

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»

Утверждаю
декан физико-математического факультета



Н.Б. Федорова
«30» августа 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Уровень основной образовательной программы: МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки: 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии (информационные системы)

Программа: Информационные системы

Форма обучения: очная

Сроки освоения ООП: 2 года (нормативный)

Физико-математический факультет

Кафедра: Информатики, вычислительной техники и методики преподавания информатики

Рязань, 2018

1. Вводная часть

Цель дисциплины - формирование у обучающихся общекультурных и профессиональных компетенций в процессе изучения методов построения современных систем цифровой обработки информации, математических методов и алгоритмов цифровой обработки информации (ЦОИ).

Задачи дисциплины - изучение теории, методов и алгоритмов преобразования и обработки сигналов в цифровых цепях для последующего применения в учебной и практической деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП университета

2.1. Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к дисциплинам по выбору блока Б1.

2.2. Для изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» необходимы знания, умения, навыки, формируемые следующими предшествующими дисциплинами:

- «Дискретные и вероятностные модели»;
- «Математический анализ» или аналогичные дисциплины других направлений бакалавриатов
- «Информатика и программирование» или аналогичные дисциплины других направлений бакалавриатов.
- «Теоретическая информатика»;

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- «Системы искусственного интеллекта и нейропроцессоры»;
- «Параллельное и распределенное программирование»;
- «Информационные системы реального времени» цикла ;
- Научно-исследовательская работа (с семинаром)

3. Требования к результатам освоения учебной дисциплины «Цифровая обработка сигналов»

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать:	Уметь:	Владеть (навыками):
1	2	3	4	5	6
1	ОПК-3	Способность использовать и применять углубленные теоретические и практические знания в области фундаментальной информатики и информационных технологий	предмет и задачи ЦОИ в цифровых цепях; математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов; математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей;	математически описывать и решать задачу анализа и синтеза линейных цифровых цепей с заданными частотными и временными характеристиками;	решением задач машинной аппроксимации желаемых частотных характеристик цифровых фильтров в классе КИХ- БИХ-цепей
2	ПК-2	Способность использовать углубленные и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных и профессиональных стандартов в области информационных технологий.	основные понятия программирования, искусственного интеллекта, информационных систем, вычислительных систем, методiku анализа эффектов квантования в цифровых цепях; методiku оптимального проектирования цифровых фильтров;	разрабатывать математические модели цифровых цепей ; проводить оценку влияния эффектов квантования, разрабатывать информационные и имитационные модели по тематике выполняемых исследований	методиками оптимального проектирования цифровых фильтров.

Карта компетенций дисциплины

Цифровая обработка сигналов

Цель дисциплины	Цель дисциплины - формирование у обучающихся общекультурных и профессиональных компетенций в процессе изучения методов построения современных систем цифровой обработки информации, математических методов и алгоритмов цифровой обработки информации (ЦОИ).
------------------------	--

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие

Общепрофессиональные компетенции

Компетенции		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Ступени уровней освоения компетенций
индекс	формулировка				
ОПК-3	Способность использовать и применять углубленные теоретические и практические знания в области фундаментальной информатики и информационных технологий	<p>Знать предмет и задачи ЦОИ в цифровых цепях; математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов;</p> <p>математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей;</p> <p>Уметь математически описывать и решать задачу анализа и синтеза линейных цифровых цепей с заданными частотными и временными характеристиками;</p> <p>Владеть решением задач машинной аппроксимации желаемых частотных характеристик цифровых фильтров в классе КИХ- БИХ- цепей</p>	Путем проведения лекционных, лабораторных занятий, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельной работы студентов	Лабораторные работы, зачет	<p>Пороговый Способен решать стандартные задачи</p> <p>Повышенный Способен решать задачи повышенной сложности</p>

Профессиональные компетенции

Компетенции		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Ступени уровней освоения компетенций
индекс	формулировка				
ПК 2	Способность использовать углубленные и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики,	<p>Знать основные понятия программирования, искусственного интеллекта, информационных систем, вычислительных систем, методику анализа эффектов квантования в цифровых цепях;</p> <p>методику оптимального проектирования цифровых фильтров;</p> <p>Уметь разрабатывать математические модели</p>	Путем проведения лекционных, лабораторных занятий, применения новых образовательных технологий, организации	Лабораторные работы, зачет	<p>Пороговый Способен решать стандартные задачи</p> <p>Повышенный Способен решать задачи</p>

	<p>фундаментальных концепций и системных методологий, международных и профессиональных стандартов в области информационных технологий.</p>	<p>цифровых цепей ; проводить оценку влияния эффектов квантования, разрабатывать информационные и имитационные модели по тематике выполняемых исследований Владеть методиками оптимального проектирования цифровых фильтров.</p>	<p>самостоятельной работы студентов</p>		<p>повышенной сложности</p>
--	--	--	---	--	-----------------------------

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		№ 1 часов
1	2	3
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции (Л)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
2. Самостоятельная работа студента (всего)	54	54
В том числе:		
<i>СРС в семестре</i>	<i>54</i>	<i>54</i>
Изучение литературы и других источников	18	18
Подготовка к выполнению лабораторных работ	18	18
Подготовка к защите лабораторных работ	18	18
Вид промежуточной аттестации	зачет	+
ИТОГО: общая трудоемкость	часов	108
	зач. ед.	3

Л – лекции, ЛР – лабораторные работы; СРС – самостоятельная работа студента

2. Содержание учебной дисциплины

2.1. Содержание разделов учебной дисциплины

семестра №	№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела в дидактических единицах
2	1	ЦОИ - информатика реального времени. Предмет и задачи ЦОИ в цифровых цепях	<p>Эволюция теории и техники цифровой обработки сигналов. Цифровая фильтрация и спектральный анализ. Многоскоростная обработка сигналов. Адаптивная и оптимальная фильтрация. Оптимальное проектирование систем ЦОИ на сигнальных процессорах.</p> <p>Предмет и задачи ЦОИ. Основные этапы проектирования системы ЦОИ. Цифровые технологии обработки сигналов на современном этапе: проблемы и перспективы. Применение методов ЦОИ в системах телекоммуникаций..</p>
	2	Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в	<p>Математическое описание и формализация класса операторов линейных цифровых цепей. Разностные уравнения. Дискретное преобразование Лапласа. Z-преобразование и его свойства. Связь Z-преобразования с дискретным преобразованием Лапласа.</p> <p>Обратное Z-преобразование. Использование табличных соответствий. Прямое вычисление интеграла на основе теоремы Коши. Разложение Z-образа на простые дроби. Преобразование Фурье. Связь преобразования Фурье с Z-преобразованием.</p> <p>Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей во временной области. Инвариантные к сдвигу цифровые цепи. Импульсная характеристика. Формула свертки. Физическая реализуемость и устойчивость. Свойства</p>

		<p>классе КИХ- и БИХ-цепей. Основы оптимального проектирования цифровых фильтров</p>	<p>линейных дискретных систем и цифровых цепей. Рекурсивные и нерекурсивные линейные дискретные системы. Оценка устойчивости по импульсной характеристике.</p> <p>Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в Z-области. Передаточная функция. Взаимосвязь между передаточной функцией и разностным уравнением. Передаточные функции и импульсные характеристики звеньев 1-го и 2-го порядков. Передаточные функции параллельно и последовательно соединенных цифровых звеньев.</p> <p>Оценка устойчивости цифровых цепей по передаточной функции. Карта нулей и полюсов звеньев 1-го и 2-го порядков. Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в частотной области. Частотные характеристики и их связь с передаточной функцией. Частотные характеристики звеньев 1-го и 2-го порядков. Минимально- и неминимально-фазовые цифровые цепи. Фазовые звенья и их свойства.</p> <p>Описание линейных дискретных систем и цифровых цепей в пространстве состояний. Понятие состояния. Описание на основе структурных схем. Определение уравнений состояния и выхода по передаточной функции. Структурное представление цифровых цепей по уравнениям состояния и выхода.</p> <p>Математическое описание дискретных сигналов. Описание дискретных сигналов в частотной области. Связь между спектрами аналогового и дискретного сигналов. Дискретизация узкополосных сигналов. Преобразование спектра дискретного сигнала. Перенос и инверсия спектра. Формирование сигнала с одной боковой полосой. Модулятор Уивера. Перенос спектра узкополосного сигнала в область нижних частот.</p> <p>Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его свойства. Прямое и обратное ДПФ. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алгоритмы БПФ с прореживанием по времени и по частоте. Графы алгоритмов БПФ. Оценка вычислительных затрат. Примеры вычисления 8-точечного ДПФ по алгоритмы БПФ.</p> <p>Линейные дискретные системы и цифровые цепи с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-цепи). Методы построения цифровых фильтров в классе БИХ-цепей. Постановка и решение задачи аппроксимации частотных характеристик цифровых БИХ-фильтров. Обзор методов синтеза аналоговых фильтров-прототипов. Синтез БИХ-фильтров методом инвариантной импульсной характеристики. Синтез БИХ-фильтров методом билинейного Z-преобразования.</p> <p>Линейные дискретные системы и цифровые цепи с конечной импульсной характеристикой (КИХ-цепи). Методы построения цифровых фильтров в классе КИХ-цепей. Постановка и решение задачи аппроксимации частотных характеристик цифровых КИХ-фильтров. КИХ-фильтры с</p>
--	--	--	---

			<p>линейной ФЧХ. Синтез КИХ-фильтров методом окон. Синтез оптимальных (по Чебышеву) КИХ-фильтров. Метод частотной выборки и его модификации.</p> <p>Методы двойного преобразования. Вычисление быстрой свертки на основе алгоритма БПФ. Цифровые согласованные КИХ-фильтры и их вычисление методом быстрой свертки. Цифровые преобразователи Гильберта и дифференциаторы. Импульсные и частотные характеристики преобразователей Гильберта и дифференциаторов.</p> <p>Формализация и решение задачи оптимального проектирования цифровых фильтров. Основные технико-экономические показатели эффективности реализации цифрового устройства на сигнальных процессорах. Прямая и обратная задачи оптимального проектирования. Методы декомпозиции. Оценка эффективности методики оптимального проектирования цифровых фильтров на сигнальных процессорах.</p>
	3	<p>Основы многоскоростной обработки сигналов и методы построения цифровых фильтров с прореживанием по времени и по частоте</p>	<p>Введение в многоскоростную обработку сигналов. Многоскоростная фильтрация и банки фильтров. Основные понятия, связанные с преобразованием частоты дискретизации: децимация и интерполяция. Метод синтеза узкополосных фильтров на основе вторичной дискретизации.</p> <p>Многоступенчатые структуры узкополосных фильтров. Полифазная и параллельная формы фильтра-дециматора. Полуполосные фильтры. Синтез многоступенчатой структуры на основе полуполосных фильтров. Оценка вычислительной эффективности и затрат на реализацию.</p> <p>Оптимальный синтез двух- и трехступенчатых структур узкополосных фильтров на основе децимации и интерполяции. Оптимальный синтез многоступенчатых структур КИХ- и БИХ-фильтров. Оптимальное проектирование многоступенчатых структур цифровых фильтров на сигнальных процессорах.</p> <p>Цифровые гребенчатые и сглаживающие фильтры. Методы синтеза структуры узкополосного фильтра на основе децимации и интерполяции импульсной характеристики (с прореживанием по частоте). Оптимальный синтез многокаскадных структур. Применение многоскоростной обработки в системах телекоммуникаций.</p>
2	4	<p>Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях</p>	<p>Эффекты конечной разрядности чисел в цифровых цепях. Формы представления чисел. Квантование чисел и сигналов. Шум аналого-цифрового преобразования (АЦП). Линейная модель шума квантования. Оценка шума АЦП. Шумы округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной и плавающей запятой.</p> <p>Шумовая модель ЦФ первого порядка. Шумовая модель ЦФ второго порядка. Оценка собственных шумов цифровых звеньев первого и второго порядков. Линейная модель шума цифровой системы. Вычисление собственного шума на выходе цифровой системы.</p> <p>Ограничение динамического диапазона в системах с</p>

			фиксированной запятой. Эффекты переполнения в сумматорах и борьба с ними. Динамический диапазон цифровой системы. Масштабирующие коэффициенты. Шумовая модель Джексона. Квантование коэффициентов. Колебания предельного цикла.
2	5	Математические основы описания нелинейных цифровых цепей	<p>Математическое описание нелинейных дискретных систем и цифровых цепей на основе функциональных рядов и полиномов Вольтерра. Операторное уравнение системы. Описание нелинейных дискретных систем во временной области. Описание нелинейных дискретных систем в P- и Z-областях. Определение прямого и обратного многомерного преобразования Лапласа. Определение прямого и обратного многомерного Z-преобразования.</p> <p>Определение нелинейных дискретных систем в частотной области. Частотное представление системы на основе дискретного преобразования Фурье. Определение параметров нелинейного оператора дискретной системы по среднеквадратическому критерию. Определение нелинейного оператора во временной и частотной областях.</p>
2	6	Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов	<p>Двумерные сигналы и цепи: математическое описание. Типовые двумерные последовательности. Разделимые последовательности. Основные операции двумерных систем. Системы, инвариантные к сдвигу. Разделимые системы. Устойчивость и физическая реализуемость</p>

2.2. Разделы учебной дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
	Л	ЛР	СРС	всего	
ЦОИ - информатика реального времени. Предмет и задачи ЦОИ в цифровых цепях	2		2	4	1 неделя
Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Основы оптимального проектирования цифровых фильтров	6	9	12	27	2,3 неделя 4 неделя –ЛР №1 5 неделя –ЛР №2
Основы многоскоростной обработки сигналов и методы	4	6	10	20	6 неделя 7,8 неделя –ЛР №3

построения цифровых фильтров с прореживанием по времени и по частоте					
Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях	2	9	10	21	9,10 неделя 11,12 неделя – ЛР №4
Математические основы описания нелинейных цифровых цепей	2	9	10	21	13,14 неделя 15,16 неделя – защита ЛР №5
Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов	2	3	10	15	17неделя 18 неделя –ЛР №6
Разделы дисциплины 1-6	18	36	54	108	ПрАт зачет
ИТОГО	18	36	54	108	

2.3. Лабораторный практикум

семестра №	№ раздела	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Всего часов
2	2	Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Основы оптимального проектирования цифровых фильтров	ЛР №1. Основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей.	6
			ЛР №2. Оптимальное проектирование цифровых фильтров	3
	3	Основы многоскоростной обработки сигналов и методы построения цифровых фильтров с прореживанием по времени и по частоте	ЛР №3 Построение цифровых фильтров с прореживанием по времени и по частоте	6
	4	Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях	ЛР № 4 Анализ эффектов квантования в цифровых цепях	9
	5	Математические основы описания нелинейных цифровых цепей	ЛР №5 Моделирование нелинейных цифровых цепей	9
	6	Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов	ЛР №6 Моделирование двумерных цифровых цепей и сигналов	3
		ИТОГО в семестре		

2.4. Примерная тематика курсовых работ

Не предусмотрено

3. Самостоятельная работа студента

3.1. Виды СРС

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела	Виды СРС	Всего часов
2	1	ЦОИ - информатика реального времени. Предмет и задачи ЦОИ в цифровых цепях	Изучение основной, дополнительной литературы, лекций и интернет-источников	2
2	2	Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Основы оптимального проектирования цифровых фильтров	Изучение основной, дополнительной литературы, лекций и интернет-источников	4
			Подготовка к выполнению лабораторной работы №1	2
			Подготовка к защите лабораторной работы №1	2
			Подготовка к выполнению лабораторной работы №2	2
			Подготовка к защите лабораторной работы №2	2
2	3	Основы многоскоростной обработки сигналов и методы построения цифровых фильтров с прореживанием по времени и по частоте	Изучение основной, дополнительной литературы, лекций и интернет-источников	3
			Подготовка к выполнению лабораторной работы №3	4
			Подготовка к защите лабораторной работы №3	3
2	4	Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях	Изучение основной, дополнительной литературы, лекций и интернет-источников	4
			Подготовка к выполнению лабораторной работы №4	3
			Подготовка к защите лабораторной работы №4	3
2	5	Математические основы описания нелинейных цифровых цепей	Изучение основной, дополнительной литературы, лекций и интернет-источников	3
			Подготовка к выполнению лабораторной работы №5	3
			Подготовка к защите лабораторной работы №5	4
2	6	Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов	Изучение основной, дополнительной литературы, лекций и интернет-источников	2

			Подготовка к выполнению лабораторной работы №6	4
			Подготовка к защите лабораторной работы №6	4
		ИТОГО в семестре		54

3.2. График работы студента

Семестр № 2

Форма оценочного средства	Усл. Обозн.	НЕДЕЛЯ																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лабораторная работа	ЛР				+	+	+		+				+				+		+
Зачет	З																		+

3.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»

Темы и разделы дисциплины	Учебно-методическое обеспечение для соответствующих тем и разделов
1. ЦОИ - информатика реального времени. Предмет и задачи ЦОИ в цифровых цепях	Основы цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] : Курс лекций / А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.А. Арбузов и др. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005, 768 с.
2. Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Основы оптимального проектирования цифровых фильтров	
3. Основы многоскоростной обработки сигналов и методы построения цифровых фильтров с прореживанием по времени и по частоте	
4. Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях	
5. Математические основы описания нелинейных цифровых цепей	
6. Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов	

4. Оценочные средства для контроля успеваемости и результатов освоения учебной дисциплины (см. Фонд оценочных средств)

4.1. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине

Рейтинговая система не используется.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

№	Наименование, Авторы Год, место издания	Используется при изучении разделов	семестр	Количество экземпляров	
				В библиотеке	На кафедре
1	Вадутов, О. С. Электроника. Математические основы обработки сигналов [Электронный ресурс]: учебник и практикум для академического бакалавриата / О. С. Вадутов. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 307 с. — Режим доступа : https://www.biblio-online.ru/book/5937FB28-F4BA-452C-BFB9-AD054829C336 (дата обращения 12.06.2018)	4,5	2	ЭБС	
2	Щепетов, А. Г. Преобразование измерительных сигналов [Электронный ресурс]: учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Г. Щепетов, Ю. Н. Дьяченко ; под ред. А. Г. Щепетова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 270 с. — Режим доступа : https://www.biblio-online.ru/book/9672D190-AD3A-4104-AFCA-AE83BB53DF58 (дата обращения 12.06.2018)	4,5	2	ЭБС	

5.2. Дополнительная литература

№	Наименование Авторы Год место издания	Исползуется при изучении разделов	семестр	Количество экземпляров	
				В библиотеке	На кафедре
1	Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В.Умняшкин. - М.: Техносфера,2016 – 528 с. Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=444859&sr=1 (дата обращения 12.06.2018)	3,4,5	2	ЭБС	

2	Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / А.Оппенгейм, Р.Шафер. М.: Техносфера, 2016 – 1048 с. Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=233730&sr=1 (дата обращения 12.06.2018)	1,2,3,4,5	2	ЭБС	
---	--	-----------	---	-----	--

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. BOOK.ru [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://www.book.ru> (дата обращения: 20.06.2018).
2. East View [Электронный ресурс] : [база данных]. – Доступ к полным текстам из сети РГУ имени С.А. Есенина. – Режим доступа: <https://dlib.eastview.com> (дата обращения: 20.06.2018).
3. Moodle [Электронный ресурс] : среда дистанционного образования / Ряз.гос.ун-т. – Рязань, [Б.г.]. – Доступ, после регистрации из сети РГУ имени С.А. Есенина. – Режим доступа: <https://e-learn2.rsu.edu.ru/moodle2> (дата обращения: 20.06.2018).
4. Znanium.com [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://znanium.com> (дата обращения: 20.06.2018).
5. Труды преподавателей [Электронный ресурс] : коллекция // Электронная библиотека Научной библиотеки РГУ имени С.А. Есенина. – Режим доступа к полным текстам по паролю: <http://dspace.rsu.edu.ru/xmlui/handle/123456789/3> (дата обращения: 01.06.2018).
6. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red (дата обращения: 01.06.2018).
7. Электронный каталог диссертаций [Электронный ресурс] : официальный сайт / Рос.гос.б-ка. – Москва : Рос.гос.б-ка, 2003. – Доступ к полным текстам из комплексного читального зала НБ РГУ имени С.А. Есенина. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru> (дата обращения: 01.06.2018).
8. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 20.06.2018).

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>, свободный (дата обращения: 01.06.2018).
2. КиберЛенинка [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru>, свободный (дата обращения: 01.06.2018).
3. Википедия [Электронный ресурс] : свободная энцикл. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>, свободный (дата обращения: 01.06.2018).
4. ИНТУИТ [Электронный ресурс] : Национальный Открытый Университет. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru>, свободный (дата обращения: 01.06.2018).
5. Учебный процесс в IT на сайте Хабрахабр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/hub/study>, свободный (дата обращения: 15.06.2018).
6. Math-Net.RU [Электронный ресурс] : общероссийский математический портал / Математический институт имени В.А. Стеклова РАН. – Москва, [Б.г.]. – Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/>, свободный (дата обращения: 15.06.2018).

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

6.1. Требования к аудиториям для проведения занятий:

Специализированные лекционные аудитории, оснащенные видеопроекционным оборудованием, подключенным к компьютеру.

Компьютерные классы для проведения лабораторных занятий и организации самостоятельной работы студентов, имеющие рабочие места, оснащенные компьютером с доступом к серверам кафедры ИВТ и МПИ, сети Интернет и видеопроекционному оборудованию.

6.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся:

Персональный компьютер под управлением MS Windows, Microsoft Office, системы программирования (СП) Delphi и Turbo-C++.

7. Образовательные технологии (Заполняется только для стандарта ФГОС ВПО)

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	<p>Освоение дисциплины идет с помощью ПО векторной и растровой графики. Учитывая, что курс выстроен по разделам, большинство из которых охватывает теоретические вопросы, преподавателю необходимо соблюсти баланс между количеством материала на самостоятельную работу и лабораторными работами.</p> <p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание следующим понятиям: <i>Цифровая фильтрация и спектральный анализ. Разностные уравнения. Дискретное преобразование Лапласа. Z-преобразование Преобразование Фурье. Импульсная характеристика. Формула свертки. Рекурсивные и нерекурсивные линейные дискретные системы. Передаточные функции. Частотные характеристики и их связь с передаточной функцией. Минимально- и неминимально-фазовые цифровые цепи. Преобразование спектра дискретного сигнала. Модулятор Уивера. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). БИХ-цепи. Линейные дискретные системы и цифровые цепи с конечной импульсной характеристикой (КИХ-цепи). Алгоритм БПФ. Цифровые гребенчатые и сглаживающие фильтры. Формы представления чисел. Квантование чисел и сигналов. Оценка шума АЦП.</i></p>
Лабораторная работа	<p>Лабораторные работы, предложенные в данном курсе, выстраиваются в схему практического освоения базовых алгоритмов цифровой обработки данных, на изучение которых и нацелены. Наилучшим вариантом может служить предоставление лабораторных работ в виде практикума с непременной практико-теоретической частью в электронном виде, где были бы представлены практические приемы работы, описание основных инструментов редактора, необходимых для выполнения задания конкретной темы лабораторной работы.</p> <p>В соответствии с запланированным на самостоятельную работу временем (раздел 3.1) изучить соответствующий теоретический материал и практические рекомендации.</p> <p>Согласовать заранее составленные схемы и программы с преподавателем, ведущим занятие. Тексты программ должны содержать короткие комментарии, отражающие тему и номер лабораторной работы, номер варианта, фамилию студента, связь тех или иных переменных с условием задачи, а также комментарии, отражающие основные шаги алгоритмов.</p> <p>Защитить оформленную лабораторную работу, продемонстрировав теоретические и практические знания, умения и навыки по соответствующей теме.</p>
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, типовые практические задания и др.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и

информационных справочных систем

Для организации учебной и самостоятельной работы обучаемых используется технология удаленного доступа. Для каждой из учебных групп на сервере кафедры ИВТ и МПИ созданы каталоги с соответствующими правами доступа. В каталоге группы создан подкаталог для данной учебной дисциплины, в котором по мере необходимости преподавателем размещаются рабочая программа дисциплины, электронные варианты лекций, электронные обучающие ресурсы, задания к лабораторным работам, графики выполнения лабораторных работ, материалы для самостоятельной работы, контрольные материалы, оценки текущих результатов учебной деятельности обучающихся и др. материалы для организации учебного процесса по данной дисциплине. Материалы, размещенные в каталоге группы доступны любому обучающемуся соответствующей группы посредством локальной компьютерной сети университета с любого рабочего места компьютерных классов кафедры ИВТ и МПИ.

В каталоге группы также для каждого обучающегося создан личный подкаталог, к которому разрешен доступ только обучающемуся и преподавателям кафедры. В личном подкаталоге обучающийся размещает результаты своей учебной деятельности: выполненные лабораторные работы, отчеты и другие результаты.

10. Требования к программному обеспечению учебного процесса

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	2	3
1	Все разделы дисциплины, для которых проводятся практические занятия, семинары и лекции.	1. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2018-0142 от 30/03/2018г.); 2. Офисное приложение Libre Office (свободно распространяемое ПО); 3. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО); 4. Браузер изображений Fast Stone ImageViewer (свободно распространяемое ПО); 5. PDF ридер Foxit Reader (свободно распространяемое ПО); 6. Медиа проигрыватель VLC mediaplayer (свободно распространяемое ПО); 7. Запись дисков Image Burn (свободно распространяемое ПО); 8. DJVU браузер DjVuBrowser Plug-in (свободно распространяемое ПО); 9. Microsoft Office Professional Plus 2010, согласно Microsoft Open License* № 45472941 (от 18/05/2009, авторизационный номер лицензиата 65463391ZZE1105), срок действия бессрочно
2	Все разделы дисциплины, для которых проводится самостоятельная работа студента	1. Операционная система WindowsPro (договор №Tr000043844 от 22.09.15г.); 2. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2018-0142 от 30/03/2018г.); 3. Офисное приложение Libre Office (свободно распространяемое ПО); 4. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО); 5. Браузер изображений Fast Stone ImageViewer (свободно распространяемое ПО); 6. PDF ридер Foxit Reader (свободно распространяемое ПО); 7. Медиа проигрыватель VLC mediaplayer (свободно распространяемое ПО); 8. Запись дисков Image Burn (свободно распространяемое ПО);

		<p>9. DJVU браузер DjVuBrowser Plug-in (свободно распространяемое ПО);</p> <p>10. Microsoft Office Professional Plus 2010, согласно Microsoft Open License* № 45472941 (от 18/05/2009, авторизационный номер лицензиата 65463391ZZE1105), срок действия бессрочно</p>
3	<p>Все разделы дисциплины, для которых проводятся лабораторные работы</p>	<p>1. Операционная система WindowsPro (договор №Tr000043844 от 22.09.15г.);</p> <p>2. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2018-0142 от 30/03/2018г.);</p> <p>3. Офисное приложение Libre Office (свободно распространяемое ПО);</p> <p>4. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);</p> <p>5. Браузер изображений Fast Stone ImageViewer (свободно распространяемое ПО);</p> <p>6. PDF ридер Foxit Reader (свободно распространяемое ПО);</p> <p>7. Медиа проигрыватель VLC mediaplayer (свободно распространяемое ПО);</p> <p>8. Запись дисков Image Burn (свободно распространяемое ПО);</p> <p>9. DJVU браузер DjVuBrowser Plug-in (свободно распространяемое ПО);</p> <p>10. Microsoft Office Professional Plus 2010, согласно Microsoft Open License* № 45472941 (от 18/05/2009, авторизационный номер лицензиата 65463391ZZE1105), срок действия бессрочно</p> <p>11. Система программирования Qbasic (свободно распространяемое ПО)</p> <p>12. Система программирования Turbo-Pascal (свободно распространяемое ПО)</p> <p>13. Система программирования Turbo-C++ (свободно распространяемое ПО)</p> <p>14. RAD Studio 10.1 Berlin Professional Concurrent ELC №11\05\2016-9774 от11.05.2016</p>

11. Иные сведения

Нет

Приложение 1

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине для промежуточного контроля успеваемости

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции) или её части)	Наименование оценочного средства
1	ЦОИ - информатика реального времени. Предмет и задачи ЦОИ в цифровых цепях	ОПК-3 ПК-2	зачет
2	Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Основы оптимального проектирования цифровых фильтров		
3	Основы многоскоростной обработки сигналов и методы построения цифровых фильтров с прореживанием по времени и по частоте		
4	Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях		
5	Математические основы описания нелинейных цифровых цепей		
6	Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов		

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«Цифровая обработка сигналов»

Индекс компетенции	Содержание компетенции	Элементы компетенции	Индекс элемента
1	2	3	4
ОПК-3	способность использовать и применять углубленные теоретические и практические знания в области фундаментальной информатики и информационных технологий.	Знать	
		31 предмет и задачи ЦОИ в цифровых цепях; математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов;	ОПК-2 31
		32 математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей;	ОПК-2 32
		Уметь	
		У1 математически описывать и решать задачу анализа и синтеза линейных цифровых цепей с заданными частотными и временными характеристиками;	ОПК-2 У1
		Владеть	
		В1 Владеть решением задач машинной аппроксимации желаемых частотных характеристик цифровых фильтров в классе КИХ- БИХ- цепей	ОПК-2 В1
ПК-2	Способность использовать углубленные и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных и профессиональных стандартов в области информационных технологий.	Знать	
		31 основные понятия программирования, искусственного интеллекта, информационных систем, вычислительных систем,	ПК-2 31
		32 методику анализа эффектов квантования в цифровых цепях;	ПК-2 32
		33 методику оптимального проектирования цифровых фильтров;	ПК-2 33
		Уметь	
		У1 разрабатывать математические модели цифровых цепей ; проводить оценку влияния эффектов квантования,	ПК-2 У1
		У2 разрабатывать информационные и имитационные модели по тематике выполняемых исследований	ПК-2 У2
Владеть			
		В1 методиками оптимального проектирования цифровых фильтров.	ПК-2 В1

**КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ (зачет 2 семестр)**

Содержание оценочного средства	Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов
1. Общая структура системы цифровой обработки сигналов	ОПК-2 31
2. Математические модели дискретных сигналов. Приведите примеры	ОПК-2 31
3. Спектр дискретного сигнала. Приведите пример графического построения спектра	ОПК-2 31
4. Связь между спектрами дискретного и аналогового сигнала	ОПК-2 31
5. Квантование сигналов по уровню. Охарактеризуйте погрешность квантования	ОПК-2 31
6. Линейные системы. Дайте основные определения. Теорема Котельникова и наложение спектров.	ОПК-2 31 ПК-2 31
7. Импульсная характеристика. Свертка и корреляция. Дайте основные определения	ОПК-2 31
8. Фурье – преобразования. Дискретное преобразование Фурье. Двумерное ДПФ. Приведите пример графической иллюстрации	ОПК-2 31
9. Спектр сигнала. Спектральный анализ.	ОПК-2 31
10. Быстрая свертка.	ОПК-2 31
11. Разностные уравнения линейных дискретных систем. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры	ОПК-2 31 ОПК-2 32
12. Фильтрация. Приведите основные понятия	ОПК-2 32
13. Фильтрация сигнала. Приведите алгоритм построения фильтров.	ОПК-2 32 ПК-2 33
14. Деконволюция сигнала.	ОПК-2 32 ПК-2 33
15. Метод синтеза узкополосных фильтров на основе вторичной дискретизации.	ОПК-2 32 ПК-2 33 ПК-2 В1
16. Дискретная временная свертка. Цифровые фильтры БИХ- и КИХ-типа.	ОПК-2 32 ПК-2 33 ПК-2 В1
17. Линейные дискретные системы и цифровые цепи с конечной импульсной характеристикой (КИХ-цепи). Методы построения цифровых фильтров в классе КИХ-цепей.	ОПК-2 32 ОПК-2 У1 ОПК-2 В1 ПК-2 33 ПК-2 У2 ПК-2 В1
18. Линейные дискретные системы и цифровые цепи с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-цепи). Методы построения цифровых фильтров в классе БИХ-цепей.	ОПК-2 У1 ОПК-2 В1 ПК-2 33 ПК-2 У2 ПК-2 В1
19. . Эффекты конечной разрядности чисел в	ОПК-2 У1 ОПК-2 В1 ПК-2 32

цифровых цепях. Формы представления чисел. Квантование чисел и сигналов	ПК-2 33 ПК-2 В1
20. Шум аналого-цифрового преобразования (АЦП). Линейная модель шума квантования. Оценка шума АЦП.	ОПК-2 У1 ОПК-2 В1 ПК-2 32 ПК-2 33 ПК-2 В1
21. Частотное представление системы на основе дискретного преобразования Фурье. Определение нелинейного оператора во временной и частотной областях	ПК-2 32 ПК-2 33 ПК-2 У2 ПК-2 В1
22. Определение параметров нелинейного оператора дискретной системы по среднеквадратическому критерию.	ОПК-2 В1 ПК-2 32 ПК-2 33 ПК-2 У2
23. Основные технико-экономические показатели эффективности реализации цифрового устройства на сигнальных процессорах.	ПК-2 31
24. Математическое описание нелинейных дискретных систем и цифровых цепей на основе функциональных рядов и полиномов Вольтерра.	ОПК-2 В1 ПК-2 31 ПК-2 33 ПК-2 У2
25. Описание нелинейных дискретных систем в Р- и Z-областях. Определение прямого и обратного многомерного преобразования Лапласа. Определение прямого и обратного многомерного Z-преобразования.	ОПК-2 У1 ОПК-2 В1 ПК-2 31 ПК-2 33 ПК-2 У2

ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ (Шкалы оценивания)

Результаты выполнения обучающимся заданий на зачете оцениваются по шкале «зачтено» - «не зачтено»

В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций или их составляющих частей, формируемых на учебных занятиях по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (Таблица 2.5 рабочей программы дисциплины).

«Зачтено» – оценка соответствует повышенному и пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он

- 1) глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
- 2) твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос или выполнении заданий, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
- 3) оценка соответствует пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, демонстрирует недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

«Не зачтено» - оценка выставляется обучающемуся, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части

программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.