синтез цифровых фильтров в системе MATLAB.

Лабораторная работа №3. Быстрое преобразование Фурье.

Лабораторная работа №4. Синтез КИХ- фильтров методом окон.

Лабораторная работа №5. Синтез КИХ- фильтров методом наилучшей равномерной (чебышевской) аппроксимации.

Лабораторная работа №6. Проектирование цифровых КИХ- фильтров средствами GUIFDATool.

Лабораторная работа №7. Синтез БИХ- фильтров методом инвариантности импульсной характеристики.

Лабораторная работа №8. Синтез БИХ- фильтров методом билинейного Z-преобразования.

Лабораторная работа №9. Проектирование цифровых БИХ- фильтров средствами GUI FDATool.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрено

4.2 Основная литература

1. Фрейман, В. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / В. И. Фрейман. — Пермь : ПНИПУ, 2021. — 114 с. — ISBN 978-5-398-02542-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/239828.

2. Матвеев, Ю. Н. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / Ю. Н. Матвеев. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2013. — 166 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/43698.

3. Мальцева, Н. С. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / Н. С. Мальцева. — Астрахань : АГТУ, 2021. — 92 с. — ISBN 978-5-89154-706-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/261188.

4.3 Дополнительная литература

1. Макаренко, А. А. Практикум по цифровой обработке сигналов : учебное пособие / А. А. Макаренко. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2014. — 50 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/71007.

2. Столбов, М. Б. Цифровая обработка речевых сигналов : учебно-методическое пособие / М. Б. Столбов, А. М. Кассу. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2016. — 71 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/91330.

3. Пасечников, И. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / И. И. Пасечников. — Тамбов : ТГУ им. Г.Р.Державина, 2019. — 156 с. — ISBN 978-5-00078-261-

3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/137567.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=1746

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Microsoft-Windows
2. Microsoft-Office
3. MatLab 2009

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал http://window.edu.ru
2. Компьютерные информационно-правовые системы «Консультант» http://www.consultant.ru, «Гарант» http://www.garant.ru
3. Официальный интернет-портал правовой информации http://pravo.gov.ru.
4. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
5. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
6. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php

5 Материально-техническое обеспечение

1. Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением, указанным в п. 4.5, мультимедийное оборудование (проектор, персональный компьютер преподавателя).
2. Аудитория для лекционных, практических занятий. Оборудование и аппаратура: аудиторная доска, возможность использования мультимедийного комплекса.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете и его филиалах", утверждённым ректором университета.

На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.

Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО мосполитеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;

- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.

В начале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (экзамену или зачёту).

Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.

Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

При подготовке **к семинарскому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Целесообразно в ходе защиты **лабораторных работ** задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.

Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (LMS мосполитеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

К семинарским занятиям студент должен предварительно изучить теоретический материал по соответствующей теме.

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация самостоятельной работы или защита лабораторной работы.

7 Фонд оценочных средств

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- защита лабораторных работ;
- тест;
- экзамен.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задания по практическим работам индивидуально для каждого обучающегося.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**Наименование компетенции выпускника**
ПК-1.	Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем передачи информации в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Перечень оценочных средств по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»

№ п/п	Вид контроля результатов обучения	Наименование контроля результатов обучения	Краткая характеристика контроля результатов обучения
1	Текущий	Тестирование	Тестирование проводится на последнем занятии изучаемой темы. Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. В рамках тестирования проверяется владение терминологией и знание теоретической базы.
2	Текущий	Лабораторная работа	Лабораторная работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. Далее проводится защита отчета каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
3	Промежуточный	Экзамен	Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Экзамен проводится в устной форме. В аудитории находится преподаватель и не более 5 человек из числа студентов. Во время проведения экзамена его участникам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Студенту выдается билет с тремя вопросами. Количество дополнительных

			вопросов – не более двух. Количество дополнительных вопросов зависит от полноты ответа студента. Длительность экзамена 2 часа (120 минут). К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (выполнили и успешно защитили лабораторные)

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: - современные типовые технические средства автоматизации; методику выбора технических средств при решении конкретной задачи автоматизации.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: - современные типовые технические средства автоматизации; методику выбора технических средств при решении конкретной задачи автоматизации.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: - современные типовые технические средства автоматизации; методику выбора технических средств при решении конкретной задачи автоматизации. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: - современные типовые технические средства автоматизации; методику выбора технических средств при решении конкретной задачи автоматизации. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: - современные типовые технические средства автоматизации; методику выбора технических средств при решении конкретной задачи автоматизации. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: - создавать схемы автоматических систем управления для объектов и процессов машиностроения.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: - создавать схемы автоматических систем управления для объектов и процессов машиностроения.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: - создавать схемы автоматических систем управления для объектов и процессов машиностроения.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: - создавать схемы автоматических систем управления для объектов и процессов машиностроения.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: - создавать схемы автоматических систем управления для объектов и процессов машиностроения.

		Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: - навыками моделирования электронных схем в специализированном ПО.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет - навыками моделирования электронных схем в специализированном ПО.	Обучающийся в недостаточной степени владеет: - навыками моделирования электронных схем в специализированном ПО. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет: - навыками моделирования электронных схем в специализированном ПО. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет: - навыками моделирования электронных схем в специализированном ПО. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкала оценивания промежуточной аттестации: экзамена

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает

	значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкала оценивания текущего контроля

Наименование контроля результатов обучения	Шкала оценивания	Описание
Выполнение и защита лабораторной работы по теме раздела	Зачтено: набрано 2 и более баллов Незачтено: набрано 1 и менее баллов Критерии оценивания Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балл - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл - расчетная и графическая части выполнены верно – 1 балл	В качестве форм текущего контроля знаний студентов используются отчеты по лабораторным работам. К выполнению экспериментальной части лабораторной работы допускаются студенты, подготовившие протоколы выполнения лабораторной работы. Протоколы оформляются в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Отчет по лабораторной работе содержит протокол проведения лабораторной работы, расчеты, графическую часть, выводы. Защита отчета по лабораторной работе осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты не выполнившие лабораторную работу к защите не допускаются
Тестирование по пройденной теме	Тест содержит 20 заданий, правильный ответ на 1 задание соответствует 1 баллу. Время тестирования - 30 минут. Студенту предоставляется две попытки для прохождения теста. Максимальная оценка за тест - 20 баллов. Тест считается успешно пройденным, если студент дал не менее 60%	Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно

	правильных ответов (набрал не менее 12 баллов).	методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Текущий контроль включает прохождение промежуточных тестирований по разделам дисциплины и защиту лабораторных работ. Промежуточные тестирования размещены в соответствующем курсе системы дистанционного обучения Университета. Примеры тестов представлены ниже. Отчеты по лабораторным работам размещаются студентами в соответствующем курсе системы дистанционного обучения Университета. Для подготовки к тестированию и защите лабораторных работ в разделе приведён перечень контрольных вопросов.

Результаты текущего контроля могут быть использованы при промежуточной аттестации.

Примеры тестовых вопросов

1. На входе цифрового фильтра рисунка 1 действует сигнал

$$x_n = \begin{cases} X \sin(\omega n T_д) & \text{при} \quad n \geq 0, \\ 0 & \text{при} \quad n < 0. \end{cases}$$

где $\omega T_Д = \pi / 2$, X = 0.2.

Амплитуда выходного сигнала фильтра в установившемся режиме равна ...

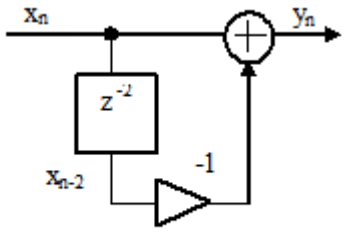
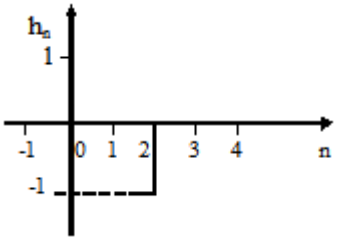


Рисунок 1

c) 0.4

2. На рисунке приведена импульсная характеристика цифрового фильтра. Коэффициент передачи фильтра на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен .....



e) 2

3. Фазовый сдвиг, вносимый цифровым фильтром рисунка 1, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

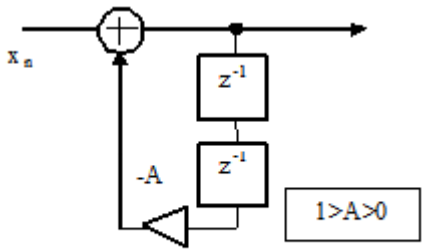


Рисунок 1

c) 0

4. Фазовый сдвиг, вносимый линией задержки рисунка 1, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

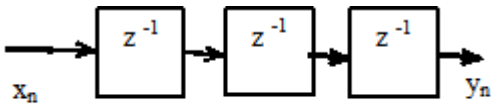


Рисунок 1

e) $\pi/2$

5. Коэффициент передачи (модуль комплексного коэффициента передачи) цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

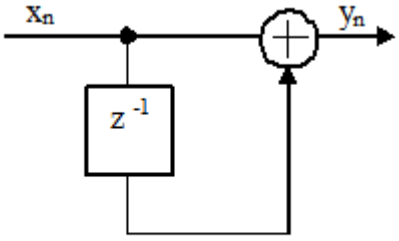


Рисунок 1

e) $\sqrt{2}$

6. Фазовый сдвиг, вносимый цифровым фильтром рисунка 1, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

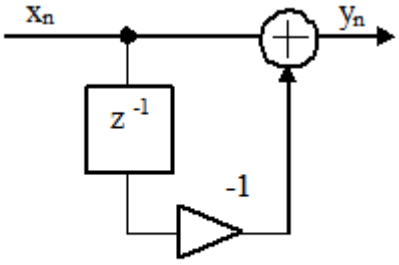


Рисунок 1

a) $\pi/4$

7. Фазовый сдвиг, вносимый линией задержки рисунка 1, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

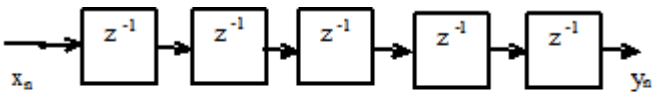


Рисунок 1

a) $-\pi/2$

8. На входе цифровой линии задержки рисунка 1 действует синусоидальный сигнал x_n с амплитудой, равной единице. Амплитуда выходного сигнала y_n в установившемся режиме равна

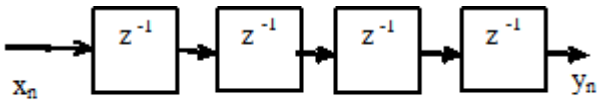


Рисунок 1

d) 1

Вопросы для защиты лабораторных работ

К лабораторной работе №1.

1. Какие преобразования сигналов имеют место в системе цифровой обработки аналоговых сигналов?

2. Что такое дискретный сигнал и дискретная последовательность?

3. В чем заключаются взаимосвязь и отличие спектров дискретного и аналогового сигналов?

4. Можно ли по известному спектру дискретного сигнала найти спектр соответствующего ему аналогового сигнала?

5. Как по известному спектру аналогового сигнала определить спектр соответствующего ему дискретного сигнала?

6. В чем заключается и как проявляется наложение спектров при дискретизации сигналов?

К лабораторной работе №2.

1. В соответствии с каким алгоритмом осуществляется обработка сигнала рекурсивным цифровым фильтром?

2. Как определяется импульсная характеристика цифрового фильтра, какие цифровые фильтры называют фильтрами БИХ и КИХ типа?

3. Какой смысл имеют коэффициенты нерекурсивных цифровых фильтров?

4. Возможна ли практическая реализация рекурсивных фильтров на основе дискретной временной свертки?

5. Как определяется Z-преобразование дискретных последовательностей, каковы его основные свойства и какую роль оно играет в теории цифровых фильтров?

6. Как определяются передаточная функция и частотная характеристика цифрового фильтра и какова их связь с его импульсной характеристикой?

К лабораторной работе №3.

1. Каковы основные задачи и применения цифрового спектральнокорреляционного анализа?

2. В чем заключается особенность анализа спектра сигналов на основе ДПФ?

3. Каковы основные параметры анализаторов спектра на основе ДПФ?

4. Что понимается под разрешающей способностью анализатора спектра?

5. Какова базовая структура анализатора спектра на основе ДПФ и его математическое обеспечение?

6. Что такое частоты анализа или бины ДПФ?

К лабораторной работе №4.

1. Дана дискретная последовательность

$$x(n) = \delta(n) + 0{,}5 \cdot \delta(n-1) + 0{,}25 \cdot \delta(n-2).$$

Запишите аналитическое выражение для спектральной характеристики $X(e^{j\omega T})$.

2. Сигнал описывается функцией $x(t) = 10e^{-4t} \cdot 1(t)$. Запишите дискретную последовательность $x(n)$, если период дискретизации $T = 0.05$с. Получите спектральную характеристику $X(e^{j\omega T})$ дискретной последовательности $x(n)$.

3. Дана дискретная последовательность

$$x(n) = \delta(n-1) + \delta(n-2)$$

Дополните последовательность нулевыми отсчетами для $n = 0$ и $n = 3$. Найдите спектральную характеристику $X(k), k = 0{,}1{,}2{,}3$.

4. Дана дискретная последовательность $x(n) = [0, 1, 1, 0]$. Найдите спектральную характеристику $X(k), k = 0{,}1{,}2{,}3$.

5. Дана дискретная последовательность $x(n) = [0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0]$. Найдите спектральную характеристику $X(k), k = 0{,}1{,}\ldots{,}7$.

6. Дан сигнал, описываемый функцией $x(t) = e^{-4t} \cdot 1(t)$. Определите интервал дискретности, при котором линейная интерполяция значений сигнала в середине промежутков между дискретными точками не превышает 1% начального значения.

К лабораторной работе №5.

1. Даны дискретные системы, описываемые уравнениями:

а) $y(n) = 2 \cdot |x(n-1)|$; в) $y(n) = 2 \cdot x(n) - 5 \cdot x(n-1)$

б) $y(n) + 0{,}2 \cdot (n-1) = 5n \cdot x(n-1)$; г) $y(n) - 0{,}4y^2(n-1) = 10 \cdot x(n)$;

Классифицируйте их по признакам «линейность» и

«стационарность».

2. Дайте понятие передаточной функции дискретной системы.

3. Дискретная система описывается разностным уравнением

$$y(n) + 0{,}7 \cdot y(n-1) + 0{,}01 \cdot y(n-2) = 0{,}5 \cdot x(n).$$

Найдите ее передаточную функцию.

4. Дана передаточная функция дискретной системы

$H(z) = Y(z)/X(z) = (1 + 0{,}5 \cdot z^{-1})/(1 - 0{,}8 \cdot z^{-1})$.

Запишите разностное уравнение дискретной системы.

5. Дана передаточная функция дискретной системы

$H(z) = Y(z)/X(z) = 5/(1 - 0{,}1 \cdot z^{-1})$.

Запишите аналитическое выражение для построения АФЧХ системы.

6. Дискретная система описывается разностным уравнением

$$y(n) = 0{,}9y(n-1) + 0{,}2x(n).$$

Определите коэффициент передачи систем на частоте ω= 5 рад/с,

если период дискретизации T = 0,1 с.

К лабораторной работе №6.

1. Цифровой интегратор, реализующий интегрирование по методу трапеций, описывается разностным уравнением

$$y(n) = y(n-1) + \frac{T}{2} \cdot x(n) - \frac{T}{2} \cdot x(n-1).$$

Постройте структурную схему интегратора. Запишите формулы для АЧХ и ФЧХ.

2. Цифровой дифференциатор описывается уравнением

$$y(n) = \frac{1}{T}[x(n) - x(n-1)].$$

Постройте структурную схему дифференциатора. Запишите фор- мулы для АЧХ и ФЧХ.

3. Дана передаточная функция дискретной системы

$H(z) = Y(z)/X(z) = (1 + z^{-1})/(1 - 0{,}5 \cdot z^{-1})$.

Постройте структурную схему дискретной системы.

4. Дискретная система имеет полюсы $\lambda_1 = 0{,}1 + j0{,}2;\ \lambda_2 = 0{,}1 - j0{,}2$

и нули $v_1 = -1; v_2 = 1$. Запишите передаточную функцию и разностное уравнение системы. Постройте структурную схему.

5. Дана передаточная функция дискретной системы

$H(z) = Y(z)/X(z) = 1/(1 - 0{,}8 \cdot z^{-1} - 0{,}2 \cdot z^{-2})$.

Исследуйте данную систему на устойчивость.

6. Дана дискретная система, описываемая разностным уравнением

$$y(n) + 0{,}5 \cdot y(n-1) - 0{,}02 \cdot y(n-2) = x(n) + 2 \cdot x(n-1).$$

Найдите нули и полюсы системы. Постройте нуль-полюсную диаграмму. Устойчива ли система?

К лабораторной работе №7.

1. Дайте понятие цифрового фильтра.

2. Поясните отличия способов квантования по уровню, основанных на использовании процедур *усечения* и *округления* значения дискретного отсчета сигнала.

3. Поясните принципиальное отличие между прямой и обратной разностями дискретной последовательности.

4. Укажите основные преимущества и основные недостатки цифровых фильтров. Поясните, в каких случаях они проявляются.

5. Чем отличается деление цифровых фильтров по признакам «нерекурсивный и рекурсивный» и «конечная и бесконечная импульсные характеристики»?

6. Даны цифровые фильтры, описываемые уравнениями:

а) $y(n) = 0{,}5 \cdot [x(n+1) - x(n-1)]$; в) $y(n) = 0{,}4y(n-1) + x(n)$;

б) $y(n) + 0{,}2 \cdot y(n-1) = 5 \cdot x(n-1)$; г) $y(n) = 2 \cdot x(n) - 5 \cdot x(n-1)$.

Классифицируйте их по признакам «нерекурсивный и рекурсивный» и «конечная и бесконечная импульсные характеристики».

К лабораторной работе №8.

1. Чем отличается деление цифровых фильтров по признакам «нерекурсивный и рекурсивный» и «конечная и бесконечная импульсные характеристики»?

2. Какие методы используются для преобразования передаточной функции аналогового фильтра-прототипа в передаточную функцию цифрового фильтра?

3. Объясните причину периодичности частотных характеристик цифрового фильтра.

4. Опишите метод билинейного преобразования. Поясните основной недостаток метода.

5. Чем обусловлены ограничения на нижний и верхний пределы изменения периода дискретизации *T* цифрового фильтра?

6. Поясните суть и преимущества каскадной реализация рекурсивных цифровых фильтров.

К лабораторной работе №9.

1. Запишите разностное уравнение, передаточную функцию и частотную передаточную функцию нерекурсивного ЦФ для $N = 3$.

2. Почему нерекурсивные цифровые фильтры всегда устойчивы?

3. Чем отличаются нерекурсивные ЦФ с линейной ФЧХ, имеющие симметричные и антисимметричные импульсные характеристики?

4. Цифровой фильтр описывается передаточной функцией

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = 0{,}5 + z^{-1} + z^{-2} + 0{,}5z^{-3}.$$

Запишите разностное уравнение цифрового фильтра. Постройте график импульсной характеристики цифрового фильтра. Найдите аналитические выражения АЧХ и ФЧХ. цифрового фильтра.

5. Цифровой фильтр описывается разностным уравнением

$$y\,(\,n\,) = \,x(n\,) + 2x(n-1) + x(n-2).$$

Докажите, что фильтр имеет линейную ФЧХ.

6. Поясните необходимость и способ использования оконных функций при проектировании нерекурсивных цифровых фильтров.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Перечень вопросов для экзамена

ПК-1 Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем передачи информации в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования

1. Классификация сигналов.
2. Спектральное представление сигналов.
3. Непериодические сигналы.
4. Периодические сигналы.
5. Корреляционный анализ.
6. Классификация аналоговых систем.
7. Характеристики линейной стационарной системы.
8. Прохождение сигналов через линейную стационарную систему.
9. Нахождение выходного сигнала с помощью импульсной характеристики h(t).
10. Нахождение выходного сигнала с помощью частотной характеристики K(jm).
11. Дискретизация аналогового сигнала. Теорема Котельникова.
12. Дискретизация периодических сигналов. Дискретное преобразование Фурье.

13. Дискретная свертка сигналов.
14. Z-преобразование дискретных сигналов.
15. Корреляционный анализ дискретных сигналов.
16. Цифровая фильтрация сигналов.
17. Реализация цифровых фильтров. Нерекурсивные фильтры.
18. Реализация цифровых фильтров. Рекурсивные фильтры.
19. Сравнение цифровых и аналоговых фильтров.
20. Проектирование полосовых и режекторных фильтров с использованием ФНЧ и ФВЧ.
21. Аппаратная реализация БИХ-фильтра второго порядка форма 1 и 2.
22. Сравнение КИХ и БИХ фильтров.