

Приложение Л. РПД Б1.В.ДВ.4.1

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**

Зам. директора  
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Смоленске  
по учебно-методической работе  
В.В. Рожков  
« 31 » 08 2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

**Направление подготовки: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника**

**Магистерская программа: Информационное и программное обеспечение  
автоматизированных систем**

**Уровень высшего образования: магистратура**

**Нормативный срок обучения: 2 года**

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

**Целью освоения дисциплины** является подготовка обучающихся к научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 09.04.01 "Информатика и вычислительная техника" посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

### Задачи освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов»:

- изучить базовые основы цифровой обработки сигналов,
- овладеть методами анализа цифровых систем,
- привить навыки в построении цифровых фильтров с заданными характеристиками,
- формировать общекультурные компетенции и профессиональные компетенции профиля.

Дисциплина направлена на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

ОК-3 - способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности

ОК-7 - способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности

ПК-5 - владением существующими методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов

Перечень знаний, умений, навыков (владений)	Код компетенции
<b>Знать</b>	
- основные методы и средства преобразования аналоговых сигналов в цифровые	ОК-3
- сущность цифровой обработки сигналов	
- современные программные средства для ЦОС	ОК-7
- применение цифровых фильтров в цифровой обработке речевых сигналов	
- методы преобразования аналоговых фильтров в цифровые фильтры (ЦФ).	ПК -5
- построение фильтров с заданными характеристиками	
<b>Уметь</b>	
- проводить анализ частотных и временных характеристик ЦФ	ОК-3
- разрабатывать схемы фильтров с линейной фазо-частотной характеристикой	
- применять математические пакеты для анализа и синтеза фильтров с заданными свойствами	ОК-7
-использовать линейные предсказывающие устройства при моделировании речевого тракта	
- применять аппроксимацию по Чебышеву частотных характеристик ЦФ	ПК-5
-применять методы преобразования передаточных функций аналоговых избирательных фильтров в передаточные функции ЦФ	

<b>Владеть</b>	
- навыками построения и анализа частотных и временных характеристик цифровых фильтров	ОК-3
- навыками проведения расчётов выходного сигнала ЦФ при заданном входном сигнале..	
- способностью к обучению новыми методами исследования цифровых устройств.	ОК-7
- навыками применения математических пакетов для цифровой обработки сигналов	
- существующими методами и алгоритмами цифровой обработке сигналов.	ПК-5

## 2. Место дисциплины в образовательной программе

Дисциплина относится к вариативной части дисциплин по выбору Б1.В.ДВ.4.1 студента цикла Б1 образовательной программы подготовки магистров по магистерской программе «Информационное и программное обеспечение», направления «Информатика и вычислительная техника»

В соответствии с учебным планом по направлению «Информатика и вычислительная техника» дисциплина «Цифровая обработка сигналов» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.1	Интеллектуальные системы
Б1.Б.2	Вычислительные системы
Б1.Б.3	Технология разработки программного обеспечения
Б1.Б.4	Современные проблемы информатики и вычислительной техники
Б1.В.ОД.1	Нечеткие модели и сети
Б1.В.ОД.2	Методология научного творчества
Б1.В.ОД.3	Моделирование автоматизированных систем
Б1.В.ОД.4	Математические методы анализа сложных систем
Б1.В.ОД.5	Структуры, алгоритмы, реализация баз данных
Б1.В.ОД.6	Методы оптимизации
Б2.ДВ.1.1	Компьютерные технологии в науке и производстве
Б2.ДВ.1.2	Планирование научного эксперимента
Б2.ДВ.2.1	Ассоциативные системы хранения и обработки информации

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» необходимы для развития профессиональных компетенций в дисциплинах:

Б2.У.1	Учебная практика
Б2.П.1	Педагогическая практика
Б2.П.2	Преддипломная практика

**3. Объём дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий на самостоятельную работу обучающихся).**

#### Аудиторная работа

Цикл Б1		Семестр
Часть цикла	вариативная	2 семестр
№ дисциплины по учебному плану	Б1.В.ДВ.4.1	2 семестр
Часов (всего) по учебному плану	144	2 семестр
Трудоёмкость в зачётных единицах(ЗЕТ)	4	2 семестр
Практические занятия (ЗЕ,Т часов)	1, 36	2 семестр
Объём самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов)	3, 108	2 семестр
Зачёт		2 семестр

#### Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость ЗЕТ; час
Подготовка к практическим занятиям	2.5; 90
Подготовка к тестированию	0.11; 4
Изучение дополнительного теоретического материала	-
Подготовка к зачёту	0.39; 14
Всего	3, 108

Объем занятий, проводимых в интерактивной форме 12 часов

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий**

1	2	3	4		
			5	6	7
	Темы дисциплины	Всего Часов На тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)		
			пр	СРС	вт.ч. интеракт.
1	Дискретное представление сигналов	7	2	5	
2	Дискретная свёртка	7	2	5	
3	Дискретное преобразование Фурье	7	2	5	1
4	Z- преобразование	7	2	5	1
5	Схемы цифровых фильтров	7	2	5	1
6	Временные характеристики фильтров	7	2	5	1
7	Частотные характеристики фильтров. Тестирование	9	2	7	1
8	Аналоговые избирательные фильтры	7	2	5	1
9	Преобразование аналоговых фильтров в цифровые фильтры	7	2	5	1
10	КИХ – фильтры с линейной ФЧХ	7	2	5	1
11	Применение окон для синтеза цифровых фильтров	7	2	5	
12	Шумы фильтров. Масштабирование коэффициентов фильтров	7	2	5	1
13	Чебышевская аппроксимация	7	2	5	
14	Адаптивные фильтры	7	2	5	
15	Линейное предсказание	7	2	5	1
16	Передача параметров фильтров линейного предсказывающего устройства. Тестирование	9	2	7	
17	Системы интерполяции	7	2	5	1
18	Системы децимации	7	2	5	1
	Подготовка к зачету	14		14	
	<b>всего 144 часа по видам учебных занятий (включая 14 часов на подготовку к зачёту)</b>		36	108	12

## Содержание по видам учебных занятий

### Тема 1. Дискретное представление сигналов

**Практическое занятие 1.** Дискретное представление сигналов: аналоговые, дискретные, цифровые. Особенности обработки цифровых сигналов. Формирование дискретной последовательности.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

### Тема 2. Дискретная свёртка

**Практическое занятие 2.** Назначение и виды дискретной свёртки. Пример вычисления линейной и круговой свёрток.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

### Тема 3. Дискретное преобразование Фурье

**Практическое занятие 3.** Дискретное преобразование Фурье Быстрое преобразование Фурье. Пример вычисления дискретного преобразования Фурье.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

### Тема 4. Z- преобразование

**Практическое занятие 4.** Особенности и примеры вычисления Z- преобразование.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

### Тема 5. Схемы цифровых фильтров

**Практическое занятие 5.** Варианты схемной реализации цифровых фильтров и их особенности.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

### Тема 6. Временные характеристики фильтров

**Практическое занятие 6.** Виды временных характеристик ЦФ. Вычисление импульсной и переходной характеристик ЦФ.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

### Тема 7. Частотные характеристики фильтров.

**Практическое занятие 7.** Построение частотных характеристик ЦФ.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов), подготовка к тестированию (2 часа).

**Текущий контроль** – тестирование на практическом занятии.

### Тема 8. Аналоговые избирательные фильтры.

**Практическое занятие 8.** Типы избирательных фильтров. Типы аппроксимаций характеристики фильтров. Передаточная функция фильтра.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

### Тема 9. Преобразование аналоговых фильтров в цифровые фильтры

**Практическое занятие 9.** Методы преобразования передаточной характеристики избирательного фильтра в цифровой.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

#### **Тема 10. КИХ – фильтры с линейной ФЧХ**

**Практическое занятие 10.** Вычисление передаточной функции КИХ –фильтров с линейной фазо-частотной характеристикой.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

#### **Тема 11. Применение окон для синтеза цифровых фильтров**

**Практическое занятие 11.** Применение окон для синтеза цифровых фильтров. Их влияние на характеристики синтезируемого фильтра.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

#### **Тема 12. Шумы фильтров. Масштабирование коэффициентов фильтров**

**Практическое занятие 12.** Шумы фильтров. Масштабирование коэффициентов фильтров.

Влияние масштабирования коэффициентов фильтра на его частотную характеристику.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

#### **Тема 13. Чебышевская аппроксимация**

**Практическое занятие 13.** Постановка задачи аппроксимации частотной характеристики фильтра. Особенности чебышевской аппроксимации. Пример аппроксимации.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

#### **Тема 14. Адаптивные фильтры**

**Практическое занятие 14.** Применение ЦФ в системах адаптации. Пример использования ЦФ для адаптации частотной характеристики канала связи.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

#### **Тема 15. Линейное предсказание**

**Практическое занятие 15.** Постановка вопроса и построение линейного предсказывающего устройства на основе ЦФ.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

#### **Тема 16. Передача параметров фильтров линейного предсказывающего устройства.**

**Практическое занятие 16.** Проблема передачи по линии связи параметров линейного предсказывающего устройства

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов), подготовка к тестированию (2 часа).

**Текущий контроль** – тестирование на практическом занятии.

#### **Тема 17. Системы интерполяции.**

**Практическое занятие 17.** Постановка задачи повышения частоты дискретизации дискретного сигнала. Пути её решения.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов).

**Текущий контроль** – устные опросы на практическом занятии.

#### **Тема 18. Системы децимации**

**Практическое занятие 18.** Постановка задачи понижения частоты дискретизации дискретного сигнала. Пути её решения.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическим работам (5 часов), подготовка к зачету(14 часов).

**Текущий контроль** – зачет на практическом занятии.

Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Практическая часть заданий выполняется индивидуально каждым студентом.

Изучение дисциплины заканчивается зачётом. Зачёт проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № 21-23.

## **5. Перечень учебно – методического обеспечения для самостоятельной работы студентов, обучающихся по дисциплине**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине организуется в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы студентов», утвержденным заместителем директора филиала ФБГОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске 02.04.2014 г.

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны:

- методические рекомендации по самостоятельной работе (Приложение Л. РПД Б1.В.ДВ.4.1(СРС));
- методические рекомендации к практическим занятиям (Приложение Л. РПД Б1.В.ДВ.4.1(МР)).

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

### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ОК-3, ОК-7, ПК-5.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (практические занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, , самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе практических работ, тестирования, самостоятельной работы студентов в соответствии с п.4данной рабочей программы а также, успешной сдачи зачёта.

### **6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания**

Сформированности компетенций в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлен различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции:

ОК-3 «способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изучению научного и научно – производственного профиля своей профессиональной деятельности»;

ОК-7 «способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности;

ПК-5 «Владение существующими методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов»;

преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах и ответах студента по практическим занятиям, по результатам тестирования и зачёта по курсу

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- отличий цифровой обработки сигналов от аналоговой обработки сигналов;
- особенности дискретного представления сигнала;
- видов дискретных свёрток и их особенностей;
- вариантов построения структурных схем ЦФ;
- временных и частотных характеристик ЦФ;
- преобразований аналоговых фильтров в цифровые фильтры;
- построение предсказывающих устройств;
- изменение частоты дискретизации сигналов.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции ОК-3, ОК-7, ПК-5 осуществляется на основе текущего контроля ответов студентов на практических занятиях, по результатам тестирования и сдачи зачёта.

Способность при устном ответе пользоваться терминологией цифровой обработки сигналов, различать РЦФ, НЦФ, КИХ, БИХ фильтры, иметь представление о сути линейного предсказания и его назначении соответствует пороговому уровню сформированности компетенции.

В дополнение к пороговому уровню самостоятельно получать частотные и временные характеристики ЦФ, применять математические пакеты для методов цифровой обработки сигналов соответствует продвинутому уровню сформированности компетенций.

В дополнение к продвинутому уровню рассчитывать параметры устройств цифровой обработки сигналов, проводить синтез фильтров по заданным требованиям соответствует эталонному уровню сформированности компетенций.

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является зачет с оценкой, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Зачёт по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» проводится в устной форме, при этом учитываются промежуточные оценки по результатам выполнения практических занятий, тестирования.

Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практические задание

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомы с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка зачёта по дисциплине за 2 семестр.

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примерные вопросы по материалу дисциплины):

#### **Вопросы к тесту №1**

1. Почему практически нельзя выбирать период квантования функции по времени из условия  $T = 1/(2 \cdot f_{\text{макс}})$ ?
2. Как из квантованного по времени сигнала восстановить исходный непрерывный сигнал?
3. Приведите пример использования свёртки во времени.
4. Дискретная свёртка может быть линейной и круговой. В каких случаях применяют только линейную свёртку, а в каких – только круговую?
5. С какой целью применяют метод секционирования при вычислении линейной свёртки?
6. При вычислении линейной свёртки, какой метод секционирования лучше – с перекрытием или без перекрытия?
7. Имеются две гармонических функции, одна из которых имеет частоту втрое большую, чем у другой. Нарисуйте их дискретное представление  $f_1(n)$  и  $f_2(n)$ .
8. Как длина круговой свёртки связана с длинами сворачиваемых функций?
9. Покажите математически (не графически), что  $x(n-k)$  есть зеркальное отображение функции  $x(n)$ .
10. Каков алгоритм ускорения вычисления круговой свёртки?
11. В каких случаях при вычислении круговой свёртки прибегают к секционированию?
12. Поясните, в чём принципиальное различие между рядом Фурье и преобразованием Фурье?
13. Укажите достоинства и недостатки двух оконных функций – прямоугольного окна и окна Хэмминга.
14. Из каких соображений выбирают длительность функции времени при оценке её спектра?
15. Что понимают под смещением спектра и почему оно может возникнуть?
16. Каково расстояние по частоте между соседними отсчётами дискретного спектра?
17. Почему в дискретном спектре сигнала столько же отсчётов, сколько и в дискретном представлении исходной функции?
18. Какой временной интервал будет занимать функция времени, полученная из спектра ДПФ?
19. Суть БПФ?
20. Какова связь между непрерывным преобразованием Фурье и её ДПФ?
21. С какой целью применяют дополнение нулями функции?
22. Чему равно расстояние по частоте между соседними ординатами в спектре ДПФ?
23. Для нахождения ДПФ в математических пакетах ЭВМ имеются встроенные функции для нахождения преобразований Фурье. Пусть дискретная функция времени имеет 80

отсчётов и для неё с использованием встроенных функций находим ДПФ. Затем исходную функцию дополняем нулями до 128 отсчётов и снова находим ДПФ. Сравните полученные ДПФ.

24. Спектр дискретизированной во времени функции занимает весь частотный диапазон. Покажите это математически.
25. Как от нормированного спектра перейти к естественному спектру?
26. Поясните. ДПФ даёт комплексный спектр?
27. Какие применяют методы нормировки по частоте в ЦОС. Их суть.
28. С какой целью применяют преобразование схем ЦФ?
29. Покажите зависимость вида АЧХ ЦФ от нулей и полюсов передаточной функции ЦФ.
30. Почему экстремум частотной характеристики цифрового фильтра первого порядка имеется только на нулевой частоте?
31. В каких случаях используют  $s$  – преобразование, а в каких  $z$  – преобразование?
32. Поясните. Однозначно ли связаны  $s$  и  $z$  плоскости?
33. Как осуществляется переход от  $z$  –изображения функции к её дискретному представлению?
34. Укажите достоинства представления передаточной функции ЦФ в виде произведения биквадратных блоков.
35. Задана передаточная функция ЦФ. Как найти реакцию (выходной сигнал) этого фильтра на входной сигнал  $x(t)$ ?
36. Как по передаточной функции ЦФ найти его импульсную переходную функцию?
37. ЦФ можно разделить на НЦФ и РЦФ или на БИХ и КИХ фильтры. В чём различие таких разделений?

## Вопросы к тесту № 2

1. Приведите схемы рекурсивных фильтров и укажите их особенности.
2. Укажите связь между передаточной функцией цифрового фильтра и его импульсной характеристикой.
3. Как найти выходной сигнал ЦФ на заданный входной сигнал?
4. Суть нормировки по частоте частотных характеристик ЦФ. Как осуществляется переход от нормированной частоты к естественной.
5. Укажите достоинства и недостатки фильтров Баттерворта.
6. Укажите порядок действий для получения передаточной функции фильтра Баттерворта.
7. Особенности характеристик фильтров Чебышева, Бесселя и эллиптических фильтров.
8. Как из нормированного аналогового ФНЧ перейти к другим ненормированным избирательным фильтрам?
9. С какой целью проводят нормировку по сопротивлению избирательных аналоговых фильтров? В чём суть нормировки?
10. Суть преобразования частотной характеристики аналогового фильтра в цифровую методом инвариантной импульсной характеристики.
11. Суть аппроксимации частотной характеристики по методу Чебышева.
12. Поясните. После преобразования аналогового избирательного фильтра в цифровой его частотная характеристика будет нормированной или естественной?
13. Какие качества аналоговых фильтров не сохраняются при билинейном преобразовании их передаточной функции.

14. Покажите, что в устойчивом ЦФ полюса должны располагаться внутри круга единичного радиуса.
15. При билинейном преобразовании производится промежуточное преобразование частотной характеристики ЦФ в нормированный аналоговый фильтр. Зачем?
16. С какой целью при билинейном преобразовании синтезируемый фильтр представляют в виде последовательно соединённых биквадратных звеньев?
17. Фильтр, полученный в результате билинейного преобразования, имеет нормированную или естественную частотную характеристику? Поясните.
18. Поясните необходимость квантования коэффициентов цифровых фильтров и его влияние на АЧХ.
19. Поясните необходимость масштабирования коэффициентов ЦФ.
20. Почему в ЦФ может переполняться разрядная сетка при выполнении арифметических операций?
21. Суть определения коэффициента масштабирования в ЦФ с использованием его импульсной характеристики.
22. Почему в ЦФ возникает необходимость округления промежуточных результатов?
23. Почему при масштабировании коэффициентов ЦФ возникают искажения его АЧХ?
24. Каким должно бы быть идеальное окно при спектральном оценивании сигнала, Почему?
25. Каким компромиссом руководствуются при выборе типа окна в спектральном оценивании сигнала?
26. Почему экстремум частотной характеристики цифрового фильтра первого порядка имеется только на нулевой частоте?
27. Можно ли по передаточной функции цифрового фильтра указать возможное число пиков его АЧХ.
28. Укажите суть оптимальной аппроксимации заданной частотной характеристики фильтра.
29. Есть ли различие в частотной характеристики фильтра, полученной методом наименьших квадратов и методом оптимальной аппроксимации?
30. Формулировка задачи линейного предсказания. Зачем выполняют устройства с предсказанием назад.
31. Систему уравнений Юла-Уолкера можно решить классическим методом Гаусса. Почему так обычно не поступают?
32. Суть определения параметров предсказывающего устройства по методу Левинсона-Дарбина.
33. Проблемы передачи параметров предсказывающего устройства
34. Задача линейного предсказания. Предсказание «вперёд», «назад». Передаточная функция предсказывающего устройства.
35. Суть однократной интерполяции и структурная схема устройства для её получения.
36. Суть однократной децимации и структурная схема устройства для её получения.

### **Вопросы к зачёту по курсу «Цифровая обработка сигналов»**

1. Почему практически нельзя выбрать период квантования функции по времени из условия  $T = 1/(2 \cdot f_{\max})$ ?
2. Как из квантованного по времени в соответствии с теоремой Котельникова сигнала восстановить исходный непрерывный сигнал?
3. Как связан спектр непрерывного во времени сигнала со спектром соответствующего ему дискретного сигнала?

4. Как выбирают шаг квантования сигнала по времени, если из квантованного сигнала получают непрерывный сигнал с использованием аппроксимирующих многочленов?
5. Покажите математически (не графически), что  $x(n-k)$  есть зеркальное отображение функции  $x(n)$ , сдвинутое от начала координат на величину  $k$ .
6. Имеются сумма двух гармонических функции, одна из которых имеет частоту втрое большую, чем у другой. Нарисуйте дискретное представление этого суммарного сигнала, вычислив период дискретизации.
7. При вычислении круговой свёртки меньшую по длине функцию дополняют нулями. Зачем?
8. Каково назначение оконных функций при вычислении спектров сигналов?
9. Укажите достоинства и недостатки двух оконных функций – прямоугольного окна и окна Хэмминга.  
Из каких соображений выбирают длительность функции времени при оценке её спектра?
10. Каким компромиссом руководствуются при выборе типа окна в спектральном оценивании сигнала?
11. Что понимают под смещением спектра и почему оно может возникнуть?
12. Каково расстояние по частоте между соседними отсчётами дискретного спектра?
13. Почему в дискретном спектре сигнала столько же отсчётов, сколько и в дискретном представлении исходной функции?
14. Какой временной интервал будет занимать функция времени, полученная из спектра ДПФ?
15. Суть БПФ?
16. Как изменится дискретный спектр сигнала при дополнении сигнала нулями? Ответ обосновать.
17. При получении дискретного спектра сигнал часто добавляют нулями. В каких случаях и зачем?
18. Из дискретного спектра, используя обратное ДПФ, получают сигнал дискретный по времени. Поясните, какой временной интервал он будет занимать?
19. Как от нормированного спектра перейти к естественному?
20. Какие применяют методы нормировки по частоте в ЦОС. Их суть.
21. С какой целью применяют преобразование схем ЦФ?
22. Покажите зависимость вида АЧХ ЦФ от нулей и полюсов передаточной функции ЦФ.
23. Почему экстремум частотной характеристики цифрового фильтра первого порядка имеется только на нулевой частоте?
24. В каких случаях используют  $s$  – преобразование, а в каких  $z$  – преобразование?
25. Укажите связь  $s$  и  $z$  плоскостей?
26. Как по передаточной функции ЦФ найти его импульсную переходную функцию?
27. ЦФ можно разделить на НЦФ и РЦФ или на БИХ и КИХ фильтры. В чём различие таких разделений?
28. Какими способами можно найти выходной сигнал ЦФ на заданный входной сигнал?
29. Как осуществляется переход от  $z$  –изображения функции к её дискретному представлению?
30. Укажите достоинства представления передаточной функции ЦФ в виде произведения биквадратных блоков.
31. Задана передаточная функция ЦФ. Как найти реакцию (выходной сигнал) этого фильтра на входной сигнал  $x(t)$ ?
32. Как по передаточной функции ЦФ найти его импульсную переходную функцию?
33. ЦФ можно разделить на НЦФ и РЦФ или на БИХ и КИХ фильтры. В чём различие таких разделений

34. Укажите порядок действий для получения передаточной функции фильтра Баттерворта.
35. Получение принципиальной схемы нормированного фильтра нижних частот Баттерворта.
36. Имеются фильтры Чебышева первого и второго рода одинаковых порядков. Поясните особенности их частотных характеристик.
37. Как от нормированного аналогового ФНЧ перейти к другим ненормированным избирательным фильтрам?
38. С какой целью проводят нормировку по сопротивлению избирательных аналоговых фильтров? В чём суть нормировки?
39. Суть преобразования частотной характеристики аналогового фильтра в цифровую методом инвариантной импульсной характеристики.
40. При билинейном преобразовании производится промежуточное преобразование частотной характеристики ЦФ в нормированный аналоговый фильтр. Зачем?
41. С какой целью при билинейном преобразовании синтезируемый фильтр представляют в виде последовательно соединённых биквадратных звеньев?
42. Фильтр, полученный в результате билинейного преобразования, имеет нормированную или естественную частотную характеристику? Поясните.
43. Поясните необходимость квантования коэффициентов цифровых фильтров и его влияние на АЧХ.
44. Поясните необходимость масштабирования коэффициентов ЦФ.
45. Почему в ЦФ может переполняться разрядная сетка при выполнении арифметических операций?
46. Суть определения коэффициента масштабирования в ЦФ с использованием его импульсной характеристики.
47. Почему в ЦФ возникает необходимость округления промежуточных результатов?
48. Покажите, что в устойчивом ЦФ полюса должны располагаться внутри круга единичного радиуса.
49. Суть синтеза фильтров с применением окон.
50. Как можно получить частотную характеристику фильтра с косинусоидальным сглаживанием?
51. Чем будут различаться аппроксимирующие частотные характеристики фильтров, полученные по методу наименьших квадратов и методом оптимизации по Чебышеву?
52. Формулировка задачи линейного предсказания. Зачем выполняют устройства с предсказанием «назад»?
53. Укажите возможные области применения фильтров линейного предсказания.
54. Систему уравнений Юла-Уолкера можно решить классическим методом Гаусса. Почему так обычно не поступают?
55. Суть определения параметров предсказывающего устройства по методу Левинсона-Дарбина.
56. Проблемы передачи параметров предсказывающего устройства.
57. Сформулируйте задачу линейного предсказания «вперёд», и «назад». Зачем нужно предсказание «назад».
58. Почему предсказывающее устройство практически всегда выполняется как НЦФ?
59. Приведите пример необходимости применения повышения или понижения частоты дискретизации сигнала.
60. Изменяется ли спектр сигнала в основной полосе частот при интерполяции и децимации?
61. Почему при децимации нельзя просто из отчётов исходного сигнала оставить только те, которые соответствуют новой пониженной частоте дискретизации?

62. Поясните. Имеются ли ограничения на кратность интерполяции и децимации исходного дискретного сигнала?

#### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в:

- методических рекомендациях по самостоятельной работе (Приложение Л. РПД Б1.В.ДВ.4.1 (СРС));
- методических рекомендациях к практическим занятиям (Приложение Л. РПД Б1.В.ДВ.4.1(МР));

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

##### **а) основная литература**

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2007, - 751 с. : ил
2. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. - 3-е изд., испр. - М. : Техносфера, 2012. - 1048 с. - (Мир радиоэлектроники). - ISBN 978-5-94836-329-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233730> (27.11.2015).
3. Пучков Ю.И. Аналоговая и цифровая обработка сигналов. Методические указания к лабораторным и практическим занятиям по курсу «Прикладные методы анализа данных» Смоленск: филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)», 2007.-20с. (20 экз))

##### **б) дополнительная литература**

1. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций / Авторы: А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.М. Арбузов, Е.Б. Соловьёва /Изд. 2-е испр. и перераб. – СХВ.- Петербург, 2005. – 768 с. :ил.
2. Строгонов, А.В. Цифровая обработка сигналов в базисе программируемых логических интегральных схем [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 310 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=68427](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68427) — Загл. с экрана.
3. 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]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233733> (27.11.2015)
4. Щетинин, Ю.И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB : учебное пособие / Ю.И. Щетинин. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 115 с. - ISBN 978-5-7782-1807-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229142> (27.11.2015)

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.intuit.ru/>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина предусматривает один раз в неделю, практические занятия. Изучение курса завершается зачётом.

Лекции и лабораторные работы по курсу учебным планом не предусмотрены.

Успешное изучение курса требует активной работы на практических занятиях и, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам. Основная цель проведения практических занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание практических занятий фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы; закрепляют знания, полученные в процессе обучения и самостоятельной работы над литературой; расширяют объём профессионально значимых знаний, умений, навыков; позволяют проверить правильность ранее полученных знаний; прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления; способствуют свободному оперированию терминологией; предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к практическим занятиям необходимо просмотреть методические указания, размещённые в компьютерном классе, где проводятся практические занятия по курсу; рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент предъявляет на экране компьютера полученный результат работы. Допускается представление преподавателю результатов выполнения индивидуального задания в рукописном варианте (или в любом текстовом редакторе).

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объём выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

Преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки выполнения задания и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

При подготовке к зачёту, помимо выполнения всех индивидуальных заданий, в, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к зачёту нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

**Самостоятельная работа студентов (СРС)** по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту в процессе проведения практических занятий.

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

При проведении **практических** занятий предусматривается использование математических пакетов MahtCad, MATLAB

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**Практические занятия** по данной дисциплине проводятся в компьютерном классе, имеющим локальную сеть, а также учебную доску.

Автор  
канд. техн. наук, доцент

Ю.И.Пучков

Зав. кафедрой ВТ  
д-р техн. наук, профессор

А.С. Федулов

Программа одобрена на заседании кафедры ВТ 28 августа 2015 года, протокол № 01.

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но мер изм ене ния	Номера страниц				Всег о стра ниц в доку мент е	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изменения в данный экземпляр	Дата внесения изменения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	изм ене нны х	зам ене нны х	нов ых	анн ули ров анн ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10