

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Страхов С. Ю.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Направление/специальность подготовки	11.03.01 Радиотехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Радиоэлектронные системы
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	8	4	144	52	26	0	26	92	0	0	92	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

11.03.01 Радиотехника

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ _____
Безруков Александр Владимирович, к.т.н., старший научный сотрудник,
доцент

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ _____
Стукалова Анна Сергеевна, старший преподаватель

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф. _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-1.1 — способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
ПСК-1.2 — способность реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов
ПСК-1.3 — способность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.1

знания:

математическое описание дискретных систем и сигналов и методы их дискретного преобразования;

умения:

разрабатывать математические модели объектов и процессов по заданным требованиям; проводить математическое моделирование с помощью прикладных программ;

навыки:

реализовывать конкретные модели физических сигналов, проводить временной, спектральный анализ, расчет параметров фильтров по заданным требованиям с помощью прикладных программ.

ПСК-1.2

знания:

основные задачи и средства цифровой обработки сигналов;

умения:

реализовывать базовые алгоритмы обработки сигналов;

формализовать математические модели во временной и частотной области;;

навыки:

разрабатывать алгоритмы, структурные и функциональные схемы цифровой обработки сигналов, обеспечивающие выполнение заданных требований;

производить расчёт характеристик и параметров, необходимых для разработки алгоритмов, структурных и функциональных схем.

ПСК-1.3

знания:

основные положения теории сигналов, преобразования, используемые при анализе сигналов, основные положения теории фильтрации и обработки радиолокационной и радионавигационной информации;

умения:

нахождение прямого и обратного Z - преобразования сигналов и передаточных функций дискретных систем;

расчет коэффициентов передаточных функций КИХ и БИХ фильтров по заданным характеристикам;

вычисление быстрой свертки, прямого и обратного ДПФ;

навыки:

реализация цифровых фильтров во временной и спектральной областях.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА, СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных
- ОПК-4 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ПСК-1.1 — Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
- ПСК-1.2 — Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов
- ПСК-1.3 — Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
- ПСК-1.4 — Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.2	ПСК-1.3
4	8	Раздел 1. Введение. 1.1 Сравнение аналоговых и цифровых методов обработки сигналов. 1.2 Преимущества и недостатки цифровой обработки сигналов. Области применения и возможности ЦОС.	17	4	2	2	13	10	10	10
4	8	Раздел 2. Дискретные сигналы. 2.1. Дискретизация непрерывных сигналов. Дискретизация как частный случай модуляции. Аналитическое описание дискретизированных сигналов. Спектры дискретизированных сигналов. 2.2. Z - преобразование дискретизированных сигналов. Преобразование Лапласа дискретизированного сигнала. Представление дискретизированных сигналов в комплексной плоскости. Соотношение между плоскостью P и плоскостью Z. Z - преобразование. Общие соотношения между сигналами и положениями полюсов. Обратное Z - преобразование. Свойства Z - преобразования.	21	8	4	4	13	10	20	30
4	8	Раздел 3. Дискретные системы. 3.1. Основные свойства дискретных систем. Составные элементы дискретных систем. Уравнение дискретной системы. Разностные уравнения и передаточные функции. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Полюсы и нули передаточных функций. Устойчивость цифровых фильтров. Частотная характеристика и ее связь с передаточной функцией и импульсной характеристикой. 3.2. Формы реализации цифровых фильтров. Переход от передаточной функции к структуре фильтра. Каноническая и неканоническая формы реализации цифровых фильтров. Последовательная, параллельная, биквадратная, каскадная формы реализации ЦФ.	25	12	4	8	13	20	30	20
4	8	Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров. Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров. 4.1. Синтез цифровых фильтров с конечной импульсной характеристикой. Нерекурсивные ЦФ с линейной ФЧХ. Минимально-фазовые нерекурсивные фильтры. Основные этапы проектирования нерекурсивных фильтров. Формулировка задач аппроксимации, критерии. Методы решения задач аппроксимации. 4.2. Синтез цифровых фильтров с бесконечной импульсной характеристикой. Основные принципы преобразования непрерывных фильтров в цифровые. Прямое Z - преобразование. Билинейное преобразование. Аппроксимация в процессе синтеза рекурсивного цифрового фильтра. Аналитические методы синтеза рекурсивных цифровых фильтров. Определение передаточной функции рекурсивного цифрового фильтра с помощью билинейного преобразования на ПЭВМ. 4.3. Эффекты квантования и шумы в ЦФ. Ошибки, связанные с конечной разрядностью АУ ЦФ. Ошибки округления и усечения коэффициентов передаточных функций ЦФ. Оценки шумов квантования выходного сигнала в ЦФ. Оценка диапазона изменения сигнала в ЦФ.	21	8	4	4	13	20	10	20
4	8	Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах. 5.1. Дискретное преобразование Фурье. Общие сведения. Переход от обычного к дискретному преобразованию Фурье. Свойства ДПФ. Алгоритм вычисления ДПФ. Возможности применения алгоритма ДПФ для вычисления ОДПФ. Понятие о быстром преобразовании Фурье. Свойства алгоритма БПФ с основанием 2 и прореживанием по времени. 5.2. Возможные применения алгоритмов БПФ. Дискретная свертка и ее вычисление. Круговая свертка. Линейная свертка. Методы быстрого вычисления свертки. Спектральный анализ с применением БПФ. некоторые характеристики спектрального анализа. Особенности спектрального анализа случайных процессов. 5.3. Двумерная обработка сигналов. Понятие о двумерной цифровой обработке сигналов. Двумерные цифровые системы и сигналы. Двумерные разностные уравнения. Двумерное Z - преобразование. Двумерное ДПФ. Двумерные БИХ и КИХ фильтры.	21	8	4	4	13	10	10	10
4	8	Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов. 6.1. Цифровые методы детектирования сигналов. Построение синхронных цифровых детекторов. Погрешность оценки амплитуды сигнала цифровым методом. Влияние шумов на оценку амплитуды сигнала. Построение фазовых цифровых детекторов. Погрешность оценки фазы сигнала цифровым методом. Влияние шумов на оценку фазы сигнала. 6.2. Преобразования спектра сигналов. Перенос спектра сигнала. Инверсия спектра сигнала. Восходящие и нисходящие дискретные системы. Экспандер и компрессор частоты дискретизации. 6.3. Гомоморфная обработка сигналов. Сущность гомоморфной обработки сигналов. Возможности применения гомоморфной обработки сигналов. Области применения и использования гомоморфной обработки.	17	4	4	0	13	20	10	5
4	8	Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов. 7.1. Применение ЦОС для анализа, синтеза и передачи звуковых сигналов. Влияние АЦП и ЦАП на качество звуковых сигналов. Обработка цифровых звуковых сигналов. Цифровая запись звуковых сигналов. Проблема передачи программ с помощью радиовещания. Влияние ошибок, возникающих при передаче на качество звука. 7.2. Применение ЦОС для анализа, синтеза и передачи речевых сигналов. Модель образования речи. Кратковременный спектральный анализ.	22	8	4	4	14	10	10	5

	Система анализа-синтеза речи, основанная на кратковременном спектральном анализе. Особенности анализа речи. Полосный вокодер. Формантный синтез речи. Системы речевого ответа для вычислительных машин. 7.3. Применение ЦОС в радиолокации. Реализация согласованного фильтра. Пример системы цифровой обработки сигналов радиолокатора. Цифровая обработка сигналов в системах СДЦ. Радиолокатор с синтезированной апертурой.								
Всего за 8 семестр		144	52	26	26	92	100	100	100
Всего по дисциплине		144	52	26	26	92	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение.	Моделирование различных законов распределения случайных процессов	2
2	Раздел 2. Дискретные сигналы.	Моделирование дискретного сигнала заданной формы, наложение на него шума, сформированного на практическом занятии 1. Выделение полезного сигнала с помощью метода накопления.	4
3	Раздел 3. Дискретные системы.	Построение АКФ и ВКФ по заданию. Применение ВКФ для поиска определенной части сигнала.	2
4		Выделение данных из файлов разных форматов с помощью фильтрации	4
5		Изучение эффектов возникающих при преобразовании аналогового сигнала в цифровую форму	2
6	Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.	Проектирование и исследование свойств КИХ и БИХ фильтров в пакете прикладных программ	4
7	Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.	Исследование свойств спектра дискретизированного сигнала и влияние фильтрации	4
8	Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов.	Моделирование применения согласованного фильтра в задачах радиолокации	2
9		Реализация процедуры обработки радиосигнала линейным стационарным фильтром для выделения скрытой информации в цифровой форме	2
Всего за 8 семестр			26

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 1	13
2	Раздел 2. Дискретные сигналы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 2	13
3	Раздел 3. Дискретные системы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 3	13
4	Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 4 с использованием рекомендуемой литературы	13
5	Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 5 с использованием рекомендуемой литературы	13
6	Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 6 с использованием рекомендуемой литературы	13
7	Раздел 7. Применение методов цифровой обработки	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 7 с использованием рекомендуемой	14

сигналов.	литературы	
Всего за 8 семестр		92

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	ИПЗ	ИПЗ	ИПЗ	ИПЗ	ДР	Контр.Р., ИПЗ	Тест, ИПЗ	ИПЗ	ДР	Контр.Р., ИПЗ	Тест	Вопр. Экз	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Тест – тест;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- тест;
- вопросы к экзамену;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Безруков. . Основы цифровой обработки сигналов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
2. О. С. Вадутов. . Электроника. Математические основы обработки сигналов. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. С. Н. Воробьев. . Цифровая обработка сигналов. М.: Академия, 2013, 28 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов. М.: Питер, 2006, 3 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Информационно-измерительные и управляющие системы;
2. Радиотехника – XXI век.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad Education - University Edition Term;
2. Matlab 2015a SP1;
3. NI Multisim - академическая версия.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

1. Проектор;
2. Интерактивная доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Mathcad Education - University Edition Term;
4. Matlab 2015a SP1;
5. NI Multisim - академическая версия.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **11.03.01 Радиотехника**. Дисциплина реализуется на факультете **И Информационных и управляющих систем** БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.1 способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

ПСК-1.2 способность реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов;

ПСК-1.3 способность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами работы полупроводниковых приборов различного назначения.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в виде контрольных работ, рубежный контроль в форме успешного написания одной контрольной работы и итоговый контроль в форме экзамена.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- тест;
- вопросы к экзамену;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**26 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**92 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 52 ч. аудиторных занятий, и 92 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Введение.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 1	О. С. Вадутов. . Электроника. Математические основы обработки сигналов: Москва: Юрайт, 2020 (1.1-1.2)	13
Итого по разделу 1		13
Раздел 2. Дискретные сигналы.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 2	О. С. Вадутов. . Электроника. Математические основы обработки сигналов: Москва: Юрайт, 2020 (2.2)	13
Итого по разделу 2		13
Раздел 3. Дискретные системы.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 3	С. Н. Воробьев. . Цифровая обработка сигналов: М.: Академия, 2013 (4.1-4.5)	13
Итого по разделу 3		13
Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 4 с использованием рекомендуемой литературы	А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (1-10) С. Н. Воробьев. . Цифровая обработка сигналов: М.: Академия, 2013 (9.1-9.2)	13
Итого по разделу 4		13
Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 5 с использованием рекомендуемой литературы	О. С. Вадутов. . Электроника. Математические основы обработки сигналов: Москва: Юрайт, 2020 (3.1-3.5) А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (1-10)	13
Итого по разделу 5		13
Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 6 с использованием рекомендуемой литературы	А. В. Безруков. . Основы цифровой обработки сигналов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (4-6)	13
Итого по разделу 6		13
Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 7 с использованием рекомендуемой литературы	Г.-Г. Штарк. . Применение вейвлетов для ЦОС: М.: Техносфера, 2007 (1-3)	14
Итого по разделу 7		14

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- тест;
- индивидуальное практическое задание;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Тест

Если студент не писал контрольную работу или написал ее с оценкой «неудовлетворительно», то для получения допуска к экзамену ему предлагается пройти тест из 10 вопросов. Тест считается пройденным успешно, если студент правильно ответил на 7 и более вопросов.

Индивидуальное практическое задание

Результаты выполнения практического задания оцениваются - зачтено/незачтено и количество баллов сообразно ответам защищающегося и технологической карте. Студент должен решить поставленную задачу и объяснить этапы решения.

Для допуска к экзамену необходимо выполнить все индивидуальные практические задания

Контрольная работа

Результаты выполнения каждой контрольной работы оцениваются по четырехбалльной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»).

Контрольная работа №1 включает в себя задачу и два теоретических вопроса. Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо правильно решить одну задачу. Более высокая оценка формируется с учетом ответов на теоретические вопросы.

Контрольная работа №2 включает в себя задачу и два теоретических вопроса. Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо правильно решить одну задачу. Более высокая оценка формируется с учетом ответов на теоретические вопросы.

Перечень вопросов к контрольной работе №1

1. Сравнение аналоговых и цифровых методов обработки сигналов.
2. Преимущества и недостатки цифровой обработки сигналов. Области применения и возможности ЦОС.
3. Дискретизация непрерывных сигналов.
4. Аналитическое описание дискретизированных сигналов.
5. Спектры дискретизированных сигналов.
6. Z - преобразование дискретизированных сигналов.
7. Преобразование Лапласа дискретизированного сигнала.
8. Представление дискретизированных сигналов в комплексной плоскости.
9. Соотношение между плоскостью P и плоскостью Z .
10. Z - преобразование.
11. Общие соотношения между сигналами и положениями полюсов.
12. Обратное Z - преобразование.
13. Свойства Z - преобразования.
14. Составные элементы дискретных систем. Уравнение дискретной системы.
15. Разностные уравнения и передаточные функции.
16. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры.
17. Полюсы и нули передаточных функций.

18. Устойчивость цифровых фильтров. Частотная характеристика и ее связь с передаточной функцией и импульсной характеристикой.
19. Переход от передаточной функции к структуре фильтра.
20. Каноническая и неканоническая формы реализации цифровых фильтров.
21. Последовательная, параллельная, биквадратная, каскадная формы реализации ЦФ.
22. Нерекурсивные ЦФ с линейной ФЧХ.
23. Минимально-фазовые нерекурсивные фильтры.
24. Основные этапы проектирования нерекурсивных фильтров.
25. Формулировка задач аппроксимации, критерии. Методы решения задач аппроксимации.
26. Основные принципы преобразования непрерывных фильтров в цифровые.
27. Прямое Z - преобразование.
28. Билинейное преобразование.
29. Аппроксимация в процессе синтеза рекурсивного цифрового фильтра.
30. Аналитические методы синтеза рекурсивных цифровых фильтров.
31. Определение передаточной функции рекурсивного цифрового фильтра с помощью билинейного преобразования на ПЭВМ.

Перечень вопросов к контрольной работе №2

1. Ошибки, связанные с конечной разрядностью АУ ЦФ.
2. Ошибки округления и усечения коэффициентов передаточных функций ЦФ.
3. Оценки шумов квантования выходного сигнала в ЦФ.
4. Оценка диапазона изменения сигнала в ЦФ.
5. Переход от обычного к дискретному преобразованию Фурье.
6. Свойства ДПФ. Алгоритм вычисления ДПФ.
7. Возможности применения алгоритма ДПФ для вычисления ОДПФ.
8. Понятие о быстром преобразовании Фурье. Свойства алгоритма БПФ с основанием 2 и прореживанием по времени.
9. Дискретная свертка и ее вычисление.
10. Круговая свертка. Линейная свертка.
11. Методы быстрого вычисления свертки.
12. Спектральный анализ с применением БПФ. некоторые характеристики спектрального анализа.
- Особенности спектрального анализа случайных процессов.
13. Двумерная обработка сигналов. Понятие о двумерной цифровой обработке сигналов.
14. Двумерные цифровые системы и сигналы.
15. Двумерные разностные уравнения.
16. Двумерное Z - преобразование.
17. Двумерное ДПФ.
18. Двумерные БИХ и КИХ фильтры.
19. Цифровые методы детектирования сигналов.
20. Построение синхронных цифровых детекторов.
21. Погрешность оценки амплитуды сигнала цифровым методом.
22. Влияние шумов на оценку амплитуды сигнала.
23. Построение фазовых цифровых детекторов.
24. Погрешность оценки фазы сигнала цифровым методом.
25. Влияние шумов на оценку фазы сигнала.
26. Перенос спектра сигнала. Инверсия спектра сигнала.
27. Восходящие и нисходящие дискретные системы.
28. Экспандер и компрессор частоты дискретизации.
29. Сущность гомоморфной обработки сигналов.
30. Влияние АЦП и ЦАП на качество звуковых сигналов.
31. Обработка цифровых звуковых сигналов.
32. Цифровая запись звуковых сигналов.
33. Реализация согласованного фильтра.
34. Пример системы цифровой обработки сигналов радиолокатора.
35. Цифровая обработка сигналов в системах СДЦ.
36. Радиолокатор с синтезированной апертурой.

Вопросы к экзамену

1. Сравнение аналоговых и цифровых методов обработки сигналов.
2. Преимущества и недостатки цифровой обработки сигналов. Области применения и возможности ЦОС.
3. Дискретизация непрерывных сигналов.
4. Аналитическое описание дискретизированных сигналов.

5. Спектры дискретизированных сигналов.
6. Z - преобразование дискретизированных сигналов.
7. Преобразование Лапласа дискретизированного сигнала.
8. Представление дискретизированных сигналов в комплексной плоскости.
9. Соотношение между плоскостью P и плоскостью Z .
10. Z - преобразование.
11. Общие соотношения между сигналами и положениями полюсов.
12. Обратное Z - преобразование.
13. Свойства Z - преобразования.
14. Составные элементы дискретных систем. Уравнение дискретной системы.
15. Разностные уравнения и передаточные функции.
16. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры.
17. Полюсы и нули передаточных функций.
18. Устойчивость цифровых фильтров. Частотная характеристика и ее связь с передаточной функцией и импульсной характеристикой.
19. Переход от передаточной функции к структуре фильтра.
20. Каноническая и неканоническая формы реализации цифровых фильтров.
21. Последовательная, параллельная, биквадратная, каскадная формы реализации ЦФ.
22. Нерекурсивные ЦФ с линейной ФЧХ.
23. Минимально-фазовые нерекурсивные фильтры.
24. Основные этапы проектирования нерекурсивных фильтров.
25. Формулировка задач аппроксимации, критерии. Методы решения задач аппроксимации.
26. Основные принципы преобразования непрерывных фильтров в цифровые.
27. Прямое Z - преобразование.
28. Билинейное преобразование.
29. Аппроксимация в процессе синтеза рекурсивного цифрового фильтра.
30. Аналитические методы синтеза рекурсивных цифровых фильтров.
31. Определение передаточной функции рекурсивного цифрового фильтра с помощью билинейного преобразования на ПЭВМ.
32. Ошибки, связанные с конечной разрядностью АУ ЦФ.
33. Ошибки округления и усечения коэффициентов передаточных функций ЦФ.
34. Оценки шумов квантования выходного сигнала в ЦФ.
35. Оценка диапазона изменения сигнала в ЦФ.
36. Переход от обычного к дискретному преобразованию Фурье.
37. Свойства ДПФ. Алгоритм вычисления ДПФ.
38. Возможности применения алгоритма ДПФ для вычисления ОДПФ.
39. Понятие о быстром преобразовании Фурье. Свойства алгоритма БПФ с основанием 2 и прореживанием по времени.
40. Дискретная свертка и ее вычисление.
41. Круговая свертка. Линейная свертка.
42. Методы быстрого вычисления свертки.
43. Спектральный анализ с применением БПФ. некоторые характеристики спектрального анализа. Особенности спектрального анализа случайных процессов.
44. Двумерная обработка сигналов. Понятие о двумерной цифровой обработке сигналов.
45. Двумерные цифровые системы и сигналы.
46. Двумерные разностные уравнения.
47. Двумерное Z - преобразование.
48. Двумерное ДПФ.
49. Двумерные БИХ и КИХ фильтры.
50. Цифровые методы детектирования сигналов.
51. Построение синхронных цифровых детекторов.
52. Погрешность оценки амплитуды сигнала цифровым методом.
53. Влияние шумов на оценку амплитуды сигнала.
54. Построение фазовых цифровых детекторов.
55. Погрешность оценки фазы сигнала цифровым методом.
56. Влияние шумов на оценку фазы сигнала.
57. Перенос спектра сигнала. Инверсия спектра сигнала.
58. Восходящие и нисходящие дискретные системы.
59. Экспандер и компрессор частоты дискретизации.
60. Сущность гомоморфной обработки сигналов.
61. Влияние АЦП и ЦАП на качество звуковых сигналов.
62. Обработка цифровых звуковых сигналов.
63. Цифровая запись звуковых сигналов.

- 64. Реализация согласованного фильтра.
- 65. Пример системы цифровой обработки сигналов радиолокатора.
- 66. Цифровая обработка сигналов в системах СДЦ.
- 67. Радиолокатор с синтезированной апертурой.

Экзамен

На экзамене студенту предлагается 2 вопроса. При развернутом ответе на два вопроса студент получает "отлично", при неполном ответе на два вопроса - "хорошо", при полном ответе на один вопрос - "удовлетворительно".

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.2	ПСК-1.3	
4	8	Раздел 1. Введение.	17	4	2	2	13	10	10	10	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 2. Дискретные сигналы.	21	8	4	4	13	10	20	30	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 3. Дискретные системы.	25	12	4	8	13	20	30	20	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.	21	8	4	4	13	20	10	20	Контрольная работа, Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.	21	8	4	4	13	10	10	10	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов.	17	4	4	0	13	20	10	5	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов.	22	8	4	4	14	10	10	5	Контрольная работа, Тест, Вопросы к экзамену, Индивидуальное практическое задание
Всего за 8 семестр			144	52	26	26	92	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	52	26	26	92	100	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-1.1

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Реакция на единичный скачок при нулевых начальных условиях называется _____ характеристикой
- № 2 Отклик системы на дельта функцию при нулевых начальных условиях называется _____ характеристикой
- № 3 Длительность входного воздействия $x(u)$ и импульсная характеристика $h(u)$ линейной дискретной системы конечны и равны $5T$ и $7T$ соответственно. Чему равна длительность реакции $y(u)$, где T - интервал дискретизации
- № 4 Сигнал обладает спектром до 10 кГц. Какая минимальная частота дискретизации будет удовлетворять теореме Найквиста-Котельникова?
- № 5 Систему перпендикулярных функций с единичной нормой называют _____ системой
- № 6 Входной сигнал и импульсная характеристика заданы отсчетами. Входной сигнал $[1, 2, 1]$, импульсная характеристика $[1, 2]$. Выходной сигнал равен:
- № 7 Сдвиг прямоугольного импульса во времени приведет к изменению _____ спектра
- № 8 Если длина последовательности $N=216$, то выигрыш от применения алгоритма БПФ составит ... раз? (берется отношение количества вычисляемых пар операций)
- № 9 Цифровой фильтр с петлей обратной связи с выхода на вход называется _____ фильтром
- № 10 При увеличении скважности последовательности прямоугольных импульсов количество гармоник _____
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Каким преимуществом не обладает цифровая система обработки по сравнению с аналоговой:
- Отсутствие проблемы согласования нагрузок
- Малые габариты и потребление
- Высокая точность преобразования
- Высокая стабильность характеристик
- № 2 Какая процедура называется дискретизацией:
- Прореживание отсчетов по времени
- Прореживание отсчетов по частоте
- Преобразование аналоговых отсчетов сигнала в цифровые
- Взятие мгновенных значений сигнала с заданным периодом
- № 3 Какая процедура называется квантованием:
- Прореживание отсчетов по времени
- Преобразование аналоговых отсчетов сигнала в цифровые
- Взятие мгновенных значений сигнала с заданным периодом
- Переход из временной области в частотную
- № 4 Какие ошибки аналогово-цифровой преобразования не являются следствием невыполнения теоремы Котельникова
- Шумы квантования
- Ошибки усечения
- Ошибки наложения (эйлайзинг)

№ 5	Все перечисленные ошибки
	Какое из свойств дискретного преобразования Фурье (ДПФ) является основой алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ):
	Линейность
	Равенство Парсеваля
№ 6	Свойство сдвига (смещения) ДПФ
	Периодичность
	Какое условие не является достаточным для безыскажённой передачи сигнала:
	Постоянство группового времени задержки цифрового фильтра (ЦФ)
№ 7	Симметрия коэффициентов передаточной функции (ПФ) ЦФ $vk=vm-k$, m -порядок фильтра
	Антисимметрия коэффициентов ПФ ЦФ
	Конечность импульсной характеристики ЦФ (КИХ ЦФ)
	Какую задачу выполняет весовая функция в задачах аппроксимации частотной характеристики цифрового фильтра:
№ 8	Распределяет ошибки по интервалам аппроксимации
	Минимизирует среднеквадратическое значение ошибки по всему интервалу аппроксимации
	Минимизирует максимальное значение ошибки по всему интервалу аппроксимации
	Выполняет все перечисленные задачи
№ 9	При каком способе представления чисел со знаком 1 в старшем разряде соответствует положительному числу:
	При представлении в прямом коде
	При представлении в дополнительном коде
	При представлении в обратном коде
№ 10	При представлении в смещенном коде
	Восстановление непрерывного сигнала из дискретизированного невозможно, если:
	Частота дискретизации равна ширине полосы спектра непрерывного сигнала
	Частота дискретизации равна двойной ширине полосы спектра непрерывного сигнала
№ 10	Частота дискретизации равна половине ширины спектра непрерывного сигнала
	Во всех перечисленных случаях
	Какими преимуществами обладает метод билинейного z -преобразования по сравнению с методом стандартного z -преобразования при синтезе БИХ-фильтров:
	Повышенная точность воспроизведения их во всем частотном диапазоне
№ 10	Не требуется увеличение частоты дискретизации для уменьшения ошибок наложения
	Пригодность для синтеза фильтров с произвольной частотной характеристикой (корректирующих фильтров)
	Пригодность для синтеза фильтров с линейной фазо-частотной характеристикой

ПСК-1.2

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Эффект наложения спектров (эйлайзинг) отсутствует при дискретизации непрерывного входного сигнала, если соотношение частоты сигнала к частоте дискретизации меньше:
- № 2 При синтезе КИХ-фильтров методом окон уровень пульсаций _____
- № 3 Каким преобразованиям должен удовлетворять цифровой фильтр для безыскажённой передачи сигнала:
- Постоянство группового времени задержки
- Симметрия коэффициентов передаточной функции цифрового фильтра
- Конечность импульсной характеристики цифрового фильтра
- Бесконечность импульсной характеристики цифрового фильтра
- № 4 Линейная дискретная система (ЛДС) является устойчивой, если все _____ ПФ находятся внутри окружности единичного радиуса z-плоскости
- № 5 Линейная дискретная система (ЛДС) является устойчивой, если все полюсы ПФ находятся _____ окружности единичного радиуса z-плоскости
- № 6 Линейная дискретная система (ЛДС) является устойчивой, если все полюсы ПФ находятся внутри _____ единичного радиуса z-плоскости
- № 7 Нормированная частота - это отношение текущей частоты к _____
- № 8 Отклик системы на дельта функцию при нулевых начальных условиях называют
- № 9 Реакция на единичный скачок при нулевых начальных условиях называется
- № 10 Полюсом передаточной функции (ПФ) называется значение z , при котором _____ принимает нулевое значение
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Импульсная характеристика это:
- Отклик системы на дельта функцию при нулевых начальных условиях
- Реакция на единичный скачок при нулевых начальных условиях
- Выходная реакция на единичный импульс при ненулевых начальных условиях
- Выходная реакция на функцию Бесселя при нулевых начальных условиях
- № 2 Переходная характеристика это:
- Отклик системы на дельта функцию при нулевых начальных условиях
- Реакция на единичный скачок при нулевых начальных условиях
- Выходная реакция на единичный импульс при ненулевых начальных условиях
- Выходная реакция на функцию Бесселя при нулевых начальных условиях
- № 3 Линейная дискретная система обладает конечной импульсной характеристикой (КИХ ЛДС), если:
- Реакция системы зависит только от входных воздействий $x(n)$
- Реакция системы зависит от входных воздействий и предыстории реакции $y(n-i)$
- Разностное уравнение системы не выше первого порядка
- Ни одно из перечисленных свойств
- № 4 Линейная дискретная система обладает бесконечной импульсной характеристикой, если (БИХ ЛДС):
- Реакция системы зависит только от входных воздействий
- Реакция системы зависит от входных воздействий и предыстории реакции
- Разностное уравнение системы не ниже второго порядка

- № 5 Ни одно из перечисленных свойств
Линейная дискретная система (ЛДС) не требует проверки на устойчивость, если:
ЛДС имеет нулевые начальные условия
Импульсная характеристика ЛДС имеет характер затухающей функции времени
ЛДС является рекурсивной
- № 6 Во всех случаях проверка на устойчивость требуется
Нулем передаточной функции (ПФ) называется значение z , при котором:
ПФ достигает минимального значения
ПФ достигает максимального значения
Числитель ПФ принимает нулевое значение
Знаменатель ПФ принимает нулевое значение
- № 7 Линейная дискретная система (ЛДС) является устойчивой, если:
Все полюсы ПФ находятся внутри окружности единичного радиуса z -плоскости
Все полюсы ПФ находятся на или вне окружности единичного радиуса z -плоскости
Все нули ПФ находятся на окружности единичного радиуса z -плоскости
- № 8 Устойчивость ЛДС не определяется положением нулей полюсов на z -плоскости
Частотной характеристикой $H(e^{j\omega})$ называется:
Частотная зависимость отношения реакции к дискретному гармоническому воздействию в установленном режиме
Частотная зависимость отношения амплитуды реакции к амплитуде дискретного гармонического воздействия в установившемся режиме
Частотная зависимость разности фаз реакции и дискретного гармонического воздействия в установившемся режиме
- № 9 Частотный спектр реакции при произвольном входном воздействии
Какими преимуществами обладает каноническая структура линейной дискретной системы:
Уменьшает шумы квантования
Упрощает схему за счёт уменьшения числа элементов задержки
Упрощает схему за счёт уменьшения (упрощения) элементов суммирования
Упрощает схему за счёт уменьшения числа элементов умножения на константу
- № 10 Что такое погрешность квантования:
Вес младшего значащего разряда $Q=2^{-v}$
Шаг квантования
Разница значений дискретного и квантованного сигналов $\Delta = A_d - A_k$
Все определения верны

ПСК-1.3

- № 1 Вопросы открытого типа:
Ширина переходных зон амплитудно-частотных характеристик КИХ-фильтров при заданном порядке передаточной функции N тем шире, чем _____ частота

- дискретизации фд.
- № 2 Сигнал, дискретный по времени, но непрерывный по уровню называют _____ сигналом
- № 3 Какая из систем, заданных разностным уравнением будет устойчива при любых входных воздействиях:
- $y(n)=x(n)+x(n-1)$
- $y(n)=x(n)+y(n-1)$
- $y(n)=x(n)+x(n-1)+x(n-2)$
- $y(n)=x(n)-x(n-1)+y(n-1)$
- № 4 Систему перпендикулярных функций с единичной нормой называют _____ системой
- № 5 Входной сигнал и импульсная характеристика заданы отсчетами. Входной сигнал [1,1,2], импульсная характеристика [2,1]. Выходной сигнал равен
- № 6 Сдвиг прямоугольного импульса во времени приведет к изменению _____ спектра
- № 7 Второй отсчет импульсной характеристики, описываемой разностным уравнением вида $y(n)=7x(n)-8x(n-1)+3x(n-2)-7x\{n-4\}$ равен:
- № 8 Пятый отсчет импульсной характеристики, описываемой разностным уравнением вида $y(n)=8x(n)-3x(n-1)+1x(n-2)-3x\{n-4\}$ равен:
- № 9 Уменьшение длительности импульса приведет к _____ спектра
- № 10 Входной сигнал и импульсная характеристика заданы отсчетами. Входной сигнал [4,7,2], импульсная характеристика [4,2]. Третий отсчет выходного сигнала равен:
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 У четной функции:
- все слагаемые, кроме первого, равны нулю
- все косинусные составляющие равны нулю
- все синусные составляющие равны нулю
- все комплексные составляющие не равны нулю
- № 2 В спектре последовательности прямоугольных импульсов отсутствуют спектральные составляющие:
- на нулевой гармонике
- на гармониках, кратных длительности импульсов
- на гармониках, кратных скважности
- на гармониках, кратных частоте заполнения
- № 3 При увеличении скважности последовательности прямоугольных импульсов:
- расширяется спектр
- сужается спектр
- увеличивается количество гармоник
- увеличивается амплитуда гармоник
- № 4 Мерой коэффициента корреляции при выражении отношения векторов в виде скалярного произведения является:
- норма векторов
- расстояние между векторами
- угол между векторами

№ 5	произведение норм векторов
	Синус является:
	четной функцией
	нечетной функцией
№ 6	ортонормированной функцией
	апериодической функцией
	Какое определение справедливо для рекурсивного фильтра:
	Реакция фильтра $y(n)$ зависит только от входного воздействия $x(n)$
№ 7	Реакция фильтра $y(n)$ зависит от входного воздействия $x(n)$ и его предыстории $x(n-k)$
	Реакция фильтра $y(n)$ зависит от входного воздействия $x(n)$, его предыстории $x(n-k)$ и предыстории реакции $y(n-k)$
	Все определения справедливы
	Выполнение какого условия обеспечивает устойчивость фильтра:
№ 8	Фильтр является нерекурсивным
	Полюсы нерекурсивного фильтра находятся внутри единичной окружности на z -плоскости
	Импульсная характеристика фильтра имеет вид затухающей экспоненты
	Выполнение любого из перечисленных условий обеспечивает устойчивость фильтра
№ 9	При каком условии БИХ-фильтр второго порядка может быть представлен в последовательной структуре:
	Если полюсы фильтра вещественны
	Если полюсы фильтра комплексно сопряженные
	В обоих перечисленных случаях
№ 10	Ни в одном из перечисленных случаев
	Свойство инвариантности во времени присуще:
	линейной дискретной системе
	физически реализуемой системе
№ 10	нестационарной системе
	линейной системе
	стационарной системе
	линейной дискретной системе
№ 10	Мерой коэффициента корреляции при выражении отношения векторов в виде скалярного произведения является:
	произведение норм векторов
	норма векторов
	угол между векторами
№ 10	расстояние между векторами