Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 14.07.2026 15:34:59
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 факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/
«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровая обработка сигналов»

Направление подготовки
27.03.04.«Управление в технических системах»

Образовательная программа (профиль подготовки)
«Электронные системы управления»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

к.т.н., доцент_____ А.В. Кузнецов

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., проф. /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 4
Рекурсивные цифровые фильтры. 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
5. Материально-техническое обеспечение 9
6. Методические рекомендации 10
7. Фонд оценочных средств 12

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
ОПК-7. Способен производить необходимые расчеты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления	ИОПК -7.1. Знает современные типовые технические средства автоматизации; методику выбора технических средств при решении конкретной задачи автоматизации; принципы работы и схемотехнику современных устройств управления. ИОПК -7.2. Умеет оптимизировать состав технических средств автоматизации; создавать схемы автоматических систем контроля и управления для объектов и процессов машиностроения; читать и разрабатывать простейшие электрические схемы. ИОПК -7.3. Владеет методами рационального выбора технических средств автоматизации с учетом особенности решаемой задачи; навыками моделирования электронных схем в специализированном ПО.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина базируется на следующих, пройденных дисциплинах:

- « Основы управления и автоматики»;
- «Теория автоматического управления»;
- «Математический анализ».

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» логически связана с последующей дисциплиной: «Проектирование систем управления».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(е) единиц(ы) (144 часа).

Изучается на 8 семестре обучения. Форма промежуточной аттестации -экзамен.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1.Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			8 семестр
1	**Аудиторные занятия**	**72**	72
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	36	36
2	**Самостоятельная работа**	**72**	72
	В том числе:		
2.1	Подготовка к лабораторным и семинарским занятиям	36	36
2.2	Самостоятельное изучение	36	36
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		экзамен
	Итого	**144**	144

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.	16	2	**2**	**4**		8
2.	Гармонический анализ сигналов.	16	2	2	4		8
3.	Аналоговые фильтры.	16	2	2	4		8
4.	Дискретные модели сигналов.	16	2	2	4		8
5.	Линейные дискретные системы.	16	2	2	4		8
6.	Принципы построения и классификация цифровых фильтров.	16	2	2	4		8
7.	Рекурсивные цифровые фильтры.	24	3	3	6		12
8.	Нерекурсивные цифровые фильтры.	**24**	**3**	**3**	**6**		**12**
	Итого:	**144**	**18**	**18**	**36**		**72**

3.3 Содержание дисциплины

Восьмой семестр

Тематика лекционных занятий

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. Обработка сигналов

Тем 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

Тематика лабораторных работ

1. Лабораторная работа №1.Сигналы и их преобразование при цифровой обработке.
2. Лабораторная работа №2. Синтез цифровых фильтров в системе MATLAB.
3. Лабораторная работа №3. Быстрое преобразование Фурье.
4. Лабораторная работа №4. Синтез КИХ- фильтров методом окон.
5. Лабораторная работа №5. Синтез КИХ- фильтров методом наилучшей равномерной(чебышевской) аппроксимации.
6. Лабораторная работа №6. Проектирование цифровых КИХ- фильтров средствами GUIFDATool.
7. Лабораторная работа №7. Синтез БИХ- фильтров методом инвариантности импульсной характеристики.
8. Лабораторная работа №8. Синтез БИХ- фильтров методом билинейного Z-преобразования.
9. Лабораторная работа №9. Проектирование цифровых БИХ- фильтров средствами GUI FDATool.

Тематика практических занятий

1. Общие принципы моделирования цифровой обработки сигналов в системе MATLAB.
2. Элементы программирования при моделировании цифровой обработки сигналов в системе MATLAB.
3. Построение графиков при моделировании цифровой обработки сигналов в системе MATLAB.
4. Генерация сигналов в системе MATLAB.
5. Представление линейных систем в MATLAB.

3.4 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы/проекты отсутствуют

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

4.2 Основная литература

1.Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB: учебное пособие
Щетинин Ю. И. НГТУ 2011 г. 115 страниц. http://www.knigafund.ru/

2. Вадутов О.С. Математические основы обработки сигналов: учебное пособие / О.С. Вадутов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томскогополитехнического университета. 2011.-212с.
https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOS/study/disc1/Tab3/m259.pdf

4.3 Дополнительная литература

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2000. - 462 с.

2. Солонина А.И. и др. Основы цифровой обработки сигналов: Учебное пособие для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 768 с.

3. Давыдов А.В. Сигналы и линейные системы. Тематические лекции: Учебное пособие в электронной форме. – Екатеринбург, УГГУ, ИГиГ, каф. ГИН. – http://www.prodav.narod.ru/signals/index.html.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте http://lib.mami.ru/ebooks/ в разделе «Библиотека».

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:.

Название ЭОР	
Цифровая обработка сигналов.	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=1746

Разработанные ЭОР включают тренировочные и итоговые тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте mospolytech.ru в разделе: «Центр математического образования» (http://mospolytech.ru/index.php?id=4486, http://mospolytech.ru/index.php?id=5822);

Варианты контрольных заданий по дисциплине представлены на сайтах: *http://i-exam.ru,http:// fepo.ru.*

Тесты по высшей математике http://function-x.ru/tests_higher_math.html.

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

http://exponenta.ru, http://eqworld.ipmnet.ru/ru/info/mathwebs.htm.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» для освоения дисциплины: www.matematikalegko.ru>studentu, www.i-exam.ru.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета

(elib.mgup; lib.mami.ru/lib/content/elektronyy-katalog) к электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам)

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)
1	Astra Linux Common Edition	ООО "РУСБИТЕХ-АСТРА"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/305783/?sphrase_id=954036
2	МойОфис	ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375

	NI Multisim 10.0.	ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	Лицензионное	

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Перечень ресурсов сети Интернет, доступных для освоения дисциплины:

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Информационно-справочные системы			
	Stack Overflow	https://stackoverflow.com/	Доступна в сети Интернет без ограничений
	Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http:// www.consultant.ru	Доступно
Электронно-библиотечные системы			
	Лань	https://e.lanbook.com/	Доступна в сети Интернет без ограничений
	IPR Books	https://www.iprbookshop.ru/	Доступна в сети Интернет без ограничений
Профессиональные базы данных			
	База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	http://www.elibrary.ru	Доступно
	Web of Science Core Collection – политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных	http://webofscience.com	Доступно
	Zefar91	https://www.youtube.com/user/Zefar91	Доступно
	tolik7772	.https://www.youtube.com/user/tolik7772	Доступно

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные мультимедийными проекторами и экранами. Для проведения лабораторных работ требуется компьютерный класс (АВ2507, АВ2614, АВ2618,АВ2619)

6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины «Цифровая обработка сигналов» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия: лекции, семинарские занятия , лабораторные работы, тестирование;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к лабораторным работам.

Образовательные технологии

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой «Математика» электронных образовательных ресурсов (ЭОР) (см. п.4.4).

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

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 в течение семестра используются оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций. Применяются следующие оценочные средства: тест, защита лабораторных работ, экзамен.

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

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-7. Способен производить необходимые расчеты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления	ИОПК -7.1. Знает современные типовые технические средства автоматизации; методику выбора технических средств при решении конкретной задачи автоматизации; принципы работы и схемотехнику современных устройств управления. ИОПК -7.2. Умеет оптимизировать состав технических средств автоматизации; создавать схемы автоматических систем контроля и управления для объектов и процессов машиностроения; читать и разрабатывать простейшие электрические схемы. ИОПК -7.3. Владеет методами рационального выбора технических средств автоматизации с учетом особенности решаемой задачи; навыками моделирования электронных схем в специализированном ПО.

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

№ ОС	Наименование оценочногосредства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
2	ЗЛР	Средство проверки умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач с помощью инструментальных средств.	Задания для защиты лабораторных работ

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение и защита студентом лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой и прохождение всех промежуточных тестов не ниже, чем на 70% правильных ответов. Промежуточные тестирования могут проводится как в аудитории Университета под контролем преподавателя, так и дистанционном формате на усмотрение преподавателя.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, 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.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом..Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, 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.

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 3.7.1.1 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

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

где $\omega T_д = \pi / 2$, $X = 0.2$.

Амплитуда выходного сигнала фильтра в установившемся режиме равна ...

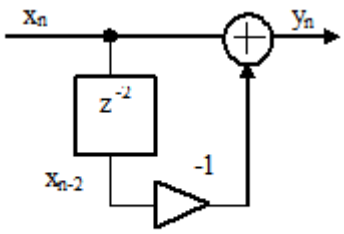
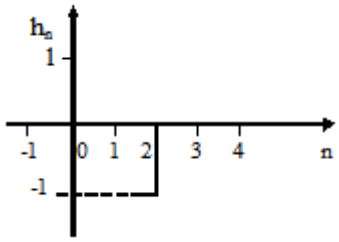


Рисунок 1

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 ...

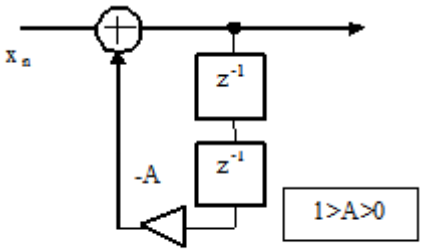


Рисунок 1

c) 0

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

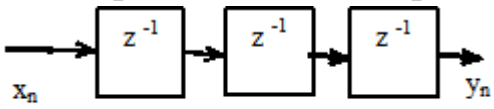


Рисунок 1

e) $\pi/2$

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

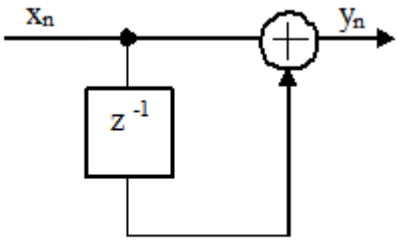


Рисунок 1

e) $\sqrt{2}$

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

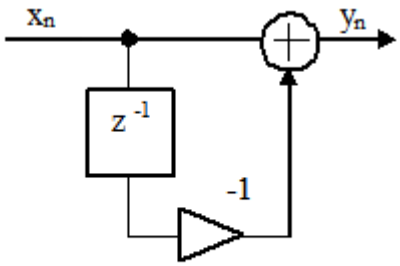


Рисунок 1

а) $\pi/4$

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

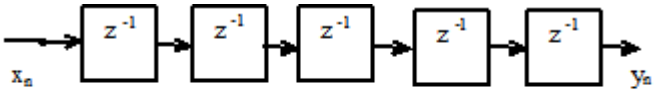


Рисунок 1

а) $-\pi/2$

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

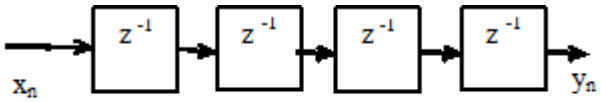


Рисунок 1

d) 1

9. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

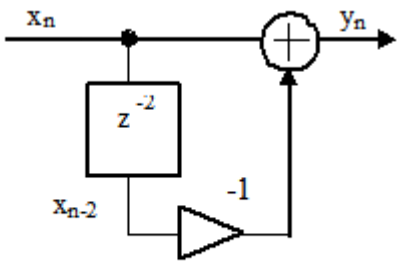


Рисунок 1

e) 2

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

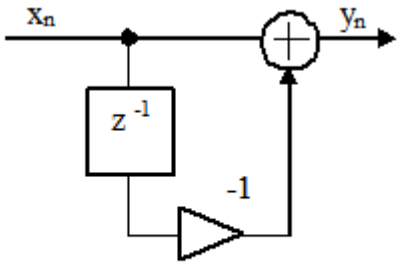


Рисунок 1

c) $\sqrt{2}$

11. Системная функция цифрового фильтра определяется соотношением

$H(z) = 1 - 2z^{-1} + z^{-2}$.

Фазовый сдвиг, вносимый этим фильтром, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

a) $\pi/2$

12. На рисунке 1 показан спектр сигнала на входе дискретизатора. Частота дискретизации равна 16 кГц.

Спектр сигнала на выходе дискретизатора в интервале частот от нуля до половины частоты дискретизации приведен на рисунке ...

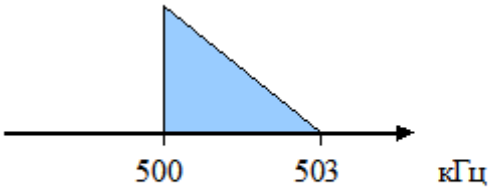


Рисунок 1



а) Рисунок 2а

13. Системная функция цифрового фильтра описывается соотношением

$$H(z) = \frac{1-A}{1+Az^{-1}},$$ **где 1>A>0.**

Коэффициент передачи фильтра на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

е) 1

14. На входе фильтра рисунка 1 действует сигнал

$$x_n = X\sin(2\pi f n T_д),$$

где f = 10 МГц, X=0.1, $T_Д$ – интервал дискретизации. Частота дискретизации $F_Д$=40МГц.

Амплитуда выходного сигнала в установившемся режиме при A = 0.9 равна ...

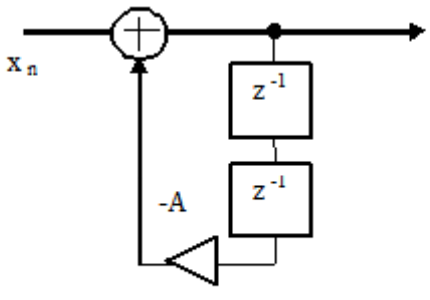
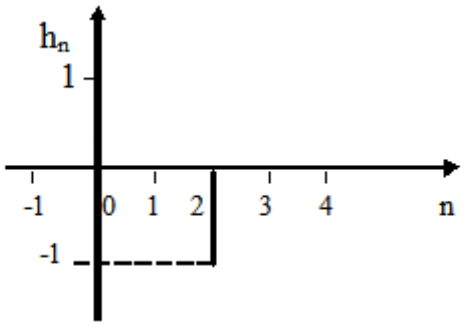


Рисунок 1

с) 1

15. На рисунке приведена импульсная характеристика цифрового фильтра. Коэффициент передачи фильтра на частоте, равной одной восьмой частоты дискретизации, равен ...



а) $\sqrt{2}$

16. Системная функция цифрового фильтра описывается соотношением

$$H(z) = \frac{1}{1 + A z^{-2}},$$ **где 1>A>0.**

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

а) 0

17. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 для постоянной составляющей входного сигнала при A = -0.9 равен ...

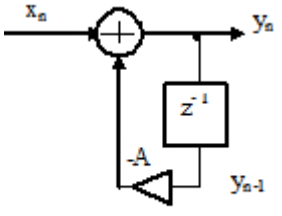


Рисунок 1

с) 10

18. Коэффициент передачи фильтра рисунка 1 на частоте 1 МГц при частоте дискретизации 8 МГц равен ...

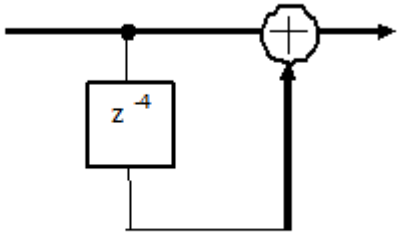


Рисунок 1

а) 0

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

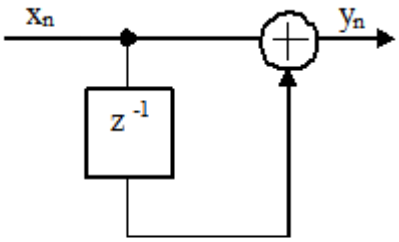


Рисунок 1

е) $-\pi/4$

20. Фазовый сдвиг, вносимый цифровым фильтром рисунка 1 на частоте 2 МГц при частоте дискретизации 8 МГц, равен ...

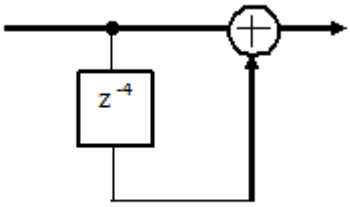


Рисунок 1

а) 0

21. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 для постоянной составляющей входного сигнала равен ....

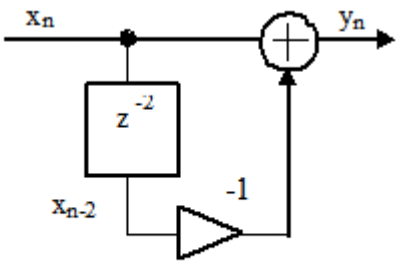


Рисунок 1

a) 0

22. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

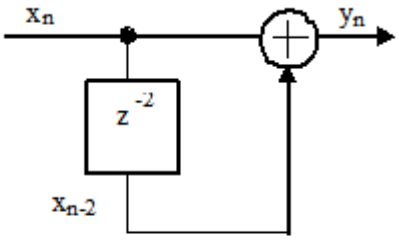


Рисунок 1

a) 0

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

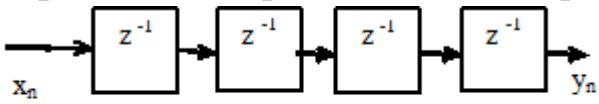


Рисунок 1

c) 0

24. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной половине частоты дискретизации, равен ...

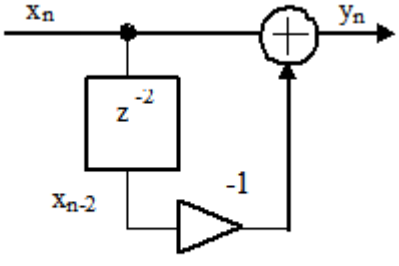


Рисунок 1

e) 0

25. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 для постоянной составляющей входного сигнала равен ...

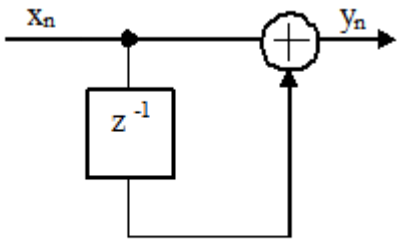


Рисунок 1

а) 2

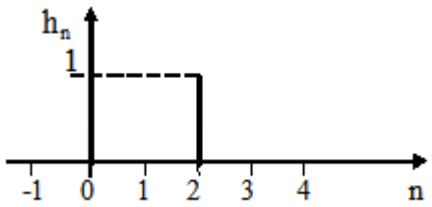
26. Системная функция цифрового фильтра определяется соотношением

$H(z) = 1 - 2z^{-1} + z^{-2}$.

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

а) 2

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



а) 0

28. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 для постоянной составляющей входного сигнала равен ...

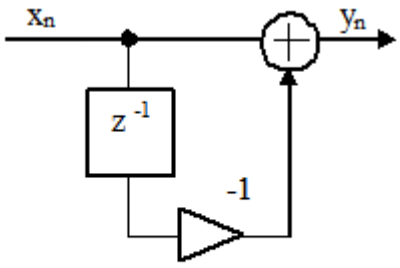


Рисунок 1

c) 0

29. Системная функция цифрового фильтра описывается соотношением

$$H(z) = \frac{1}{1 + A z^{-1}},$$ **где A = 0.99.**

Коэффициент передачи фильтра на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

a) 100

30. Коэффициент передачи (модуль комплексного коэффициента передачи) цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной четверти частоты дискретизации, при A = -0.999 равен ...

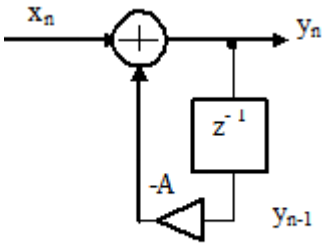


Рисунок 1

c) 0.707

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 $T = 0.05\text{с}$. 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.

7.3.3 Вопросы для промежуточной аттестации

Перечень вопросов для экзамена

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.