

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Энергетики и управления

(наименование факультета)

А.С. Гудим

(подпись, ФИО)

«28» 06 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровая обработка сигналов»

Направление подготовки	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность (профиль) образовательной программы	Проектирование электронных устройств
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	5	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Промышленная электроника»

Разработчик рабочей программы:

Доцент, Доцент, Кандидат технических наук

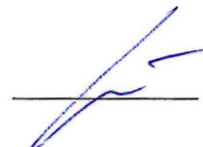


Марущенко С.Г

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Кафедра «Промышленная электроника»



Любушкина Н.Н.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Цифровая обработка сигналов» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации 927 от 19 сентября 2017 г., и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Проектирование электронных устройств» по направлению подготовки «11.03.04 Электроника и нанoeлектроника».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 29.007 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ МИКРО- И НАНОРАЗМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ».

Обобщенная трудовая функция: А Разработка принципиальной электрической схемы микроэлектромеханической системы.

НУ-2 Использовать средства автоматизации схемотехнического проектирования.

Задачи дисциплины	Подготовить бакалавра с глубокими знаниями в области основ теории цифровой обработки сигналов, научить принципам информационного подхода к анализу и синтезу систем связи и передачи информации.
Основные разделы / темы дисциплины	Дискретные сигналы. Дискретные системы. Цифровые фильтры. Введение в теорию обработки изображений. Аппаратура цифровых сигнальных процессоров.

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ПК-1 Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	ПК-1.1 Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов.	Знать методы и алгоритмы цифрового преобразования сигналов.
	ПК-1.2 Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов.	Уметь выполнять расчет и синтез схем для преобразования сигналов в цифровых системах.
	ПК-1.3 Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем.	Владеть навыками разработки и отладки программной реализации основных алгоритмов цифровой обработки сигналов.

## 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» изучается на 3 курсе, 5 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Цифровая обработка сигналов», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Теория электромагнитного поля», «Микросхемотехника аналоговых и цифровых устройств», «Технологии полупроводников», «Источники вторичного электропитания», «Датчики и интерфейсы», «Датчики и устройства сбора информации», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» частично реализуется в форме практической подготовки.

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

#### **4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 з.е., 108 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	40
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	15
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	25 15
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	104

Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	0
--	---

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Раздел 1</b> Дискретные сигналы.				
<b>Тема 1.1</b> Модели дискретных сигналов.	1			
Дискретизирующая последовательность. Модулированные импульсные последовательности. Спектральная плотность модулированной импульсной последовательности.				4
<b>Тема 1.2</b> Дискретизация периодических сигналов.	1			
Дискретное преобразование Фурье. Восстановление исходного сигнала по ДПФ. Обратное дискретное преобразование Фурье. Дискретная свертка.				8
<b>Тема 1.3</b> Алгоритмы быстрого преобразования Фурье.	1			
Алгоритм БПФ с прореживанием по времени. Алгоритм БПФ с прореживанием по частоте. Вычисление обратного ДПФ с помощью алгоритма БПФ.				8
<b>Тема 1.4</b> Теория z-преобразования	1			
Определение z-преобразования; z-преобразование непрерывных функций, обратное z-преобразование; свойства z-преобразования.				8
<b>Раздел 2</b> Дискретные системы.				
<b>Тема 2.1</b> Типовая структура дискретной системы.	1			
Структура дискретной системы. квантование сигналов в дискретных системах.				4
Передача непрерывного сообщения по дискретному каналу связи.		2		
<b>Тема 2.2</b> Фильтры для устранения эффекта наложения спектров.	1			
Эффект алайзинга, антиалайзинговые фильтры.				8

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Построение спектральных диаграмм в определенных точках дискретного канала связи.		2		
<b>Тема 2.3</b> Программное обеспечение дискретных систем.	1			
Представление данных в дискретных системах.				4
<b>Раздел 3</b> Цифровые фильтры.				
<b>Тема 3.1</b> Общая теория цифровых фильтров.	1			
Алгоритм линейной цифровой фильтрации. Дискретные гармонические последовательности. Частотный коэффициент передачи ЦФ. Системная функция ЦФ.				4
Сэмплирование сигналов и искажение.			5*	
<b>Тема 3.2</b> Фильтры с конечной импульсной характеристикой.	1			
Фильтры с конечной импульсной характеристикой. Структурная схема, импульсная и частотная характеристики. Фильтр скользящего среднего.				8
Дискретизация непрерывного сигнала.		2		
Фильтры с конечной импульсной характеристикой.			5*	
<b>Тема 3.3</b> Фильтры с бесконечной импульсной характеристикой.	1			
Системная функция рекурсивного ЦФ. Структурные схемы рекурсивных ЦФ. Устойчивость рекурсивных ЦФ. Критерий устойчивости рекурсивного ЦФ. Импульсная характеристика рекурсивного ЦФ.				4
Построение временных диаграмм дискретного сигнала.		2		
<b>Тема 3.4</b> Синтез линейных цифровых фильтров.	1			
Проектирование нерекурсивных цифровых фильтров. Методы проектирования рекурсивных фильтров. Метод инвариантных импульсных характеристик.				8
<b>Раздел 4</b> Введение в теорию обработки изображений.				
<b>Тема 4.1</b> Представление непрерывных изображений.	1			

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Математическое описание непрерывных изображений. Двумерные системы. Дискретизация непрерывных изображений.				8
<b>Тема 4.2</b> Двумерное преобразование Фурье.	1			
Способы воспроизведения изображений. Интерполяционные функции. Влияние неидеальности восстанавливающих фильтров.				8
Определение спектра дискретного сигнала с помощью ДПФ.		2		
<b>Тема 4.3</b> Двумерное дискретное преобразование Фурье.	0,5			
Подавление шумов, подчеркивание границ. Медианная фильтрация.				8
Построение спектральных диаграмм дискретного сигнала.		2		
<b>Раздел 5</b> Аппаратура цифровых сигнальных процессоров.				
<b>Тема 5.1</b> Микроконтроллеры, микропроцессоры и цифровые процессоры обработки сигналов (DSP).	0,5			
Требования, предъявляемые к цифровым процессорам обработки сигналов.				4
Расчет основных характеристик цифрового фильтра.		2		
<b>Тема 5.2</b> Ядро 16-разрядных DSP с фиксированной точкой семейства ADSP-21XX.	0,5			
Встроенные периферийные устройства процессоров семейства ADSP-21XX.				4
<b>Тема 5.3</b> Цифровые сигнальные процессоры с плавающей точкой семейства SHARC®.	0,5			
Построение временных и спектральных диаграмм цифрового фильтра.		1		
Архитектура ядра процессора семейства ADSP-2116X.				4
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>104</b>

\* реализуется в форме практической подготовки

**6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Изучение теоретических разделов дисциплины	60
Подготовка к лабораторным занятиям	22
Подготовка к практическим занятиям	22
Всего по курсу	104

## **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1) Гадзиковский, В. И. Цифровая обработка сигналов / В. И. Гадзиковский. — Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2017. — 766 с. — ISBN 978-5-91359-117-3. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/90342.html> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2) Алан, Оппенгейм Цифровая обработка сигналов / Оппенгейм Алан, Шафер Рональд ; перевод С. А. Кулешов, Е. Б. Махиянова, Н. Ф. Орлова. — Москва: Техносфера, 2012. — 1048 с. — ISBN 978-5-94836-329-5. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/26906.html> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3) Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / Ю. Н. Матвеев, К. К. Симончик, А. Ю. Тропченко, М. В. Хитров. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2013. — 166 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/71513.html> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

4) Рафаэл, Гонсалес Цифровая обработка изображений / Гонсалес Рафаэл, Вудс Ричард ; перевод Л. И. Рубанов, П. А. Чочиа ; под редакцией П. А. Чочиа. — Москва: Техносфера, 2012. — 1104 с. — ISBN 978-5-94836-331-8. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/26905.html> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### **8.2 Дополнительная литература**

1) Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие / Ролдугин С.В., Паринов А.В., Голубинский А.Н. - Воронеж: Научная книга, 2016. - 144 с. ISBN 978-5-4446-0908-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/923327> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: по подписке.



2) Макаренко, А. А. Практикум по цифровой обработке сигналов: учебное пособие / А. А. Макаренко. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2014. — 51 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/67568.html> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3) Щетинин, Ю. И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB / Щетинин Ю.И. - Новосибирск: НГТУ, 2011. - 115 с.: ISBN 978-5-7782-1807-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/548133> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

4) Умняшкин, С. В. Основы теории цифровой обработки сигналов: учебное пособие / С. В. Умняшкин. — 5-е изд. — Москва: Техносфера, 2019. — 550 с. — ISBN 978-5-94836-557-2. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93353.html> (дата обращения: 28.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### **8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

1) Марущенко С.Г. Основы цифровой обработки сигналов: Учеб. пособие./ С.Г. Марущенко – Комсомольск-на-Амуре: Гос. образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т», 2006. – 187 с.

2) Марущенко С.Г., Исследование функциональных возможностей ортогональной регистровой памяти. Построение генераторов псевдослучайной последовательности: Методические указания к лабораторным работам №1, №2 по курсу «Основы цифровой обработки сигналов», «Методы цифровой обработки сигналов»./С.Г. Марущенко – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 12 с.

3) Марущенко С.Г., Исследование работы преобразователя кодов в конвейерных системах обработки данных: Методические указания к лабораторной работе №3 по курсу «Основы цифровой обработки сигналов», «Методы цифровой обработки сигналов»./С.Г. Марущенко – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 16 с.

4) Марущенко С.Г. Моделирование цифрового фильтра на базе биквадратной секции в PSpice: Методические указания к лабораторной работе №2 по курсам «Основы цифровой обработки сигналов» и «Цифровые технологии в БРЭА»./С.Г. Марущенко – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2008. – 22 с.

5) Марущенко С.Г., Проектирование КИХ-фильтров в среде Matlab и исследование их характеристик: Методические указания к лабораторной работе №4, №5 по курсам «Основы цифровой обработки сигналов» и «Цифровые технологии в БРЭА»./С.Г. Марущенко – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2008. – 36 с.

### **8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

1) ZNANIUM.COM: электронно-библиотечная система: сайт. – Москва, 2011. - URL: <http://www.znanium.com> (дата обращения: 26.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

2) IPRbooks: электронно-библиотечная система: сайт. – Саратов, 2018. – URL: <https://www.iprbookshop.ru> (дата обращения: 26.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

### **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- 1) Единое окно доступа к информационным ресурсам : сайт. – Москва, 2005. – URL: <http://window.edu.ru> (дата обращения: 26.01.2022).
- 2) Библиотека ИНИТ КнАГУ: сайт. – Комсомольск-на-Амуре, 2012. – URL: <http://initkms.ru/library/main> (дата обращения: 26.01.2022).
- 3) Интернет-университет информационных технологий (ИНТУИТ.ру): сайт. – Москва, 2009 - URL: <http://www.intuit.ru/>.

## **8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>
интегрированная среда разработки фирмы ATMEL AVR Studio	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="http://studio.download.atmel.com/7.0.1931/as-installer-7.0.1931-full.exe">http://studio.download.atmel.com/7.0.1931/as-installer-7.0.1931-full.exe</a>
Mathcad Education	Договор № 106-АЭ120 от 27.11.2012

## **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### 9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

### 9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Перед выполнением обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель может проводить инструктаж по выполнению задания. В инструктаж включается:

- цель и содержание задания;
- сроки выполнения;
- ориентировочный объем работы;
- основные требования к результатам работы и критерии оценки;
- возможные типичные ошибки при выполнении.

Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

#### **Методические указания при работе над конспектом лекции**

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

#### **Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям**

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой

работы необходимо стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

### **Методические указания по выполнению расчетно графической работы**

Теоретическая часть расчетно-графической работы выполняется по установленным темам с использованием практических материалов. К каждой теме РГР рекомендуется примерный перечень узловых вопросов, список необходимой литературы. Излагая вопросы темы, следует строго придерживаться плана. Работа не должна представлять пересказ отдельных глав учебника или учебного пособия. Необходимо изложить собственные соображения по существу излагаемых вопросов, внести свои предложения. Общие положения должны быть подкреплены и пояснены конкретными примерами. Излагаемый материал при необходимости следует проиллюстрировать таблицами, схемами, диаграммами.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
211/3	Лаборатория компьютерного проектирования и моделирования	персональные компьютеры
211/3	Лаборатория компьютерного проектирования и моделирования	NI ELVIS II с платой расширения SIGEx

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная проектором (стационарным или переносным) для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий необходим компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказа-

ния помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

### «Цифровая обработка сигналов»

Направление подготовки	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность (профиль) образовательной программы	Проектирование электронных устройств
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	5	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Промышленная электроника»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ПК-1 Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	ПК-1.1 Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов.	Знать методы и алгоритмы цифрового преобразования сигналов.
	ПК-1.2 Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов.	Уметь выполнять расчет и синтез схем для преобразования сигналов в цифровых системах.
	ПК-1.3 Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем.	Владеть навыками разработки и отладки программной реализации основных алгоритмов цифровой обработки сигналов.

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Разделы 1-5	ОПК-1	Тест	Правильность выполнения задания
Разделы 1-4	ОПК-1	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Разделы 1-4	ОПК-1	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 семестр				
<i>Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой</i>				
1	Тест	в течение семестра	10 баллов	10 баллов – 91-100 % правильных ответов – высокий уровень знаний; 8 баллов – 71-90 % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний;



	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				6 баллов – 61-70 % правильных ответов – средний уровень знаний; 4 балла – 51-60 % правильных ответов – низкий уровень знаний; 0 баллов – 0-50 % правильных ответов – очень низкий уровень знаний.
2	Лабораторная работа 1	в течение семестра	10 баллов	10 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 8 баллов – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 6 баллов – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
3	Лабораторная работа 2	в течение семестра	10 баллов	
4	Лабораторная работа 3	в течение семестра	10 баллов	
5	Лабораторная работа 4	в течение семестра	10 баллов	
6	Лабораторная работа 5	в течение семестра	10 баллов	
7	Лабораторная работа 6	в течение семестра	10 баллов	
8	Практическое задание 1	в течение семестра	10 баллов	
9	Практическое задание 2	в течение семестра	10 баллов	
10	Практическое задание 3.	в течение семестра	10 баллов	
11	Практическое задание 4.	в течение семестра	10 баллов	
текущий контроль		-	110 баллов	
ИТОГО:			110 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				

**3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,** ха-

## Характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

### 3.1 Задания для текущего контроля успеваемости

#### ТЕСТ

##### 1. Как определяется Детерминированный сигнал?

1. Значение этого сигнала в любой момент времени определяется точно.
2. В любой момент времени этот сигнал представляет собой случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью.
3. В любой момент времени этот сигнал представляет собой не случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью.
4. Значение этого сигнала нельзя определить точно в любой момент времени.

##### 2. Чему равна спектральная плотность мощности белого шума?

1.  $W(\omega) = 0$
2.  $W(\omega) = 1$
3.  $W(\omega) = \text{const}$
4.  $W(\omega) = \infty$

##### 3. Процесс преобразования аналогового сигнала в последовательность значений, называется?

1. Квантование сигнала по уровню.
2. Получение цифрового сигнала.
3. Дискретизацией сигнала.
4. Модуляцией сигнала.

##### 4. Схема цифровой обработки сигнала?

1.  $S_{\text{вх}}(t) \rightarrow \text{АЦП} \rightarrow \text{ЦП} \rightarrow \text{ЦАП} \rightarrow \Phi \rightarrow S_{\text{вых}}(t)$
2.  $S_{\text{вх}}(t) \rightarrow \text{ЦАП} \rightarrow \text{ЦП} \rightarrow \text{АЦП} \rightarrow \Phi \rightarrow S_{\text{вых}}(t)$
3.  $S_{\text{вх}}(t) \rightarrow \text{АЦП} \rightarrow \text{ЦП} \rightarrow \text{ЦАП} \rightarrow S_{\text{вых}}(t)$
4.  $S_{\text{вх}}(t) \rightarrow \text{АЦП} \rightarrow \text{ЦАП} \rightarrow \Phi \rightarrow S_{\text{вых}}(t)$

##### 5. Z- преобразование имеет свойства?

1. Нелинейность.
2. Цикличность.
3. Линейность, задержка, свёртка.
4. Сопряжённость.

##### 6. Какие бывают формы дискретных фильтров?

1. Каноническая, транспонированная, последовательная, эллиптическая.
2. Каноническая, балансная, параллельная, эллиптическая.
3. Транспонированная, последовательная, параллельная, каскадная.
4. Каноническая, транспонированная, последовательная, параллельная.

**7. При обработке сигналов приходится увеличивать или уменьшать частоту дискретизации сигналов. Что производит функция передискретизации?**

1. Повышает частоту дискретизации в целое число раз.
2. Изменение частоты дискретизации в произвольное число раз.
3. Понижение частоты дискретизации в целое число раз.
4. Повышение частоты дискретизации в произвольное число раз.

**8. Дискретное преобразование Фурье используется для?**

1. Корреляционного анализа.
2. Анализа предельных циклов.
3. Спектрального анализа.
4. Квантового анализа.

**9. Какое свойство не относится к дискретному преобразованию Фурье?**

1. Линейность.
2. Круговая свёртка.
3. Задержка.
4. Симметрия.

**10. Какой из вариантов вывода идеи быстрого преобразования Фурье является ложным?**

1. БПФ не является приближенным алгоритмом.
2. Применение БПФ имеет смысл, если число элементов в анализируемой последовательности являлось степенью числа 2.
3. Алгоритм БПФ не предназначен для одновременного расчёта всех спектральных отсчётов  $X(n)$ .
4. Алгоритм БПФ предназначен для одновременного расчёта всех спектральных отсчётов  $X(n)$ .

**11. Эффекты, связанные с конечной разрядностью представления чисел квантования в цифровых системах разделяются на категории. Какой из вариантов не относится к ним?**

1. Шум квантования, возникает при аналого-цифровом преобразовании.
2. Искажение характеристик.
3. Переполнение разрядной сетки.
4. Округление промежуточных результатов вычисления.

**12. Единичная импульсная функция является дискретным аналогом дельта-функции и представляет собой:**

1. Бесконечно узкий импульс с бесконечной амплитудой.
2. Одиночный отсчёт с единичным значением.
3. Сумму бесконечной геометрической прогрессии.
4. Отсчёты синусоиды с произвольной частотой и начальной фазой.

### 3.2 Задания лабораторных работ

### Защита лабораторных работ

*Лабораторная работа 1. Синтез схем генераторов псевдослучайной последовательности и исследование их работы.*

- 1) Что такое дискретный белый шум? Чему равны его дисперсия и корреляционная функция? Является ли он физически реализуемым? Почему?
- 2) Что такое дискретный сигнал? Имеют ли физический смысл его характеристики и операции, производимые над ним? Почему?
- 3) Как в общем случае производится преобразование сигнала *бесконечной* длительности в сигнал *конечной* длительности?
- 4) Аналоговый сигнал бесконечной длительности является периодическим. Обязательно ли окажется периодическим дискретный сигнал, полученный путем дискретизации этого аналогового сигнала? Ответ обосновать.
- 5) Что называется основным диапазоном частот дискретной системы?
- 6) Псевдослучайная цифровая последовательность, числовой период и частотный спектр М-последовательности?
- 7) Методы генерации псевдослучайных последовательностей?

*Лабораторная работа 2. Исследование работы преобразователя кодов в конвейерных системах обработки данных.*

- 1) Приведите формулу, связывающую спектры аналогового и дискретизированного сигналов.
- 2) Какой дискретный сигнал аналогичен дельта-функции по своим спектральным свойствам?
- 3) Чему равна частота Найквиста? Чем объясняется ее важность в системах дискретной обработки сигналов?
- 4) Дайте определение импульсной характеристики дискретной системы. При каких начальных условиях она определяется?
- 5) Поясните работу блока обработки знака?
- 6) Каким образом могут быть представлены двоичные положительные и отрицательные числа?
- 7) Какие ситуации возникают при преобразовании отрицательных чисел в блоке преобразования?

*Лабораторная работа 3. Сэмплирование сигналов и искажение. (реализуется в форме практической подготовки)*

- 1) Приведите формулу для вычисления взаимной корреляционной функции дискретных комплексных сигналов бесконечной длительности.
- 2) Приведите формулу для вычисления энергии дискретного комплексного сигнала бесконечной длительности.
- 3) Какими способами можно преобразовать сигнал конечной длительности в сигнал бесконечной длительности?
- 4) Какова роль сглаживающего фильтра в процессе сэмплирования? Докажите, что искажения вызваны процессом сэмплирования и, следовательно, сглаживающий фильтр должен располагаться перед сэмплирующим устройством.
- 5) Поясните, почему использование отсекающих сглаживающих фильтров и интерполяционных ФНЧ помогает достичь частот сэмплирования близких к теоретическому пределу?
- 6) Почему для дискретного гармонического сигнала невозможно однозначно определить частоту?

*Лабораторная работа 4. Фильтры с конечной импульсной характеристикой. (реализуется в форме практической подготовки)*

- 1) Как на структурных схемах дискретных устройств обозначается блок, осуществляющий задержку дискретного сигнала на один отсчет? Почему?
- 2) Дайте определение *причинной* системы.

- 3) Почему линейная стационарная система с частотно-избирательными свойствами должна обязательно обладать памятью?
- 4) Какие дискретные системы (рекурсивные и/или нерекурсивные) могут быть неустойчивыми и почему?
- 5) В каких дискретных системах (рекурсивных и/или нерекурсивных) переходные процессы являются бесконечными и почему?
- 6) Приведите формулу алгоритма дискретной фильтрации и поясните использованные в ней обозначения.
- 7) Что такое порядок дискретного фильтра? В чем разница между *порядком* и *длиной* дискретного фильтра?
- 8) Низкочастотные КИХ-фильтры иногда называют фильтром «скользящего среднего». На примере поясните, что это означает?

*Лабораторная работа 5. Моделирование цифрового фильтра на базе биквадратной секции в PSPICE.*

- 1) Изобразите структурную схему прямой формы реализации дискретного рекурсивного фильтра. Чему равна размерность вектора состояния для данной формы реализации фильтра?
- 2) Изобразите структурную схему канонической формы реализации дискретного рекурсивного фильтра. Чему равна размерность вектора состояния для данной формы реализации фильтра?
- 3) Как связано преобразование Фурье в дискретном времени с  $z$ -преобразованием?
- 4) Какая линия играет роль частотной оси на  $z$ -плоскости? Какие точки  $z$ -плоскости соответствуют нулевой частоте и частоте Найквиста?

5) Перечислите свойства импульсной характеристики стационарного линейного ЦФ. Какому условию должна удовлетворять импульсная характеристика физически реализуемого ЦФ?

6) Почему невозможно создать ЦФ, частотная характеристика которого в точности повторяла бы частотную характеристику аналогового фильтра-прототипа?

*Лабораторная работа 6. Проектирование и исследование характеристик КИХ-фильтров в среде Matlab.*

- 1) Что такое симметричный нерекурсивный фильтр с *четной* симметрией? Чему равна его ФЧХ? Какие ограничения на значения частотной характеристики накладывает данный тип симметрии?
- 2) Что такое симметричный нерекурсивный фильтр с *нечетной* симметрией? Чему равна его ФЧХ? Какие ограничения на значения частотной характеристики накладывает данный тип симметрии?
- 3) Чему равна групповая задержка, вносимая симметричным нерекурсивным фильтром порядка  $N$ ?
- 4) Что называют передаточной функцией цифрового фильтра? Назовите передаточные функции.
- 5) Перечислите реализации передаточных функций нерекурсивных цифровых фильтров. Приведите примеры.
- 6) Дайте классификацию нерекурсивных цифровых фильтров по виду импульсной характеристики.
- 7) Назовите основные этапы проектирования нерекурсивных цифровых фильтров.

### 3.3 Задания на практические занятия

*Практическое задание 1* Решение типовых задач на примере задачи, приведенной ниже: Задан аналоговый сигнал в виде последовательности прямоугольных импульсов длительностью 100 мкс и скважностью 2. Выбрать частоту дискретизации сигнала, необходимую

и достаточную для оценки амплитуды и фазы основной гармоники сигнала с заданной точностью.

*Практическое задание 2* Решение типовых задач на примере задачи, приведенной ниже: Оценить искажения, возникающие при преобразовании гармонического сигнала из цифровой формы в аналоговую с помощью ЦАП, если частота дискретизации равна 8 кГц, а частота сигнала изменяется в пределах  $(0,1 - 1)$  кГц. Каким образом можно уменьшить эти искажения? Определить требования к аналоговому ФНЧ на выходе ЦАП.

*Практическое задание 3* Решение типовых задач на примере задачи, приведенной ниже: Синтезировать РЦФ типа ФНЧ по аналоговому РС-прототипу первого порядка с постоянной времени 1 мс на основе дифференциального уравнения цепи. Частота дискретизации 8 кГц. Сравнить их частотные характеристики.

*Практическое задание 4* Решение типовых задач на примере задачи, приведенной ниже: Найти аналитическое выражение для импульсной характеристики идеализированного цифрового ФВЧ с частотой среза 1 кГц при частоте дискретизации 10 кГц. Показать вид этой импульсной характеристики. Как реализовать НЦФ с частотной характеристикой, близкой к идеальной?

