

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 30.09.2023 14:36:00  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

 С.М.Дудаков

 25 августа 2021 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Направление подготовки

09.03.03 Прикладная информатика

Профиль подготовки

«Прикладная информатика в мехатронике»

Для студентов 3 курса

очная форма

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Семенов А.Б.



Тверь, 2021

## **I. Аннотация**

### **1. Цели и задачи дисциплины:**

Целью освоения дисциплины является:

Приобретение знаний, умений и навыков в области современных методов и средств цифровой обработки сигналов.

Задачами освоения дисциплины являются:

Изучение в требуемом объеме соответствующего математического аппарата цифровой обработки сигналов; обучение основам аналитических и численных методов расчета и анализа цифровых преобразователей сигналов; развитие навыков проектирования систем цифровой обработки сигналов на основе аппаратных и программных ресурсов; изучение эффективных алгоритмов цифровой обработки сигналов на современных персональных компьютерах.

**2. Место дисциплины в структуре ООП:** является дисциплиной профиля подготовки.

**Предварительные знания и навыки:**

Основой для освоения дисциплины являются знания, получаемые в рамках дисциплины «Математический анализ», «Численные методы», «Практикум на ЭВМ 1», «Практикум на ЭВМ 2», «Методы программирования», «Дискретная математика», «Алгоритмы и анализ сложности», «Электроника и схемотехника».

**Дальнейшее использование:**

Полученные в ходе изучения дисциплины знания используются в научно-исследовательской работе, учебной и производственной практике, при подготовке выпускной квалификационной работы.

**3. Объем дисциплины:** 3 зачетные единицы, **108 академических часов**, в том числе

**контактная работа:** лекционные занятия 32 часов, лабораторные занятия 16 часов,

**самостоятельная работа:** 60 часов.

**4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
--	--

<p><b>ПК-1</b> Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках программного обеспечения робототехнических и мехатронных систем ПК</p>	<p>ПК-1.2 Разрабатывает модели управляющих и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводит их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий</p> <p>ПК-1.5 Участвует в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок</p>
<p><b>ПК-3</b> Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем</p>	<p>ПК-3.1 Применяет алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования деталей и модулей мехатронных и робототехнических систем</p>

**5. Форма промежуточной аттестации:** зачет, 6 семестр.

**6. Язык преподавания** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**1. Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самост. работа (час.)
		Лекции	Лабораторные занятия	
Введение в цифровую обработку сигналов	2	2	0	0
Цифровые фильтры обработки одномерных сигналов	10	2	1	7
Фильтры сглаживания сигналов. Метод наименьших квадратов	10	2	1	7
Разностные фильтры и фильтры интегрирования сигналов	10	2	1	7
Преобразование Фурье и свертка	10	2	1	7
Фильтрация случайных сигналов	10	3	2	5
Весовые функции	11	3	2	6
Нерекурсивные частотные цифровые фильтры	11	4	2	5
Z-преобразование сигналов и системных функций	10	4	2	4
Рекурсивные цифровые фильтры	12	4	2	6
Рекурсивные частотные цифровые фильтры	12	4	2	6
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>60</b>

**Учебная программа дисциплины**

**1. Введение в цифровую обработку сигналов**

Цифровые сигналы. Обработка цифровых сигналов. Функциональные преобразования сигналов. Операции цифровой обработки. Линейная

цифровая фильтрация. Дискретные преобразования. Области применения цифровой обработки сигналов.

## **2. Цифровые фильтры обработки одномерных сигналов**

Нерекурсивные и рекурсивные цифровые фильтры. Импульсная реакция фильтров. Передаточные функции фильтров. Z-преобразование. Устойчивость фильтров. Частотные характеристики фильтров. Фазовая и групповая задержка сигналов. Структурные схемы цифровых фильтров.

## **3. Фильтры сглаживания сигналов. Метод наименьших квадратов**

Фильтры МНК 1-го, 2-го и 4-го порядка. Расчет коэффициентов фильтров. Импульсные реакции и частотные характеристики фильтров. Модификации фильтров. Оптимизация сглаживания. Расчет простого цифрового фильтра по частотной характеристике.

## **4. Разностные фильтры и фильтры интегрирования сигналов**

Разностные операторы. Выделение в сигналах шумов. Восстановление утраченных данных. Аппроксимация производных. Интегрирование данных. Алгоритмы интегрирования.

## **5. Преобразование Фурье и свертка**

Дискретное преобразование Фурье. Алгоритмы расчета. Быстрое преобразование Фурье. Обратное преобразование Фурье. Фильтры и свертка. Понятие и свойства свертки. Оконные фильтры. Быстрая свертка.

## **6. Фильтрация случайных сигналов**

Сохранение природы сигнала. Математическое ожидание. Корреляционные соотношения. Спектры мощности сигналов. Дисперсия выходного сигнала. Усиление шумов. Функция когерентности.

## **7. Весовые функции**

Явление Гиббса. Параметры эффекта. Последствия для практики. Нейтрализация явления Гиббса. Основные весовые функции.

## **8. Нерекурсивные частотные цифровые фильтры**

Типы фильтров. Методика расчетов. Идеальные частотные фильтры. Конечные приближения идеальных фильтров. Применение весовых функций. Гладкие частотные фильтры. Дифференцирующие цифровые фильтры. Принцип синтеза фильтров.

## 9. Z-преобразование сигналов и системных функций

Определение z-преобразования. Пространство  $z$  - полиномов. Аналитическая форма z-образов. Свойства  $z$  - преобразования. Применение преобразования. Обратное  $z$  - преобразование.

## 10. Рекурсивные цифровые фильтры

Конструкция рекурсивных цифровых фильтров. Каскадная и параллельная форма. Режекторные и селекторные фильтры. Билинейное  $z$ -преобразование при синтезе рекурсивных цифровых фильтров. Деформация частотной шкалы. Аппроксимационная задача синтеза фильтров. Передаточная функция фильтров. Виды рекурсивных фильтров.

## 11. Рекурсивные частотные цифровые фильтры

Низкочастотный цифровой фильтр Баттеруорта. Передаточная функция фильтра. Преобразование Лапласа. Билинейное преобразование. Высокочастотный цифровой фильтр Баттеруорта. Синтез цифровых фильтров методом частотного преобразования. Полосовой цифровой фильтр Баттеруорта. Цифровые фильтры Чебышева.

## 2. Для студентов заочной формы обучения

Не предусмотрено.

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
Введение в цифровую обработку сигналов	Лекции, лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Цифровые фильтры обработки одномерных сигналов	Лекции, лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Фильтры сглаживания сигналов. Метод наименьших квадратов	Лекции, лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Разностные фильтры и фильтры интегрирования сигналов	Лекции, лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач

Преобразование Фурье и свертка	Лекции, лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Фильтрация случайных сигналов	Лекции, лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Весовые функции	Лекции, лабораторные занятия	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Нерекурсивные частотные цифровые фильтры	Лекции	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Z-преобразование сигналов и системных функций	Лекции	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Рекурсивные цифровые фильтры	Лекции	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач
Рекурсивные частотные цифровые фильтры	Лекции	1. Изложение теоретического материала 2. Решение задач

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании лекций, практических занятий и различных форм самостоятельной работы студентов. В процессе освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии, способы и методы формирования компетенций: традиционные лекции, лабораторные занятия в диалоговом режиме, выполнение индивидуальных заданий в рамках самостоятельной работы. Дисциплина предусматривает выполнение контрольных работ, письменных домашних заданий.

#### **IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

**ПК-1 Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем**

<b>Результат (индикатор)</b>	<b>Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков</b>	<b>Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания</b>
------------------------------	---	---

ПК -1.2	Каковы задачи, методы и цели синтеза ЦФ по заданной частотной характеристике?	Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов. Задание выполнено частично – 5 баллов.
ПК-1.2, 1.5	Как определяются требования к аналоговому фильтру-прототипу при синтезе РФ?	Корректно выполненное задание – 5 баллов. Ход решения верный, но допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.
ПК – 1.2	Цифровые сигналы. Обработка цифровых сигналов. Функциональные преобразования сигналов.	Правильный ответ – 2 балла.
ПК -1.2, 1.5.	Разложить заданную функцию в ряд Фурье на заданном интервале 1) $f(t) = ge^{-(g t )}$ 2) Последовательность прямоугольных импульсов с амплитудой $A$ , длительностью $\tau$ и периодом повторения $T$ .	Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов. Выполнена лишь одна часть задания – 5 баллов.
ПК -1.2	Алгоритмы расчета преобразования Фурье	Корректно выполненное задание – 5 баллов. Ход решения верный, но допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.
ПК-1.5, 1.2	Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Обратное преобразование Фурье.	Правильный ответ – 2 балла.



ПК – 1.2	В чем заключается способ графического нахождения частотной характеристики РФ?	Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов. Выполнена лишь одна часть задания – 5 баллов.
ПК -1.2, 1.5.	Что такое нули и полюсы цифрового фильтра и какую информацию они несут?	Корректно выполненное задание – 5 баллов. Ход решения верный, но допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.
ПК -1.2	Можно ли по известному спектру дискретного сигнала найти спектр соответствующего ему аналогового сигнала? Из каких условий выбирается частота дискретизации аналоговых сигналов?	Правильный ответ – 2 балла.
ПК-1.2, 1.5	Задана случайная функция $Y(t) = X \sin(t) + t$ , где $X$ случайная величина с $MX = 2.3$ , $DX = 1.3$ . Найти числовые характеристики $MV$ , $DV$ , $KV(t_1, t_2)$ случайной функции $V(t) = \int Y(t) dt$ .	Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов. Выполнена лишь одна часть задания – 5 баллов.
ПК – 1.2, 1.5	Определить выходной сигнал на выходе RC-фильтра. На вход поступает аддитивная смесь детерминированного и "белого" шума. Для прямоугольного сигнала определить оптимальную полосу пропускания	Корректно выполненное задание – 5 баллов. Ход решения верный, но допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.

	фильтра, используя критерий отношение сигнал/шум.	
ПК -1.2, 1.3.	Выделение в сигналах шумов. Восстановление утраченных данных.	Правильный ответ – 2 балла.

**Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1** Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках программного обеспечения робототехнических и мехатронных систем ПК

<b>Уровень формирования компетенции, в котором участвует дисциплина</b>	<b>Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков</b>	<b>Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания</b>
Продвинутой, <b>владеть</b>	Разложить заданную функцию в ряд Фурье на заданном интервале 1) $f(t) = ge^{-(g t )}$ 2) Последовательность прямоугольных импульсов с амплитудой А, длительностью τ и периодом повторения Т.	Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов. Выполнена лишь одна часть задания – 5 баллов.
Продвинутой, <b>уметь</b>	Алгоритмы расчета преобразования Фурье	Корректно выполненное задание – 5 баллов. Ход решения верный, но допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.
Продвинутой, <b>знать</b>	Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Обратное преобразование Фурье.	Правильный ответ – 2 балла.

Продвинутый, <b>владеть</b>	В чем заключается способ графического нахождения частотной характеристики РФ?	Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов. Выполнена лишь одна часть задания – 5 баллов.
Продвинутый, <b>уметь</b>	Что такое нули и полюсы цифрового фильтра и какую информацию они несут?	Корректно выполненное задание – 5 баллов. Ход решения верный, но допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.
Продвинутый, <b>знать</b>	Можно ли по известному спектру дискретного сигнала найти спектр соответствующего ему аналогового сигнала? Из каких условий выбирается частота дискретизации аналоговых сигналов?	Правильный ответ – 2 балла.

**2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-3** Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем

<b>Уровень формирования компетенции, в котором участвует дисциплина</b>	<b>Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков</b>	<b>Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания</b>
Углубленный, <b>владеть</b>	Задана случайная функция $Y(t) = X \sin(t) + t$ , де $X$ случайная величина с $MX =$	Полностью корректно выполненное задание – 10 баллов.

	2.3, $DX = 1.3$ . Найти числовые характеристики $MV, DV, KV(t_1, t_2)$ случайной функции $V(t) = \int Y(t)dt$ .	Выполнена лишь одна часть задания – 5 баллов.
Углубленный, <b>уметь</b>	Определить выходной сигнал на выходе RC-фильтра. На вход поступает аддитивная смесь детерминированного и "белого" шума. Для прямоугольного сигнала определить оптимальную полосу пропускания фильтра, используя критерий отношение сигнал/шум.	Корректно выполненное задание – 5 баллов. Ход решения верный, но допущены ошибки в расчетах – 2.5 балла.
Углубленный, <b>знать</b>	Выделение в сигналах шумов. Восстановление утраченных данных.	Правильный ответ – 2 балла.

#### **V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

##### **а) Основная литература:**

1. Умняшкин, С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов : учебное пособие / С.В. Умняшкин. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2012. - 368 с. - (Мир цифровой обработки). - ISBN 978-5-94836-318-9 ; То же [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233733>
2. Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]/ Гадзиковский В.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2013.— 766 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26929>.— ЭБС «IPRbooks»

##### **б) Дополнительная литература**

1. Малинкин В.Б. Основы адаптивной цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Малинкин В.Б.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011.— 266 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55487>.— ЭБС «IPRbooks»

а). Программное обеспечение

**Список по в 4б**

Перечень программного обеспечения (со свободными лицензиями): Adobe Acrobat Reader DC, Anaconda3 2019.07 (Python 3.7.3 64-bit), Apache Tomcat 8.0.27, Cadence SPB/OrCAD 16.6, GlassFish Server Open Source Edition 4.1.1, Google Chrome, IntelliJ IDEA, IIS 10.0 Express, Java SE Development Kit 8 Update 191 (64-bit), JetBrains PyCharm Community Edition 2019.2.1, Kaspersky Endpoint Security для Windows, Lazarus 2.0.12, MiKTeX, NetBeans IDE 8.2, Notepad++ (64-bit x64), ONLYOFFICE Desktop Editors 7.1 (x64), Origin 8.1 Sr2, Python 3.10.7, R for Windows 3.6.1, RStudio Desktop, Visual Studio Community 2022, VLC media player, WinDjView 2.1, Unreal Commander v3.57x64

б). Свободно распространяемое программное обеспечение

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

- Сайт ТвГУ (<http://university.tversu.ru>)
- Сайт факультета прикладной математики и кибернетики ТвГУ (<http://pmk.tversu.ru>)
- Сайт научной библиотеки ТвГУ (<http://library.tversu.ru>)
- Одна из электронных библиотечных систем:
  - <http://biblioclub.ru>
  - <http://www.iprbookshop.ru>

**VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

Важной составляющей данного раздела РПД являются требования к рейтинг-контролю с указанием баллов, распределенных между модулями и видами работы обучающихся.

Максимальная сумма баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся экзаменом, по итогам семестра составляет 60 баллов (30 баллов - 1-й модуль и 30 баллов - 2-й модуль).

Обучающемуся, набравшему 40-54 балла, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в рейтинговой ведомости учета успеваемости и зачетной книжке может быть выставлена оценка «удовлетворительно».

Обучающемуся, набравшему 55-57 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 15 баллов и выставлена экзаменационная оценка «хорошо».

Обучающемуся, набравшему 58-60 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 27 баллов и выставлена экзаменационная оценка «отлично». В каких-либо иных случаях добавление премиальных баллов не допускается.

Обучающийся, набравший до 39 баллов включительно, сдает экзамен.

Распределение баллов по модулям устанавливается преподавателем и может корректироваться.

## 1. Типовые задания для практических занятий, домашней работы и рейтингового контроля

- 1) Разложить заданную функцию в ряд Фурье на заданном интервале
  - a.  $f(t) = g e^{-g|t|}$
  - b. Последовательность прямоугольных импульсов с амплитудой  $A$ , длительностью  $\tau$  и периодом повторения  $T$ .
  - c. Последовательность прямоугольных импульсов со скважностью, равной двум (длительность импульсов и промежутков между ними равны).
  - d. Односторонний экспоненциальный импульс.
  - e. Гауссов импульс.
  - f.  $f(t) = e^{-t} \cos(\omega t)$
- 2) Определить шаг дискретизации функции. Использовать разложение в ряд Фурье.
  - a.  $f(t) = g e^{-g|t|}$
  - b. Прямоугольный сигнал амплитудой  $A$  и длительностью  $T$
  - c. Сигнал  $\sin(x)/x$ .
- 3) Найти свёртку сигналов
  - a. Двух прямоугольных сигналов.
  - b. Прямоугольного и треугольного сигналов.
  - c. Двух треугольных сигналов.
  - d.  $f(t) = g e^{-g|t|}$
  - e. Односторонний экспоненциальный импульс
- 4) Задана случайная функция  $Y(t) = X \sin(t) + t$ , где  $X$  случайная величина с  $MX = 2.3$ ,  $DX = 1.3$ . Найти числовые характеристики  $MV$ ,  $DV$ ,  $KV(t_1, t_2)$  случайной функции  $V(t) = \int Y(t) dt$ .
- 5) На вход интегратора поступает случайная функция  $\xi(t)$ , математическое ожидание которой  $m(t) = 4t + 5$ , а корреляционная функция  $K(t_1, t_2) = \cos t_1 * \cos t_2$ . Найти характеристики на выходе системы.
- 6) Найти корреляционную функцию
  - a. Двух прямоугольных сигналов.

- b. Прямоугольного и симметричного треугольного сигналов.
  - c. Двух симметричных треугольных сигналов.
  - d.  $f(t) = g e^{-(g|t|)}$
  - e. Двух несимметричных треугольных сигналов.
  - f. Односторонний экспоненциальный импульс.
  - g. Двусторонний экспоненциальный импульс
- 7) Определить выходной сигнал на выходе RC-фильтра. На вход поступает аддитивная смесь детерминированного и "белого" шума. Для прямоугольного сигнала определить оптимальную полосу пропускания фильтра, используя критерий отношение сигнал/шум.
- 8) Найти спектральные функции и построить амплитудные спектры следующих функций
- a.  $f(t) = \begin{cases} 2 & \text{при } t \in [0,2], \\ 0 & \text{при } t \notin [0,2]. \end{cases}$
  - b.  $f(t) = \begin{cases} 1 + t & \text{при } t \in [-1,1], \\ 1 - t & \text{при } t \in [0,1], \\ 0 & \text{при } |t| > 0. \end{cases}$

## 2. Правила прохождения промежуточной аттестации

Для успешной сдачи зачета студент должен:

- Успешно сдать промежуточный контроль, представляющий собой две контрольные работы по тематике упражнений, перечисленных выше.
- Ответить на устные вопросы и решить ряд письменных упражнений (в ходе зачета) по тематике учебной программы.

## 3. Примерный список вопросов на зачет

- Какие преобразования имеют место при цифровой обработке сигналов?
- Что такое дискретный сигнал и дискретная последовательность?
- Какова природа размножения спектров при дискретизации сигналов по времени?
- В чем заключается взаимосвязь и отличие спектров дискретного и аналогового сигналов?
- Как по известному спектру аналогового сигнала определить спектр соответствующего ему дискретного сигнала?
- В чем заключается явление наложения спектров при дискретизации сигналов?
- Можно ли по известному спектру дискретного сигнала найти спектр соответствующего ему аналогового сигнала?
- Из каких условий выбирается частота дискретизации аналоговых сигналов?
- Какова математическая модель квантования сигнала по уровню?

- Как определяется погрешность квантования дискретного квантованного сигнала?
- Как осуществляется цифровое кодирование сигнала?
- Как определяется погрешность квантования цифрового сигнала?
- Из каких условий выбирается необходимая разрядность АЦП?
- Как определяется автокорреляционная функция и спектральная плотность шума квантования АЦП?
- При каком условии цифровой и дискретный сигналы математически адекватны?
- В соответствии с каким алгоритмом и как осуществляется обработка сигнала рекурсивным и нерекурсивным фильтрами?
- Что понимается под импульсной характеристикой дискретной системы?
- Какие фильтры называются фильтрами БИХ и КИХ-типа?
- Что является коэффициентами нерекурсивных фильтров?
- Какое преобразование применяют для описания дискретных сигналов и систем на комплексной плоскости и почему?
- Какова связь между Z-преобразованием и преобразованием Фурье?
- Как определяются передаточная функция и частотная характеристика дискретной системы?
- Какова связь между передаточной функцией, частотной и импульсной характеристиками дискретной системы?
- Каковы особенности частотных характеристик дискретных систем?
- Как изменяется частотная характеристика дискретной системы при изменении частоты дискретизации?
- Как находится передаточная функция РФ по его разностному уравнению?
- Что такое нули и полюсы цифрового фильтра и какую информацию они несут?
- Какой вид имеет нуль–полюсная форма передаточной функции РФ и каково ее практическое значение?
- В чем заключается способ графического нахождения частотной характеристики РФ?
- Каковы условия физической реализуемости и устойчивости РФ?
- Каковы основные формы реализации РФ и их математические описания?
- Каковы структуры и математические описания прямой и канонической форм реализации рекурсивных звеньев второго порядка?
- Как осуществляется обработка сигнала рекурсивным звеном второго порядка?
- Какова структура НФ на основе ДВС?
- Каково условие линейности фазочастотной характеристики НФ?



- Как аналитически найти отклик РФ на заданное входное воздействие?
- Как аналитически найти отклик НФ на заданное входное воздействие?
- Каков требуемый объем вычислений и памяти для РФ и НФ?
- Каковы сравнительные преимущества РФ и НФ?
- Каковы задачи, методы и цели синтеза ЦФ по заданной частотной характеристике?
- В чем заключается метод синтеза РФ по аналоговому прототипу?
- Какова взаимосвязь между частотами аналогового и цифрового фильтров при билинейном преобразовании?
- В чем преимущества применения обобщенных преобразований при синтезе РФ заданного типа (ФВЧ, ППФ, ПЗФ)?
- Как определяются требования к аналоговому фильтру-прототипу при синтезе РФ?
- Из каких условий выбирается вид аппроксимирующей функции?
- Как находятся нули, полюсы и коэффициенты РФ?

#### **4. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы**

Организуя свою учебную работу, студенты должны, во-первых, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Во-вторых, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также с методическими материалами на бумажных и/или электронных носителях, выпущенных кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

##### *1. Работа с учебными пособиями.*

Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями этой дисциплины. Необходимо усвоить определения и понятия, уметь приводить их точные формулировки, приводить примеры объектов, удовлетворяющих этому определению. Кроме того, необходимо знать круг фактов, связанных с данным понятием. Требуется также знать связи между понятиями, уметь устанавливать соотношения между классами объектов, описываемых различными понятиями.

## *2. Самостоятельное изучение тем.*

Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки и профессиональной переподготовки специалистов. Она предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, написание рефератов, выступление с докладом, подготовку к лекционным и практическим занятиям, подготовку к зачёту и экзамену.

## *3. Подготовка к практическим занятиям.*

При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется следовать методическим рекомендациям по работе с учебными пособиями, приведенным выше.

## *4. Составление конспектов.*

В конспекте отражены основные понятия темы. Для наглядности и удобства запоминания используются схемы и таблицы.

## *5. Подготовка к зачету / экзамену.*

При подготовке к зачету / экзамену студенты должны использовать как самостоятельно подготовленные конспекты, так и материалы, полученные в ходе лекций. Для получения зачета по дисциплине необходимо набрать минимум 50 баллов в течение семестра (минимальная оценка – удовлетворительно), в противном случае зачет считается не сданным. Экзамен студенты могут сдавать в виде теста, письменной контрольной работы или устного ответа по вопросам, представленным в данной программе. Для получения положительной оценки на экзамене необходимо продемонстрировать знания, не ниже базового (минимального) уровня. Процедура оценивания знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности обучающихся по дисциплине производится в рамках балльно-рейтинговой системы, включая рубежную и текущую аттестации. Согласно подходам балльно-рейтинговой системы в рамках оценки знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности дисциплины установлены следующие аспекты.

Содержание учебной дисциплины в рамках одного семестра делится на два модуля (периода обучения). По окончании модуля (периода обучения) осуществляется рейтинговый контроль успеваемости знаний студентов.

Сроки проведения рейтингового контроля:

осенний семестр – I рейтинговый контроль успеваемости проводится на 8-9 учебной неделе по графику учебного процесса, II рейтинговый контроль

успеваемости – две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса;

весенний семестр – I рейтинговый контроль успеваемости проводится на 31-32 учебной неделе по графику учебного процесса, II рейтинговый контроль успеваемости – две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса.

Максимальное количество баллов, которое может быть получено в результате освоения дисциплины, составляет 100 баллов. Для дисциплин, заканчивающихся экзаменом, 60 баллов отводится на текущий контроль (например, по 30 баллов на каждый модуль) и 40 баллов на промежуточную аттестацию. Для дисциплин, заканчивающихся зачетом, общее количество баллов делится между первым и вторым модулями (например, по 50 баллов на каждый модуль).

Максимальная сумма рейтинговых баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся экзаменом, по итогам промежуточной аттестации составляет 40 баллов.

Студент, набравший от 20 до 49 баллов включительно, сдает экзамен. Студенту, набравшему менее 20 баллов, в экзаменационной ведомости ставится оценка «неудовлетворительно». Применяется следующая шкала перевода баллов в оценки: от 50 до 69 – удовлетворительно, от 70 до 84 – хорошо, от 85 и выше – отлично.

## **VII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)**

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании лекций и лабораторных работ, семинарских занятий и различных форм самостоятельной работы студентов. В процессе освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии, способы и методы формирования компетенций: традиционные лекции, семинары в диалоговом режиме, проектные задания, выполнение индивидуальных заданий в рамках самостоятельной работы.

Дисциплина предусматривает выполнение контрольных работ, письменных домашних заданий.

Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса (в том числе для самостоятельной работы):

- Операционная система Microsoft Windows
- Браузер

- Офисный пакет Microsoft Office
- Текстовый редактор Notepad++
- Система инженерных и научных вычислений MATLAB
- Система компьютерной алгебры Mathcad
- Одна из сред разработки по выбору студента:
  - Интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio
  - Интерпретатор языка Python
  - Интегрированная среда разработки для языка Python JetBrains PyCharm Community Edition
  - Интегрированная среда разработки для языка Java NetBeans IDE

### **VIII. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 4б (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Компьютер, экран, проектор, кондиционер.
Учебная аудитория № 304 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Набор учебной мебели, экран, комплект аудиотехники (радиосистема, стационарный микрофон с настольным держателем, усилитель, микшер, акустическая система), проектор, ноутбук.

Для самостоятельной работы

Помещение для самостоятельной работы обучающихся: Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 4б (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Компьютер, экран, проектор, кондиционер.
---	---

### **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы	Изменения в учебные планы и в рабочие программы дисциплин, формирующих новые/измененные компетенции в соответствии с приказом Минобрнауки России от 26.11.2020 г. №1456.	Решение научно-методического совета (протокол №6 от 02.06.2021 г.)
2	I. Аннотация. IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации	Изменения в учебные планы и в рабочие программы дисциплин, формирующих новые/ измененные компетенции в соответствии с приказом Минобрнауки России от 26.11.2020 г. № 1456	Протокол № 7 заседания ученого совета от 30.12.2021 года
3	V. Учебно-методическое и информационное обеспечение, необходимое для проведения практики 2) Программное обеспечение	Внесены изменения в программное обеспечение	От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета

4	VII. Материально-техническое обеспечение	Внесены изменения в материально-техническое обеспечение аудиторий	От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета