

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
В.Ф. УТКИНА"



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по РОПиМД

А.В. Корячко

2020 г.

**Основы цифровой обработки сигналов**  
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	<b>Телекоммуникации и основы радиотехники</b>
Учебный план	12.05.01_20_00.plx
Квалификация	Специальность 12.05.01 Электронные и опико-электронные приборы и системы специального назначения <b>инженер</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Общая трудоемкость	<b>5 ЗЕТ</b>

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	16			
Неделя	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,35	0,35	0,35	0,35
Консультирование перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	66,35	66,35	66,35	66,35
Контактная работа	66,35	66,35	66,35	66,35
Сам. работа	60	60	60	60
Часы на контроль	53,65	53,65	53,65	53,65
Итого	180	180	180	180

г. Рязань

Программу составил(и):

д.техн.н., проф., Витязев В.В.



Рабочая программа дисциплины

**Основы цифровой обработки сигналов**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - специалитет по специальности 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения (приказ Минобрнауки России от 09.02.2018 г. № 93)

составлена на основании учебного плана:

Специальность 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения  
утвержденного учёным советом вуза от 30.01.2020 протокол № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Телекоммуникации и основы радиотехники**

Протокол от 10.2 2020 г. № 5  
Срок действия программы: 2020-2021 уч.г.



---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры  
**Телекоммуникации и основы радиотехники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2021 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры  
**Телекоммуникации и основы радиотехники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2022 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры  
**Телекоммуникации и основы радиотехники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2023 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры

**Телекоммуникации и основы радиотехники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2024 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

<b>1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>	
1.1	Целью освоения дисциплины "Основы цифровой обработки сигналов" является формирование у студентов знаний основ теории и математического аппарата цифровой обработки сигналов (ЦОС), а также навыков их использования при построении современных систем специального назначения.
1.2	Задачи дисциплины: определить предмет и задачи информационных технологий реального времени; заложить основы теории цифровой обработки сигналов на примере проектирования цифровых фильтров частотной селекции и дискретных преобразований; изложить постановку и методику решения задачи аппроксимации в классе КИХ- и БИХ-цепей; научить методике анализа влияния собственных шумов и неточного представления весовых коэффициентов на качество работы систем ЦОС; дать представление о постановке и решение задачи оптимального проектирования систем ЦОС; заложить основы теории многоскоростной обработки сигналов и ее применения для эффективной реализации цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей; ознакомить с основами теории двумерных цифровых цепей.

<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Математика
2.1.2	Метрология, стандартизация и сертификация
2.1.3	Методы оптимизации
2.1.4	Физика
2.1.5	Ознакомительная практика
2.1.6	Учебная практика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Производственная практика
2.2.2	Теория автоматического управления
2.2.3	Проектирование систем управления
2.2.4	Современные технологии в оптико-электронной технике
2.2.5	Основы мехатроники и робототехники
2.2.6	Идентификация и диагностика систем управления
2.2.7	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.8	Научно-исследовательская работа
2.2.9	Преддипломная практика
2.2.10	Производственная практика

<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>	
<b>ОПК-1: Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем и применять методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения</b>	
<b>ОПК-1.1. Выявляет естественнонаучную сущность проблем, возникающих в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения</b>	
<b>Знать</b> методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения.	
<b>Уметь</b> выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения.	
<b>Владеть</b> навыками исследования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов и использованием инструментальных средств естественно-научных дисциплин.	
<b>ОПК-1.2. Применяет методы математического анализа и моделирования для решения проблем, возникающих в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения</b>	

<b>Знать</b> принципы функционирования и методы проектирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.
<b>Уметь</b> применять методы математического анализа и моделирования для решения проблем, возникающих в инженерной
<b>Владеть</b> методами математического анализа, моделирования и проектирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

<b>3.1 Знать:</b>
3.1.1 Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов; математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей; дискретное преобразование Фурье, алгоритм БПФ, быстрая свертка; основы многоскоростной обработки сигналов и методы построения цифровых фильтров с прореживанием по времени и по частоте; основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях; математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов.
<b>3.2 Уметь:</b>
3.2.1 Применять свои знания к решению практических задач цифровой обработки сигналов.
<b>3.3 Владеть:</b>
3.3.1 Навыками использования методов и алгоритмов преобразования и обработки сигналов в цифровых цепях с применением моделирующей среды MATLAB при построении современных систем специального назначения.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	<b>Раздел 1. Основы цифровой обработки сигналов</b>					
1.1	ЦОС - информатика реального времени. Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях /Тема/	5	0			
1.2	/Лек/	5	4	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.6Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.3	/Ср/	5	2	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.6Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.4	Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Дискретное преобразование Фурье, алгоритм БПФ, быстрая свертка	5	0			
1.5	/Лек/	5	10	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.6	/Пр/	5	12	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен

1.7	/Лаб/	5	12	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Лабораторная работа
1.8	/Ср/	5	24	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.6Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.9	Основы многоскоростной обработки сигналов и методы построения цифровых фильтров с прореживанием по времени и по частоте /Тема/	5	0			
1.10	/Лек/	5	10	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.11	/Лаб/	5	4	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Лабораторная работа
1.12	/Ср/	5	16	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.6Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.13	Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях /Тема/	5	0			
1.14	/Лек/	5	4	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.6Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.15	/Пр/	5	4	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.6Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.16	/Ср/	5	10	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.6Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.17	Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов /Тема/	5	0			
1.18	/Лек/	5	4	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен

1.19	/Ср/	5	8	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.6Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
<b>Раздел 2. Промежуточная аттестация</b>						
2.1	Подготовка к экзамену, иная контактная работа /Тема/	5	0	<все>		
2.2	Подготовка к экзамену /Экзамен/	5	53,65		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
2.3	Консультация перед экзаменом /Кнс/	5	2		Л2.2 Л2.3 Л2.4	
2.4	Сдача экзамена /ИКР/	5	0,35		Л2.2 Л2.3 Л2.4	

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы дисциплины "Основы цифровой обработки сигналов")

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Алан Оппенгейм, Рональд Шафер, Кулешов С. А., Махиянова Е. Б., Орлова Н. Ф.	Цифровая обработка сигналов	Москва: Техносфера, 2012, 1048 с.	978-5-94836-329-5, <a href="http://www.iprbookshop.ru/26906.html">http://www.iprbookshop.ru/26906.html</a>
Л1.2	Щегинин Ю. И.	Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB : учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011, 115 с.	978-5-7782-1807-9, <a href="http://www.iprbookshop.ru/44896.html">http://www.iprbookshop.ru/44896.html</a>
Л1.3	Яковлев А. Н., Соколова Д. О.	Цифровая фильтрация и синтез цифровых фильтров : учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012, 64 с.	978-5-7782-1964-9, <a href="http://www.iprbookshop.ru/45192.html">http://www.iprbookshop.ru/45192.html</a>
Л1.4	Гадзиковский В. И.	Цифровая обработка сигналов	Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2017, 766 с.	978-5-91359-117-3, <a href="http://www.iprbookshop.ru/90342.html">http://www.iprbookshop.ru/90342.html</a>
Л1.5	Умняшкин С. В.	Основы теории цифровой обработки сигналов : учебное пособие	Москва: Техносфера, 2019, 550 с.	978-5-94836-557-2, <a href="http://www.iprbookshop.ru/93353.html">http://www.iprbookshop.ru/93353.html</a>



№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.6	Витязев В.В.	Цифровые цепи и сигналы : учеб. пособие	Рязань, 2012, 236 с.	39
Л1.7	Витязев В.В.	Многоскоростная обработка сигналов	М.: Горячая линия - Телеком, 2018, 336с.; ил.	978-5-9912-0636-5, 20
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Калачиков А. А.	Математические основы цифровой обработки сигналов : методические указания к практическим занятия	Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014, 67 с.	2227-8397, <a href="http://www.iprbookshop.ru/55481.html">http://www.iprbookshop.ru/55481.html</a>
Л2.2	Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьева Е.Б.	Основы цифровой обработки сигналов : Учеб.пособие	СПб.:БХВ-Петербург, 2005, 768с.	5-94157-604-8, 5
Л2.3	Сергиенко А.Б.	Цифровая обработка сигналов : Учеб.для вузов	СПб.:Питер, 2006, 750с.	5-469-00816-9, 1
Л2.4	Солонина А.И., Клионский Д.М., Меркучева Т.В., Перов С.Н.	Цифровая обработка сигналов и MATLAB : учеб. пособие	СПб.: БХВ-Петербург, 2013, 512с.+CD-ROM	978-5-9775-0919-0, 40
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Витязев В.В., Линович А.Ю.	Основы цифровой обработки сигналов. Часть 1: методические указания к лабораторным работам : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2020,	<a href="https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2603">https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2603</a>
Л3.2	Витязев В.В., Линович А.Ю., Никишкин П.Б.	Основы цифровой обработки сигналов. Часть 2: методические указания к лабораторным работам : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2020,	<a href="https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2604">https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2604</a>
Л3.3	Витязев В.В., Линович А.Ю., Никишкин П.Б.	Основы цифровой обработки сигналов. Часть 3: методические указания к лабораторным работам : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2020,	<a href="https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2605">https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2605</a>
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"</b>				
Э1	Официальный интернет портал РГРТУ [электронный ресурс] <a href="http://www.rsreu.ru">http://www.rsreu.ru</a>			
Э2	Образовательный портал РГРТУ [электронный ресурс]. - Режим доступа: по паролю.- <a href="https://edu.rsreu.ru">https://edu.rsreu.ru</a>			
Э3	Электронная библиотека РГРТУ [электронный ресурс]. - Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ - по паролю. - <a href="http://elib.rsreu.ru/">http://elib.rsreu.ru/</a>			
Э4	Электронно-библиотечная система IPRbooks [электронный ресурс]. - Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ - свободный, доступ из сети интернет- по паролю. - <a href="https://www.iprbookshop.ru/">https://www.iprbookshop.ru/</a>			
Э5	Электронно-библиотечная система «Лань» [электронный ресурс]. - Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ - свободный, доступ из сети интернет- по паролю. - <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>			

**6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем****6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

Наименование	Описание
Adobe Reader	
Операционная система Windows 7	
Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
LibreOffice	Свободное ПО
MATLAB	

**6.3.2 Перечень информационных справочных систем**

6.3.2.1	Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ <a href="http://www.garant.ru">http://www.garant.ru</a>
6.3.2.2	Система КонсультантПлюс <a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>
6.3.2.3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (договор об информационной поддержке №1342/455-100 от 28.10.2011 г.)

**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1	423 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель (80 мест), 1 мультимедиа проектор, 1 экран, 1 компьютер, доска
2	422 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, лабораторных работ, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель (25 мест), 11 компьютеров с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, 1 мультимедиа проектор, 1 экран, доска, стенды для проведения лабораторных работ.

**8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Методические материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методическое обеспечение дисциплины "Основы цифровой обработки сигналов")

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Ф. УТКИНА**

Кафедра «Телекоммуникации и основы радиотехники»

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

***ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ  
ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ***

Специальность 12.05.01  
«Электронные и оптико-электронные приборы  
и системы специального назначения»

**ОПОП**  
«Оптико-электронные информационно-измерительные приборы и системы»

Квалификация выпускника – инженер

Формы обучения – очная

Рязань 2020 г.

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимися в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения лабораторных работ и индивидуальных заданий на практических занятиях. При оценивании результатов освоения лабораторных работ и практических занятий применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных и практических работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой.

Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленными для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена.

Форма проведения экзамена – письменный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. После выполнения письменной работы обучающегося производится ее оценка преподавателем и, при необходимости, проводится теоретическая беседа с обучаемым для уточнения экзаменационной оценки.

## Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по темам)	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	2	3	4
1	<i>Тема 1</i> ЦОС - информатика реального времени. Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Экзамен
2	<i>Тема 2</i> Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Дискретное преобразование Фурье, алгоритм БПФ, быстрая свертка	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Экзамен, лабораторная работа
3	<i>Тема 3</i> Основы многоскоростной обработки сигналов и методы построения цифровых фильтров с прореживанием по времени и по частоте	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Экзамен, лабораторная работа
4	<i>Тема 4</i> Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Экзамен
5	<i>Тема 5</i> Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Экзамен

### Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1). Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2). Умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи.
- 3). Ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, умение
- 4). Качество ответа (его общая композиция, логичность, убежденность,

общая эрудиция)

5). Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Уровень освоения сформированности знаний, умений и навыков по дисциплине оценивается в форме бальной отметки:

**«Отлично»** заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

**«Хорошо»** заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

**«Удовлетворительно»** заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

**«Неудовлетворительно»** выставляется студенту, обнаружившему проблемы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **Типовые контрольные задания или иные материалы**

### **Вопросы к экзамену по дисциплине**

1. Основные этапы проектирования системы ЦОС.
2. Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования цифровых фильтров.
4. Элементарные цифровые звенья и их графическое отображение.

5. Математическое описание класса операторов линейных цифровых цепей, инвариантных к сдвигу: уравнение свертки, импульсная характеристика.
6. Дискретное преобразование Лапласа и его связь с  $Z$ -преобразованием.
7.  $Z$ -преобразование и его свойства.
8. Обратное  $Z$ -преобразование и его вычисление.
9. Преобразование Фурье и его связь с  $Z$ -преобразованием.
10. Устойчивость и физическая реализуемость линейных цифровых цепей.
11. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в  $Z$ -области.
12. Передаточная функция цифровой цепи. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением.
13. Передаточные функции и импульсные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
14. Передаточные функции и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка.
15. Оценка устойчивости цифровых цепей по передаточной функции. Карта нулей и полюсов.
16. Частотные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
17. Частотные характеристики цифровых звеньев второго порядка.
18. Фазовые цифровые звенья и их свойства.
19. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в пространстве состояний.
20. Определение уравнений состояния и выхода цифровой цепи по передаточной функции.
21. Математическое описание дискретных сигналов. Связь между спектрами аналогового и дискретного сигналов.
22. Дискретизация узкополосного сигнала. Теорема Котельникова для узкополосных сигналов.
23. Формирование сигнала с одной боковой полосой. Модулятор Уивера.
24. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
25. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.
26. Математическое описание цифровых фильтров в классах КИХ- и БИХ-цепей. Сравнительный анализ эффективности двух классов линейных цифровых цепей.
27. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе БИХ-цепей.
28. Синтез БИХ-фильтров методом инвариантной импульсной характеристики.
29. Методы синтеза аналоговых фильтров-прототипов.
30. Билинейное преобразование и его применение для синтеза ЦФ в классе БИХ-цепей.
31. Каноническая и каскадная формы БИХ-фильтров.
32. Разностное уравнение ЦФ в классе БИХ-цепей.
33. Проблемы устойчивости и чувствительности характеристик цифровых БИХ-фильтров.

34. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе КИХ-цепей.
35. Прямая и каскадная формы реализации ЦФ в классе КИХ-цепей.
36. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ. Синтез КИХ-фильтров методом окон.
37. Метод частотной выборки и его модификации.
38. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ.
39. Цифровые согласованные фильтры и их вычисление методом быстрой свертки.
40. Цифровые преобразователи Гильберта и дифференциаторы.
41. Математическая формализация и решение задачи оптимального проектирования цифровых фильтров.
42. Прямая и обратная задачи оптимального проектирования цифровых фильтров. Методы декомпозиции.
43. Децимация, как способ понижения частоты дискретизации.
44. Интерполяция, как способ повышения частоты дискретизации.
45. Метод синтеза узкополосного фильтра на основе децимации и интерполяции.
46. Многоступенчатая структура ЦФ: оптимальный синтез.
47. Полифазная форма фильтра-дециматора.
48. Параллельная форма фильтра-дециматора.
49. Цифровые гребенчатые фильтры: отличительные особенности и основные характеристики.
50. Метод синтеза структуры узкополосного ЦФ на основе децимации и интерполяции импульсной характеристики.
51. Оптимальный синтез многокаскадной структуры узкополосного ЦФ на основе децимации и интерполяции импульсной характеристики.
52. Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Линейная модель шума квантования.
53. Шум аналого-цифрового преобразования и его оценка.
54. Шумы округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной и плавающей запятой.
55. Шумовая модель ЦФ первого порядка и его оценка.
56. Шумовая модель ЦФ второго порядка и его оценка.
57. Вычисление собственного шума на выходе линейной цифровой цепи.
58. Эффекты переполнения в сумматорах и борьба с ними. Ограничение динамического диапазона. Масштабирование.
59. Шумовая модель Джексона и ее применение для масштабирования переменных и оценки собственного шума.
60. Квантование коэффициентов ЦФ и оценка его влияния.
61. Колебания предельного цикла.
62. Математическое описание нелинейных дискретных систем и цифровых цепей на основе функциональных рядов и полиномов Вольтерры.
63. Двумерные сигналы и цепи: математическое описание. Типовые двумерные последовательности. Основные операции.



64. Устойчивость и физическая реализуемость двумерных систем. Разделимые системы.
65. Дискретизация двумерных сигналов. Двумерное  $Z$ -преобразование и его свойства. Двумерное дискретное преобразование Фурье.
66. Двумерные БИХ-фильтры: описание и свойства.
67. Двумерные КИХ-фильтры. Реализация на основе ДПФ.
68. Описание двумерных систем и цифровых цепей в пространстве состояний. Управляемость и наблюдаемость.
69. Эффекты квантования в двумерных системах и цифровых цепях.

### **План практических занятий**

**Тема 2. Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Дискретное преобразование Фурье, алгоритм БПФ, быстрая свертка (12 часов).**

Цель: Изучение математических методов анализа и построения линейных цифровых цепей с заданными свойствами частотной избирательности, в том числе с использованием дискретного преобразования Фурье и алгоритма БПФ.

Вопросы для обсуждения:

1. Математическое описание класса операторов линейных цифровых цепей, инвариантных к сдвигу: уравнение свертки, импульсная характеристика.
2.  $Z$ -преобразование и его вычисление.
3. Обратное  $Z$ -преобразование и его вычисление.
4. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в  $Z$ -области.
5. Передаточная функция цифровой цепи. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением.
6. Передаточные функции и импульсные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
7. Передаточные функции и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка.
8. Оценка устойчивости цифровых цепей по передаточной функции. Карта нулей и полюсов.
9. Частотные характеристики цифровых звеньев первого порядка.
10. Частотные характеристики цифровых звеньев второго порядка.
11. Дискретное преобразование Фурье и его вычисление. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
12. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.
13. Билинейное преобразование и его применение для синтеза ЦФ в классе БИХ-цепей.

14. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ.
15. Математическая формализация и решение задачи оптимального проектирования цифровых фильтров.

### Примеры типовых заданий

#### БИЛЕТ № 1-1

1. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в  $Z$ -области.
2. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе БИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ вход  $x(n)$  и выход  $y(n)$ , которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) + 2x(n-2) + y(n-1) + 2y(n-2) - 3y(n-3)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей  $x(n)$  и  $h(n)$ , представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного  $x(n)$ , выходного  $y(n)$  сигналов и импульсной характеристики  $h(n)$ :

$$X = \{1; 1; -1; -1\}; \quad H = \{1; 0,5; 0,25; 0\}$$

#### БИЛЕТ № 1-2

1. Математическая постановка задачи оптимального проектирования цифровых фильтров.
2. Передаточная функция цифровой цепи. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход  $x(n)$  и выход  $y(n)$ , которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-3) + 2y(n-1) - y(n-4)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей  $x(n)$  и  $h(n)$ , представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного  $x(n)$ , выходного  $y(n)$  сигналов и импульсной характеристики  $h(n)$ :

$$X = \{1; 1; -1; -1\}; \quad H = \{1; -0,5; 0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-3

1. Элементарные цифровые звенья и их графическое отображение.
2. Разностное уравнение ЦФ в классе БИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход  $x(n)$  и выход  $y(n)$ , которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) + 3x(n-3) + x(n-4) - y(n-1) + 2y(n-5)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей  $x(n)$  и  $h(n)$ , представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного  $x(n)$ , выходного  $y(n)$  сигналов и импульсной характеристики  $h(n)$ :

$$X = \{1; -1; 1; -1\}; \quad H = \{0; 0,5; 0,1; 0,5; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-4

1. Математическое описание класса операторов линейных цифровых цепей, инвариантных к сдвигу: уравнение свертки, импульсная характеристика.
2. Постановка и решение задачи аппроксимации функции передачи ЦФ в классе КИХ-цепей.
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход  $x(n)$  и выход  $y(n)$ , которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = x(n) - 2x(n-1) + 3x(n-2) - y(n-1) + 5y(n-4)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей  $x(n)$  и  $h(n)$ , представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного  $x(n)$ , выходного  $y(n)$  сигналов и импульсной характеристики  $h(n)$ :

$$X = \{1; -1; 1; -1\}; \quad H = \{-1; 0,5; -0,25; 0\}$$

БИЛЕТ № 1-5

1. Z-преобразование и его свойства
2. Основные этапы проектирования системы ЦОС
3. Как графически отображается структура ЦФ, вход  $x(n)$  и выход  $y(n)$ ,

которого связаны уравнением вида:

$$y(n) = 3x(n) - x(n-5) + y(n-1) + 2y(n-2) - 4y(n-5)$$

4. Вычислите свертку двух временных последовательностей  $x(n)$  и  $h(n)$ , представленных в виде трансформированных векторов, и нарисуйте графики входного  $x(n)$ , выходного  $y(n)$  сигналов и импульсной характеристики  $h(n)$ :

$$X = \{1; 1; -1; -1\}; \quad H = \{0; 0,5; 0,1; 0,5; 0\}$$

### БИЛЕТ № 2-1

1. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
2. Метод частотной выборки.
3. Найти передаточную функцию  $H(z)$ , определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-1) + 0,25y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2 \sin \frac{2\pi}{16} n + \cos 2 \frac{2\pi}{16} n.$$

### БИЛЕТ № 2-2

1. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка (действительные корни).
2. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.
3. Найти передаточную функцию  $H(z)$ , определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = x(n) - 2x(n-1) + 1,3y(n-1) - 0,4y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = \sin \frac{2\pi}{16} n + \cos 3 \frac{2\pi}{16} n.$$

БИЛЕТ № 2-3

1. Передаточная функция, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев первого порядка.

2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.

3. Найти передаточную функцию  $H(z)$ , определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = x(n) + x(n-2) - 1,3y(n-1) - 0,4y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2 \sin \frac{2\pi}{16} n + \cos 4 \frac{2\pi}{16} n.$$

БИЛЕТ № 2-4

1. Передаточные функции, частотные и импульсные характеристики цифровых звеньев второго порядка (действительные корни)

2. Алгоритм быстрого преобразования Фурье и его вычислительная эффективность.

3. Найти передаточную функцию  $H(z)$ , определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 3x(n) - 2x(n-1) + 1,6y(n-1) - 0,63y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 0,5 \sin \frac{2\pi}{16} n + \cos 2 \frac{2\pi}{16} n.$$

БИЛЕТ № 2-5

1. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
2. Метод частотной выборки.
3. Найти передаточную функцию  $H(z)$ , определить тип фильтра и степень его устойчивости по положению полюсов. Построить АЧХ и ФЧХ фильтра, если:

$$y(n) = 5x(n) - x(n-1) - 1,6y(n-1) - 0,63y(n-2).$$

4. Построить ДПФ дискретного сигнала:

$$y(n) = 2 \sin 2 \frac{2\pi}{16} n - \cos \frac{2\pi}{16} n.$$

#### **Тема 4. Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях (4 часа)**

Цель: Изучение методики анализа эффектов квантования в цифровых цепях.

Вопросы для обсуждения:

1. Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Линейная модель шума квантования.
2. Шумы округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной запятой.
3. Шумовая модель ЦФ первого порядка и его оценка.
4. Шумовая модель ЦФ второго порядка и его оценка.
5. Вычисление собственного шума на выходе линейной цифровой цепи.
6. Эффекты переполнения в сумматорах и борьба с ними. Ограничение динамического диапазона. Масштабирование.
7. Шумовая модель Джексона и ее применение для масштабирования переменных и оценки собственного шума.
8. Квантование коэффициентов ЦФ и оценка его влияния.

#### **Примеры типовых заданий**

##### БИЛЕТ № 3-1

1. Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Линейная модель шума квантования.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 2x(n) - x(n-1) + 0,25y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-2

1. Шум аналого-цифрового преобразования и его оценка.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = x(n) - 2x(n-1) + 1,3y(n-1) - 0,4y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-3

1. Шумы округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной запятой.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = x(n) + x(n-2) - 1,3y(n-1) - 0,4y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-4

1. Шумовая модель ЦФ первого порядка и его оценка.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 3x(n) - 2x(n-1) + 1,6y(n-1) - 0,63y(n-2).$$

БИЛЕТ № 3-5

1. Шумовая модель ЦФ второго порядка и его оценка.
2. Построить шумовую модель ЦФ и рассчитать дисперсию собственного шума на его выходе при 16-разрядном представлении данных на выходах умножителей, если:

$$y(n) = 5x(n) - x(n-1) - 1,6y(n-1) - 0,63y(n-2).$$

**Типовые задания для самостоятельной работы**

1. Дайте определение следующих терминов: «полоса пропускания», «показатели частотной избирательности».
2. Какие исходные данные необходимо иметь при моделировании цифровых фильтров?
3. Какой физический смысл имеют коэффициенты КИХ-фильтра?
4. Какие существуют этапы проектирования цифровых фильтров частотной селекции?
5. Что такое прямоугольность и узкополосность АЧХ? Как изменяются требования к порядку фильтра при их изменении?
6. Какие негативные последствия повлечёт за собой неоправданное увеличение или уменьшение порядка КИХ-фильтра?
7. В чём заключается сущность операций децимации и интерполяции?
8. Структурная схема узкополосного фильтра на основе децимации и интерполяции. Основные особенности.
9. Что такое максимально возможный коэффициент децимации?
10. Какие критерии используются при расчете оптимальных структур фильтра? Объясните их физический смысл.
11. Что такое полный коэффициент прореживания многоступенчатой структуры? Как его найти?
12. Способ решения задачи оптимального синтеза многоступенчатой структуры фильтра-дециматора с помощью Хука и Дживса.
13. Дайте определение цифровому гребенчатому фильтру?



14. Какое преимущество дает переход к двухкаскадной структуре с использованием гребенчатого фильтра, “прореживающего” спектр входного сигнала?
15. Способ синтеза гребенчатого фильтра.
16. Варианты построения многокаскадной структуры узкополосного НЧ фильтра.
17. Изобразите импульсную характеристику гребенчатого фильтра (коэффициент прореживания задается преподавателем).
18. Изобразите амплитудно-частотную характеристику (коэффициент прореживания задается преподавателем).
19. Запишите и объясните аналитическую формулу гребенчатого КИХ-фильтра.
20. Нарисуйте структурную схему гребенчатого КИХ-фильтра.
21. Объясните почему при синтезе узкополосного НЧ фильтра наблюдается значительное уменьшение собственных шумов?
22. Почему при синтезе узкополосного НЧ фильтра удается многократно уменьшить вычислительные затраты?

### Лабораторный практикум

№ п/п	№ темы дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость, час
1	2	Синтез цифровых КИХ-фильтров и исследование их характеристик	4
2	2	Методы проектирования и программная реализация КИХ-фильтров	4
3	2	Методы проектирования и программная реализация БИХ-фильтров	4
4	3	Моделирование цифровых фильтров в среде MATLAB	4

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Ф. УТКИНА**

Кафедра «Телекоммуникации и основы радиотехники»

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

***ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ  
ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ***

Специальность 12.05.01

«Электронные и оптико-электронные приборы  
и системы специального назначения»

ОПОП

«Оптико-электронные информационно-измерительные приборы и системы»

Квалификация выпускника – инженер

Формы обучения – очная

Рязань 2020

## **Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины**

Перед началом изучения дисциплины студенту необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины, с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися на образовательном портале РГРТУ и сайте кафедры.

## **Методические рекомендации студентам по работе над конспектом лекции**

Основу теоретического обучения студентов составляют лекции. Они дают систематизированные знания студентам о наиболее сложных и актуальных проблемах изучаемой дисциплины. На лекциях особое внимание уделяется не только усвоению студентами изучаемых проблем, но и стимулированию их активной познавательной деятельности, творческого мышления, развитию научного мировоззрения, профессионально-значимых свойств и качеств.

Перед каждой лекцией студенту необходимо просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит сэкономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы.

Перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях. Не оставляйте «белых пятен» в освоении материала.

Во время лекции студенты должны не только внимательно воспринимать действия преподавателя, но и самостоятельно мыслить, добиваться понимания изучаемого предмета. Студенты должны аккуратно вести конспект. В случае недопонимания какой-либо части предмета следует задать вопрос в установленном порядке преподавателю. В процессе работы на лекции необходимо так же выполнять в конспектах модели изучаемого предмета (рисунки, схемы, чертежи и т. д.), которые использует преподаватель.

Слушая лекцию, нужно из всего получаемого материала выбирать и записывать самое главное. Следует знать, что главные положения лекции преподаватель обычно выделяет интонацией или повторяет несколько раз. Именно поэтому предварительная подготовка к лекции позволит студенту

уловить тот момент, когда следует перейти к конспектированию, а когда можно просто внимательно слушать лекцию. В связи с этим нелишне перед началом сессии еще раз бегло просмотреть учебники или прежние конспекты по изучаемым предметам. Это станет первичным знакомством с тем материалом, который прозвучит на лекции, а также создаст необходимый психологический настрой.

Чтобы правильно и быстро конспектировать лекцию важно учитывать, что способы подачи лекционного материала могут быть разными. Преподаватель может диктовать материал, рассказывать его, не давая ничего под запись, либо проводить занятие в форме диалога со студентами. Чаще всего можно наблюдать соединение двух или трех вышеназванных способов.

Эффективность конспектирования зависит от умения владеть правильной методикой записи лекции. Конечно, способы конспектирования у каждого человека индивидуальны. Однако существуют некоторые наиболее употребляемые и целесообразные приемы записи лекционного материала.

Запись лекции можно вести в виде тезисов – коротких, простых предложений, фиксирующих только основное содержание материала. Количество и краткость тезисов может определяться как преподавателем, так и студентом. Естественно, что такая запись лекции требует впоследствии обращения к дополнительной литературе. На отдельные лекции можно приносить соответствующий иллюстративный материал на бумажных или электронных носителях, представленный лектором на портале или присланный на «электронный почтовый ящик группы» (таблицы, графики, схемы). Данный материал будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции.

Кроме тезисов важно записывать примеры, доказательства, даты и цифры, имена. Значительно облегчают понимание лекции те схемы и графики, которые вычерчивает на доске преподаватель. По мере возможности студенты должны переносить их в тетрадь рядом с тем текстом, к которому эти схемы и графики относятся.

Хорошо если конспект лекции дополняется собственными мыслями, суждениями, вопросами, возникающими в ходе прослушивания содержания лекции. Те вопросы, которые возникают у студента при конспектировании лекции, не всегда целесообразно задавать сразу при их возникновении, чтобы не нарушить ход рассуждений преподавателя. Студент может попытаться ответить на них сам в процессе подготовки к семинарам либо обсудить их с преподавателем на консультации.

Важно и то, как будет расположен материал в лекции. Если запись тезисов ведется по всей строке, то целесообразно отделять их время от времени красной строкой или пропуском строки. Примеры же и

дополнительные сведения можно смещать вправо или влево под тезисом, а также на поля. В тетради нужно выделять темы лекций, записывать рекомендуемую для самостоятельной подготовки литературу, внести фамилию, имя и отчество преподавателя. Наличие полей в тетради позволяет не только получить «ровный» текст, но и дает возможность при необходимости вставить важные дополнения и изменения в конспект лекции.

При составлении конспектов необходимо использовать основные навыки стенографии. Так в процессе совершенствования навыков конспектирования лекций важно выработать индивидуальную систему записи материала, научиться рационально сокращать слова и отдельные словосочетания.

Практика показывает, что не всегда студенту удастся успевать записывать слова лектора даже при использовании приемов сокращения слов. В этом случае допустимо обратиться к лектору с просьбой повторить сказанное. При обращении важно четко сформулировать просьбу, указать какой отрывок необходимо воспроизвести еще раз. Однако не всегда удобно прерывать ход лекции. В этом случае можно оставить пропуск, и после лекции устранить его при помощи конспекта соседа. Важно сделать это в короткий срок, пока свежа память о воспринятой на лекции информации.

Работу над конспектом следует начинать с его доработки, желательно в тот же день, пока материал еще легко воспроизводим в памяти (через 10 часов после лекции в памяти остается не более 30-40 % материала). С целью доработки необходимо прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, проникнуть в его смысл. Далее следует прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. Записи должны быть наглядными, для чего следует применять различные способы выделений. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект.

Подготовленный конспект и рекомендуемая литература используются при подготовке к семинарским и практическим занятиям. Подготовка сводится к внимательному прочтению учебного материала, к выводу с карандашом в руках всех утверждений и формул, к решению примеров, задач, к ответам на вопросы. Примеры, задачи, вопросы по теме являются средством самоконтроля.

Непременным условием глубокого усвоения учебного материала является знание основ, на которых строится изложение материала. Обычно преподаватель напоминает, какой ранее изученный материал и в какой

степени требуется подготовить к очередному занятию. Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний. Неоднократное обращение к пройденному материалу является наиболее рациональной формой приобретения и закрепления знаний.

### **Методические рекомендации студентам по работе с литературой**

В рабочей программе дисциплины для каждого раздела и темы дисциплины указывается основная и дополнительная литература, позволяющая более глубоко изучить данный вопрос. Обычно список всей рекомендуемой литературы преподаватель озвучивает на первой лекции или дает ссылки на ее местонахождение (на образовательном портале РГРТУ, на сайте кафедры и т. д.).

При работе с рекомендуемой литературой целесообразно придерживаться такой последовательности. Сначала лучше прочитать заданный текст в быстром темпе. Цель такого чтения заключается в том, чтобы создать общее представление об изучаемом материале, понять общий смысл прочитанного. Затем прочитать вторично, более медленно, чтобы в ходе чтения понять и запомнить смысл каждой фразы, каждого положения и вопроса в целом.

Чтение приносит пользу и становится продуктивным, когда сопровождается записями. Это может быть составление плана прочитанного текста, тезисы или выписки, конспектирование и др. Выбор вида записи зависит от характера изучаемого материала и целей работы с ним. Если содержание материала несложное, легко усваиваемое, можно ограничиться составлением плана. Если материал содержит новую и трудно усваиваемую информацию, целесообразно его законспектировать.

План – это схема прочитанного материала, перечень вопросов, отражающих структуру и последовательность материала.

Конспект – это систематизированное, логичное изложение материала источника. Различаются четыре типа конспектов:

- план-конспект – это развернутый детализированный план, в котором по наиболее сложным вопросам даются подробные пояснения,
- текстуальный конспект – это воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника,

- свободный конспект – это четко и кратко изложенные основные положения в результате глубокого изучения материала, могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом,
- тематический конспект – составляется на основе изучения ряда источников и дает ответ по изучаемому вопросу.

В процессе изучения материала источника и составления конспекта нужно обязательно применять различные выделения, подзаголовки, создавая блочную структуру конспекта. Это делает конспект легко воспринимаемым и удобным для работы.

### **Методические рекомендации студентам по подготовке к практическим занятиям**

По наиболее сложным вопросам учебной дисциплины проводятся практические занятия. Их главной задачей является углубление и закрепление теоретических знаний у студентов, формирование и развитие у них умений и навыков применения знаний для успешного решения прикладных задач. Практическое занятие проводится в соответствии с планом. В плане указываются тема, время, место, цели и задачи практического занятия, список основной и дополнительной литературы, рекомендованной к практическому занятию. Подготовка студентов к занятию включает:

- заблаговременное ознакомление с планом занятия;
- изучение рекомендованной литературы и конспекта лекций;
- подготовку полных и глубоких ответов по каждому вопросу, выносимому для обсуждения;

При проведении практического занятия уделяется особое внимание заданиям, предполагающим не только воспроизведение студентами знаний, но и направленных на развитие у них практических умений и навыков, а также творческого мышления, научного мировоззрения, профессиональных представлений и способностей.

В ходе практического занятия студент должен опираться на свои конспекты, сделанные на лекции, собственные выписки из учебников по данной теме, примеры решения подобных задач, полученные во время самостоятельной работы.

Самое главное на практическом занятии – уметь решить поставленную на занятии задачу и дать преподавателю и своим коллегам-студентам соответствующие пояснения. Поэтому необходимо обратить внимание на полезные советы:

1. Если студент чувствует, что не владеет навыком устного изложения, необходимо составить подробный план материала, который он будет излагать. Но только план, а не подробный ответ, чтобы избежать зачитывания.

2. Студенту необходимо стараться отвечать, придерживаясь пунктов плана.

3. При устном ответе не волноваться, так как вокруг друзья, а они очень благожелательны к присутствующим.

4. Следует говорить внятно при ответе, не употреблять слова-паразиты.

5. Полезно изложить свои мысли по тому или иному вопросу дома, в общезнании.

При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. Работа на всех практических занятиях в течение семестра позволяет подготовиться без трудностей и успешно сдать экзамен.

### **Методические рекомендации студентам по подготовке к лабораторным работам**

Лабораторная работа — это форма организации учебного процесса, когда обучающиеся по заданию и под руководством преподавателя самостоятельно проводят опыты, измерения, экспериментальные исследования, вычислительные расчеты, разработку программного обеспечения на основе специально разработанных заданий.

Для проведения лабораторных работ используется специальное лабораторное оборудование, измерительная аппаратура, вычислительная техника, которые размещаются в специально оборудованных учебных лабораториях. Перед началом цикла лабораторных работ преподаватель или другое ответственное лицо проводит с обучающимися инструктаж о правилах техники безопасности в данной лаборатории, после чего студенты расписываются в специальном журнале техники безопасности.

По каждой лабораторной работе разрабатываются методические указания по их проведению. Они используются обучающимися при выполнении лабораторной работы.

Применяются разные формы организации обучающихся на лабораторных работах: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме организации занятий все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу. При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется группами по 2-5 человек. При



индивидуальной форме организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание. Выбор метода зависит от учебно-методической базы и задач курса.

До начала лабораторной работы студент должен ознакомиться с теоретическими вопросами, которые будут изучаться или исследоваться в этой работе. Также необходимо познакомиться с принципами работы лабораторного оборудования, используемого в лабораторной работе. Перед началом лабораторной работы преподаватель может провести проверку знаний обучающихся - их теоретической готовности к выполнению задания. По итогам этой проверки студент допускается или не допускается к данной работе. О такой исходной проверке преподаватель информирует студентов заранее. Также возможна ситуация, когда допуском к очередной лабораторной работе является своевременная сдача предыдущей лабораторной работы (или подготовка отчета по ней).

Во время лабораторной работы обучающиеся выполняют запланированное лабораторное задание. Все полученные результаты (числовые данные, графики, тексты программ) необходимо зафиксировать в черновике отчета или сохранить в электронном виде на сменном носителе.

Завершается лабораторная работа оформлением индивидуального отчета и его защитой перед преподавателем.

Приступая к работе в лаборатории студенту следует знать, что в отличие от других видов занятий, пропущенную или некачественно выполненную лабораторную работу нельзя отработать в любое время. Для этого существуют специальные дополнительные дни ликвидации учебных задолженностей. Поэтому пропускать лабораторную работу без уважительной причины крайне нежелательно.

При подготовке к лабораторным работам по Основам цифровой обработки сигналов следует использовать методические указания [1,2].

### **Методические рекомендации студентам по подготовке к экзамену**

При подготовке к экзамену студент должен повторно изучить конспекты лекций и рекомендованную литературу, просмотреть решения основных задач, решенных самостоятельно и на семинарах, а также составить письменные ответы на все вопросы, вынесенные на экзамен.

Необходимо помнить, что практически все экзамены в вузе сконцентрированы в течение короткого временного периода в конце семестра в соответствии с расписанием. Промежутки между очередными экзаменами обычно составляют всего несколько дней. Поэтому подготовку к ним нужно

начинать заблаговременно в течение семестра. До наступления сессии уточните у преподавателя порядок проведения промежуточной аттестации по его предмету и формулировки критериев для количественной оценивания уровня подготовки студентов. Очень часто для итоговой положительной оценки по предмету необходимо вовремя и с нужным качеством выполнить или защитить контрольные работы, типовые расчеты, лабораторные работы, т. к. всё это может являться обязательной частью учебного процесса по данной дисциплине.

Рекомендуется разработать план подготовки к каждому экзамену, в котором указать, какие вопросы или билеты нужно выучить, какие задачи решить за указанный в плане временной отрезок.

Также бывает полезно вначале изучить более сложные вопросы, а затем переходить к изучению более простых вопросов. При этом желательно в начале каждого следующего дня подготовки бегло освежить в памяти выученный ранее материал.

В период сдачи экзаменов организм студента работает в крайне напряженном режиме и для успешной сдачи сессии нужно не забывать о простых, но обязательных правилах:

- по возможности обеспечить достаточную изоляцию: не отвлекаться на разговоры с друзьями, просмотры телепередач, общение в социальных сетях;
- уделять достаточное время сну;
- отказаться от успокоительных. Здоровое волнение – это нормально. Лучше снимать волнение небольшими прогулками, самовнушением;
- внушать себе, что сессия – это не проблема. Это нормальный рабочий процесс. Не накручивайте себя, не создавайте трагедий в своей голове;
- помогите своему организму – обеспечьте ему полноценное питание, давайте ему периоды отдыха с переменной вида деятельности;
- следуйте плану подготовки.

### **Методические рекомендации студентам по проведению самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студента над учебным материалом является неотъемлемой частью учебного процесса в вузе.

В учебном процессе образовательного учреждения выделяются два вида самостоятельной работы:

1) аудиторная – выполняется на учебных занятиях, под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию), студентам могут быть предложены следующие виды заданий:

- выполнение самостоятельных работ;

- выполнение контрольных и лабораторных работ;
- составление схем, диаграмм, заполнение таблиц;
- решение задач;
- работу со справочной, нормативной документацией и научной литературой;
- защиту выполненных работ;
- тестирование и т. д.

2) *внеаудиторная* – выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия, включает следующие виды деятельности.

- подготовку к аудиторным занятиям (теоретическим, практическим занятиям, лабораторным работам);
- изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку: работа над определенными темами, разделами, вынесенными на самостоятельное изучение в соответствии с рабочими программами учебной дисциплины или профессионального модуля;
- выполнение домашних заданий разнообразного характера;
- выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы;
- подготовку к учебной и производственной практикам и выполнение заданий, предусмотренных программами практик;
- подготовку к контрольной работе, экзамену;
- написание курсовой работы, реферата и других письменных работ на заданные темы;
- подготовку к ГИА, в том числе выполнение ВКР;
- другие виды внеаудиторной самостоятельной работы, специальные для конкретной учебной дисциплины или профессионального модуля.

Внеаудиторные самостоятельные работы представляют собой логическое продолжение аудиторных занятий, проводятся по заданию преподавателя, который инструктирует студентов и устанавливает сроки выполнения задания.

При планировании заданий для внеаудиторной самостоятельной работы используются следующие типы самостоятельной работы:

– воспроизводящая (репродуктивная), предполагающая алгоритмическую деятельность по образцу в аналогичной ситуации. Включает следующую основную деятельность: самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы, прослушивание записанных лекций, заучивание, пересказ, запоминание, Internet–ресурсы, повторение учебного материала и др.

– реконструктивная, связанная с использованием накопленных знаний и известного способа действия в частично измененной ситуации, предполагает

подготовку сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам, написание рефератов, контрольных, курсовых работ и др.

– эвристическая (частично-поисковая) и творческая, направленная на развитие способностей студентов к исследовательской деятельности. Включает следующие виды деятельности: написание рефератов, научных статей, участие в научно-исследовательской работе, подготовка дипломной работы (проекта), выполнение специальных заданий и др., участие в студенческой научной конференции.

Одной из важных форм самостоятельной работы студента является работа с литературой ко всем видам занятий: лабораторным, семинарским, практическим, при подготовке к экзаменам, тестированию, участию в научных конференциях.

Один из методов работы с литературой – повторение: прочитанный текст можно заучить наизусть. Простое повторение воздействует на память механически и поверхностно. Полученные таким путем сведения легко забываются.

Более эффективный метод – метод кодирования: прочитанный текст нужно подвергнуть большей, чем простое заучивание, обработке. Чтобы основательно обработать информацию и закодировать ее для хранения, важно провести целый ряд мыслительных операций: прокомментировать новые данные; оценить их значение; поставить вопросы; сопоставить полученные сведения с ранее известными. Для улучшения обработки информации очень важно устанавливать осмысленные связи, структурировать новые сведения.

Изучение научной учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей. Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект.

План – структура письменной работы, определяющая последовательность изложения материала. Он является наиболее краткой и потому самой доступной и распространенной формой записей содержания исходного источника информации. По существу, это перечень основных вопросов, рассматриваемых в источнике. План может быть простым и развернутым. Их отличие состоит в степени детализации содержания и, соответственно, в объеме.

Преимущество плана состоит в том, что план позволяет наилучшим образом уяснить логику мысли автора, упрощает понимание главных моментов произведения. Кроме того, он позволяет быстро и глубоко проникнуть в сущность построения произведения и, следовательно, гораздо легче ориентироваться в его содержании и быстрее обычного вспомнить

прочитанное. С помощью плана гораздо удобнее отыскивать в источнике нужные места, факты, цитаты и т. д.

Выписки представляют собой небольшие фрагменты текста (неполные и полные предложения, отдельные абзацы, а также дословные и близкие к дословным записи об излагаемых в нем фактах), содержащие в себе квинтэссенцию содержания прочитанного. Выписки представляют собой более сложную форму записи содержания исходного источника информации. По сути, выписки – не что иное, как цитаты, заимствованные из текста. Выписки позволяют в концентрированной форме и с максимальной точностью воспроизвести наиболее важные мысли автора. В отдельных случаях – когда это оправдано с точки зрения продолжения работы над текстом – вполне допустимо заменять цитирование изложением, близким дословному.

Тезисы – сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной (реже опровергающей) форме. Отличие тезисов от обычных выписок состоит в том, что тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала. В тезисах отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. Записываются они близко к оригинальному тексту, т. е. без использования прямого цитирования.

Аннотация – краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление. К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую запись с обобщающей характеристикой.

Резюме – краткая оценка изученного содержания исходного источника информации, полученная, прежде всего, на основе содержащихся в нем выводов. Резюме весьма сходно по своей сути с аннотацией. Однако, в отличие от последней, текст резюме концентрирует в себе данные не из основного содержания исходного источника информации, а из его заключительной части, прежде всего выводов. Но, как и в случае с аннотацией, резюме излагается своими словами – выдержки из оригинального текста в нем практически не встречаются.

Конспект представляет собой сложную запись содержания исходного текста, включающая в себя заимствования (цитаты) наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему.

При выполнении конспекта требуется внимательно прочитать текст, уточнить в справочной литературе непонятные слова и вынести справочные данные на поля конспекта. Нужно выделить главное, составить план. Затем

следует кратко сформулировать основные положения текста, отметить аргументацию автора. Записи материала следует проводить, четко следуя пунктам плана и выражая мысль своими словами. Цитаты должны быть записаны грамотно, учитывать лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля. Необходимо указывать библиографическое описание конспектируемого источника.

### **Типовые задания для самостоятельной работы**

1. Дайте определение следующих терминов: «полоса пропускания», «показатели частотной избирательности».
2. Какие исходные данные необходимо иметь при моделировании цифровых фильтров?
3. Какой физический смысл имеют коэффициенты КИХ-фильтра?
4. Какие существуют этапы проектирования цифровых фильтров частотной селекции?
5. Что такое прямоугольность и узкополосность АЧХ? Как изменяются требования к порядку фильтра при их изменении?
6. Какие негативные последствия повлечёт за собой неоправданное увеличение или уменьшение порядка КИХ-фильтра?
7. В чём заключается сущность операций децимации и интерполяции?
8. Структурная схема узкополосного фильтра на основе децимации и интерполяции. Основные особенности.
9. Что такое максимально возможный коэффициент децимации?
10. Какие критерии используются при расчете оптимальных структур фильтра? Объясните их физический смысл.
11. Что такое полный коэффициент прореживания многоступенчатой структуры? Как его найти?
12. Способ решения задачи оптимального синтеза многоступенчатой структуры фильтра-дециматора с помощью Хука и Дживса.
13. Дайте определение цифровому гребенчатому фильтру?
14. Какое преимущество дает переход к двухкаскадной структуре с

использованием гребенчатого фильтра, “прореживающего” спектр входного сигнала?

15. Способ синтеза гребенчатого фильтра.
16. Варианты построения многокаскадной структуры узкополосного НЧ фильтра.
17. Изобразите импульсную характеристику гребенчатого фильтра (коэффициент прореживания задается преподавателем).
18. Изобразите амплитудно-частотную характеристику (коэффициент прореживания задается преподавателем).
19. Запишите и объясните аналитическую формулу гребенчатого КИХ-фильтра.
20. Нарисуйте структурную схему гребенчатого КИХ-фильтра.
21. Объясните почему при синтезе узкополосного НЧ фильтра наблюдается значительное уменьшение собственных шумов?
22. Почему при синтезе узкополосного НЧ фильтра удается многократно уменьшить вычислительные затраты?

### **Библиографический список**

1. Витязев В.В., Линович А.Ю. Основы цифровой обработки сигналов. Часть 1: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. университет; Рязань, 2020. 36 с. Электронный каталог РГРТУ, <https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2603>
2. Витязев В.В., Линович А.Ю., Никишкин П.Б. Основы цифровой обработки сигналов. Часть 2: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. университет; Рязань, 2020. 18 с. Электронный каталог РГРТУ, <https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2604>