

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Автоматизация, управление, мехатроника»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

**«М.1.3.2.1 Современные средства обработки сигналов»**

направления подготовки

**15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»**

профиль «Автоматизация технологических процессов и производств»

форма обучения – очная

курс – 1

семестр – 2

зачетных единиц – 3

часов в неделю – 3

всего часов – 108

в том числе:

лекции – 8

коллоквиумы – нет

лабораторные занятия – нет

практические занятия – 46

самостоятельная работа – 54

экзамен – 2 семестр

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Современные средства обработки сигналов» является формирование компетенций и навыков, связанных с использованием современных методов обработки цифровых сигналов (ЦС) в рамках профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основ фундаментальной теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) в части базовых методов и алгоритмов ЦОС, инвариантных относительно физической природы сигнала;
- изучение аппарата для анализа ЦС на основе дискретного и быстрого преобразования Фурье (ДПФ и БПФ);
- изучение аппарата для анализа ЦС на основе непрерывного вейвлетного преобразования (НВП)
- изучение современных программных средств компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Данная учебная дисциплина относится к дисциплинам по выбору блока М.1.3 учебного плана подготовки магистра в соответствии с профилем «Автоматизация технологических процессов и производств».

Для изучения дисциплины «Современные средства обработки сигналов» необходимы компетенции, сформированные в ходе изучения дисциплины «Интеллектуальные компьютерные информационно-управляющие системы».

Курс «Современные средства обработки сигналов» содержательно и методологически взаимосвязан с курсом «Теория оптимизации и статистическая динамика автоматических систем».

Компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, используются при изучении дисциплины «Идентификация технологических объектов и систем управления».

Также компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, могут быть полезны при изучении дисциплины «Интегрированные системы проектирования и управления автоматизированных и автоматических производств».

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

*ПК-15 – способностью разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемой продукции, производственных и технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления, проводить анализ, синтез и оптимизацию процессов автоматизации,*

управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством на основе проблемно-ориентированных методов

**Знает:** основы теории ЦОС и основные методы анализа ЦС, включая ДПФ, БПФ и НВП; способы применения методов ЦОС для исследования качества выпускаемой продукции, изучения особенностей, контроля и диагностики производственных и технологических процессов.

**Умеет:** использовать существующее и разрабатывать новое программное обеспечение, реализующее алгоритмы различных методов ЦОС.

**Владеет:** способностью к обработке различных видов экспериментальных ЦС с помощью как имеющегося, так и разработанного самостоятельно программного обеспечения, реализующего алгоритмы ЦОС; способностью анализировать частотно-временной состав ЦС, выявлять особенности частотно-временного состава ЦС, делать выводы о его изменении в ходе исследования качества выпускаемой продукции, изучения особенностей, контроля и диагностики производственных и технологических процессов.

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лекции	Коллоквиумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
<b>2 семестр</b>									
1	1	1	Введение в методы обработки цифровых сигналов	14	2				12
1	2-6	2	Анализ цифровых сигналов при помощи Фурье преобразования	24	2			8	14
1	7-12	3	Анализ цифровых сигналов при помощи непрерывного вейвлетного преобразования	28	2			12	14
1	13-18	4	Компьютерное моделирование методов анализа цифровых сигналов	42	2			26	14
<b>Всего</b>				108	8			46	54

#### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
<b>2 семестр</b>				

1	2	1.	<b>Введение в методы обработки цифровых сигналов</b> Введение в основы фундаментальной теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) в части базовых методов и алгоритмов ЦОС. Инвариантность методов ЦОС относительно физической природы сигнала. Математическое описание (математические модели) линейных дискретных систем (ЛДС) и дискретных сигналов.	1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
2	2	2.	<b>Анализ цифровых сигналов при помощи Фурье преобразования</b> Спектральный анализ цифровых сигналов. Дискретное и быстрое преобразование Фурье (ДПФ и БПФ). Алгоритмы ДПФ и БПФ. Области применения.	2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
3	2	3.	<b>Анализ цифровых сигналов при помощи непрерывного вейвлетного преобразования</b> Непрерывное вейвлетное преобразование (НВП). Алгоритм НВП. Материнский вейвлет. Морле-вейвлет. Анализ вейвлетного спектра. Области применения.	4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
4	2	4.	<b>Компьютерное моделирование методов анализа цифровых сигналов</b> Особенности записи и обработки экспериментальных цифровых сигналов. Реализация алгоритмов ДПФ, БПФ и НВП в виде программ для ЭВМ. Анализ реальных экспериментальных данных.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

## 6. Содержание коллоквиумов

Не предусмотрены учебным планом

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отработываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
<b>2 семестр</b>				
2	4	1-2	Спектральный анализ цифровых сигналов. Реализация алгоритма ДПФ	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
2	4	3-4	Спектральный анализ цифровых сигналов. Реализация алгоритма БПФ	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
3	6	5-7	Вейвлет-анализ. Реализация алгоритма непрерывного вейвлетного преобразования с действительным базисом	4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
3	6	8-10	Вейвлет-анализ. Реализация алгоритма непрерывного вейвлетного преобразования с комплексным базисом	4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
4	6	11-13	Разработка программного обеспечения для анализа экспериментальных данных при помощи ДПФ	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
4	6	14-	Разработка программного обеспечения для анализа	4, 5, 6, 7, 8, 9,

		16	экспериментальных данных при помощи БПФ	10, 11, 12, 13
4	6	17-19	Сравнение различных материнских вейвлетов и выбор оптимального для обработки конкретного набора экспериментальных данных	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
4	8	20-23	Разработка программного обеспечения для анализа экспериментальных данных при помощи НВП	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

## 8. Перечень лабораторных работ

Не предусмотрены учебным планом

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Литература
1	2	3	4
<b>2 семестр</b>			
1	12	<b>Введение в методы обработки цифровых сигналов</b> Анализ цифровых сигналов при помощи разложения по эмпирическим модам. Алгоритм. Области применения.	1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
2	14	<b>Анализ цифровых сигналов при помощи Фурье преобразования</b> Сравнение спектров Фурье для различных модельных сигналов: гармонический сигнал с одной или несколькими частотами, гармонический сигнал с суммой двух и более частот, гармонический сигнал с плавно и резко изменяющейся частотой.	2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
3	14	<b>Анализ цифровых сигналов при помощи непрерывного вейвлетного преобразования</b> Сравнение вейвлет-спектров для различных модельных сигналов: гармонический сигнал с одной или несколькими частотами, гармонический сигнал с суммой двух и более частот, гармонический сигнал с плавно и резко изменяющейся частотой. Сравнение с аналогичными Фурье-спектрами.	4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
4	14	<b>Компьютерное моделирование методов анализа цифровых сигналов</b> Реализация алгоритма разложения сигнала по эмпирическим модам. Сравнение с результатами Фурье и вейвлет-анализа.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС.

### Темы рефератов (выступлений):

1. Цифровая обработка сигналов.
2. Способы реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов
3. Методы дискретизации
4. Дискретное преобразование Фурье

5. Быстрое преобразование Фурье
6. Непрерывное вейвлетное преобразование
7. Различные материнские вейвлеты
8. Сравнение Фурье и вейвлет-анализа
9. Параметрические модели сигналов
10. Аппаратные средства цифровой обработки сигналов
11. Обзор и сравнение программ для цифровой обработки сигналов
12. Перспективы развития и использования систем цифровой обработки сигналов
13. Особенности обработки реальных экспериментальных данных

### ***ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА.***

Реферат (от лат. refero - докладываю, сообщаю) — краткое изложение научной проблемы, результатов научного исследования, содержащихся в одном или нескольких произведениях идей и т. п.

Реферат является научной работой, поскольку содержит в себе элементы научного исследования. В связи с этим к нему должны предъявляться требования по оформлению, как к научной работе. Эти требования регламентируются государственными стандартами, в частности:

- ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».
- ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».
- ГОСТ 7.80-2000 «Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления».
- ГОСТ 7.82—2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

#### *Формат*

Реферат должен быть выполнен на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210×297 мм) через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным. Гарнитура шрифта основного текста — «Times New Roman» или аналогичная, кегль (размер) от 12 до 14 пунктов. Размеры полей (не менее): правое — 10 мм, верхнее, нижнее и левое — 20 мм. Формат абзаца: полное выравнивание («по ширине»), отступ — 8–12 мм, одинаковый по всему тексту.

Заголовки разделов и подразделов следует печатать на отдельной строке с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Выравнивание по центру или по левому краю. Отбивка: перед заголовком — 12 пунктов, после — 6 пунктов.

#### *Нумерация*

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту (титульный лист включают в общую нумерацию). Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки. На титульном листе номер не проставляют.

#### *Титульный лист*

В верхней части титульного листа пишется, в какой организации выполняется работа, далее буквами увеличенного кегля указывается тип («Реферат») и тема работы, ниже в правой половине листа — информация, кто выполнил и кто проверяет работу. В центре нижней части титульного листа пишется город и год выполнения.

### *Библиография*

Библиографические ссылки в тексте реферата оформляются в виде номера источника в квадратных скобках.

Библиографическое описание (в списке источников) состоит из следующих элементов:

- основного заглавия;
- обозначения материала, заключенного в квадратные скобки;
- сведений, относящихся к заглавию, отделенных двоеточием;
- сведений об ответственности, отделенных наклонной чертой;
- при ссылке на статью из сборника или периодического издания — сведений о документе, в котором помещена составная часть, отделенных двумя наклонными чертами с пробелами до и после них;
- места издания, отделенного точкой и тире;
- имени издателя, отделенного двоеточием;
- даты издания, отделенной запятой.

## **10. Расчетно-графическая работа**

Не предусмотрена учебным планом

## **11. Курсовая работа**

Не предусмотрена учебным планом

## **12. Курсовой проект**

Не предусмотрен учебным планом

## **13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Процедура оценивания знаний, умений и навыков проводится в соответствии со следующими методическими материалами и заключается в проведении устного экзаменационного опроса в виде диалога преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала, оценка способности студента применить полученные ранее знания; в проведении модулей как способов межсессионной проверки знаний, умений, навыков студента в середине семестра по пройденным темам изучаемого предмета.

Показателем оценивания степени усвоения знаний этого является оценка, полученная на экзамене при ответе на вопросы для экзамена. Оценка выставляется по четырехбальной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и

осуществляется путем анализа ответа на вопросы для экзамена. При этом руководствуются следующими критериями.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения (дескрипторы)</b>
Отлично	заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.
Хорошо	заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.
Удовлетворительно	заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
Неудовлетворительно	выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине.

Оценки «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно» служит основанием для зачета знаний, умений и навыков по дисциплине с простановкой в ведомости «зачтено».

Умения и навыки, приобретенные при преподавании рассматриваемой дисциплины, оцениваются по результатам выполнения практических заданий, включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить. Показателем оценивания степени усвоения знаний является оценка, полученная при представлении материалов и докладе по выданной теме. Оценка выставляется по четырехбалльной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо»,



«удовлетворительно», «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа представленного материала в ответ на практические контрольные задания. При этом руководствуются следующими критериями:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения (дескрипторы)
Отлично	Оценка «Отлично» выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ в задании источники знаний, показывают необходимые для проведения практической работы теоретические знания, практические умения и навыки.
Хорошо	Оценка «Хорошо» выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний, включая страницы атласа, таблицы из приложения к учебнику, страницы из справочной литературы по предмету. Задание показывает знание учащихся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.
удовлетворительно	Оценка «Удовлетворительно» выставляется студенту, если задание на практическую работа выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполненных на «отлично» данную работу студентов. На выполнение задания затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе с физическими приборами, графиками, таблицами справочной литературы.
неудовлетворительно	Оценка «Неудовлетворительно» выставляется, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие умения применить знания к решению практической задачи. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине плохой

Процедура оценивания знаний, умений, навыков включает учет успешности выполнения курсового проекта, практических работ, самостоятельной работы и сдачу зачета и экзамена.

### Вопросы для экзамена

1. Основные элементы тракта обработки сигналов
2. Классификация сигналов.
3. Общие сведения о сигналах и помехах
4. Математические модели сигналов и помех
5. Непрерывные и дискретные каналы связи, их математические модели
6. Представление произвольного сигнала в виде суммы элементарных колебаний. Обобщенный ряд Фурье.
7. Гармонический анализ периодических сигналов. Свойства рядов Фурье. Примеры.
8. Гармонический анализ непериодических сигналов. Спектральная плотность. АЧХ и ФЧХ спектра.
9. Примеры непериодических сигналов и их спектры.
10. Основные свойства преобразования Фурье.
11. Сигнал в виде  $\delta$ -функции, его свойства.
12. Соотношение между длительностью сигнала и шириной его спектра.
13. Спектры некоторых неинтегрируемых функций: гармонический сигнал, единичная функция включения (функция Хевисайда).
14. Представление сигналов на плоскости комплексной частоты.
15. Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала.
16. Преобразование Гильберта и его использование при анализе сигналов.
17. Аналитический сигнал и его основные свойства.
18. Случайные сигналы. Виды случайных сигналов.
19. Параметры случайных сигналов
20. Стационарные случайные сигналы
21. Эргодические случайные сигналы
22. Типы случайных сигналов и их характеристики
23. Широкополосный и узкополосный случайный сигнал Спектральная плотность мощности случайного сигнала
24. Белый шум
25. Характерные шумы в цепях обработки сигналов
26. Дискретные и цифровые сигналы
27. Дискретная и цифровая обработка сигналов
28. Структурная схема цифровой обработки сигналов. Частота Найквиста
29. Аналитический вид и спектральная плотность дискретизированного сигнала.
30. Влияние формы дискретизирующих импульсов
31. Прямое и обратное преобразование аналоговых и цифровых сигналов

32. Теорема Котельникова.
33. Представление сигналов с ограниченной полосой частот в виде ряда Котельникова.
34. Теорема отсчетов в частотной области.
35. Сущность линейной дискретной обработки сигналов
36. Способы описания дискретных систем. Импульсная характеристика
37. Способы описания дискретных систем. Передаточная функция и частотные характеристики
38. Преобразование случайного сигнала в дискретной системе
39. Дискретное преобразование Фурье.
40. Быстрое преобразование Фурье
41. Цифровые фильтры.
42. Непрерывное вейвлетное преобразование
43. Различные материнские вейвлеты и выбор подходящего для конкретной задачи
44. Разложение сигнала по эмпирическим модам

### Контрольные задания

#### Задание №1

Дана последовательность однополярных прямоугольных импульсов с амплитудой  $E$  [В] и длительностью  $T_i$  [с].

Период последовательности  $T$  кратен  $T_i$ .

Определите:

1. Уровень постоянной составляющей спектра последовательности  $U_0$ .
2. Амплитуду  $n$ -ой гармоники  $A_n$ .
3. Расстояние между соседними спектральными составляющими (вдоль оси частот)  $\Delta f$ .
4. Минимальный номер гармоники  $N_1$ , амплитуда которой равна нулю.
5. Значение частоты гармоники с минимальным номером  $N_1$ , амплитуда которой равна нулю.

#### Задание №2

Видеоимпульс описывается функциональным выражением

$$U(t) = U_0[H(t + T/2) - H(t - T/2)],$$

где  $H(t)$  - функция Хевисайда

Определите:

1. Спектральную плотность  $S(f)$  этого видеоимпульса на частоте  $f = 0$ .
2. Спектральную плотность  $S(f)$  этого видеоимпульса на частоте  $f = 1/(2T)$
3. Укажите наименьшее значение частоты  $f_1$ , на которой спектральная плотность равна нулю.

#### Задание №3

Континуальный сигнал, спектр которого занимает полосу частот равную  $\Delta F$  (максимальная частота спектра  $F_{\max}$ ), строится последовательностью коротких прямоугольных импульсов, имеющих длительность  $T_i$ . Полученные отсчеты передаются по линии связи, полоса пропускания которой считается неограниченной. На приемной стороне континуальный сигнал

восстанавливается посредством П-образного фильтра нижних частот, имеющего полосу пропускания  $\Delta F$ .

Определите:

Максимальное значение  $T_{\max}$  периода последовательности прямоугольных импульсов, при котором принятый сигнал будет полностью восстановлен.

*Задание № 4*

Дан экспериментальный цифровой сигнал с частотой дискретизации 1024 Гц. Рассчитайте с использованием пакета программ MatLab:

1. Фурье-спектр сигнала, определите ширину полосы и изрезанность спектра.
2. Вейвлет-спектр сигнала, оцените стационарность/нестационарность исследуемого сигнала
3. Проведите изменение частоты дискретизации сигнала до 512 Гц, 256 Гц, 128 Гц, 64 Гц, 32 Гц. Проведите анализ спектральных характеристик сигналов и определите максимальные разрешаемые частоты в Фурье спектрах сигналов с различными частотами дискретизации.

*Задание № 5*

Опытному эксперту-исследователю поручено просмотреть некоторую группу изображений обрабатываемой поверхности, полученных при помощи электронного микроскопа. Для того чтобы облегчить себе задачу, эксперт решает воспользоваться методами цифровой обработки изображений. С этой целью он исследует ряд характерных изображений и сталкивается со следующими трудностями:

- (1) Наличие на изображениях отдельных ярких точек, не представляющих интерес.
- (2) Недостаточная резкость изображений.
- (3) Недостаточный уровень контрастности некоторых изображений.
- (4) сдвиг среднего уровня яркости, который для корректного проведения некоторых измерений яркости должен принимать значение  $V$ .

Эксперт хочет преодолеть эти трудности и затем выделить белым все точки изображения, яркость которых находится в диапазоне от  $I_1$  до  $I_2$ , сохранив яркость всех остальных точек без изменения.

Предложите последовательность шагов обработки, придерживаясь которой эксперт достигнет поставленных целей.

*Задание № 6*

Построить функцию пропускания фильтра низких частот с граничной частотой  $f_{gr} = 750$  КГц, при условии, что число отсчетов спектра  $N=100$  и разрешение по частоте  $\Delta f = 50$  КГц. Привести рисунок. Проверить аналитические результаты путем моделирования фильтра в программе MatLab.

### **Тестовые задания по дисциплине**

1. Частота в цифровой части системы обозначается как относительная частота  $\Omega$  и выражается в ед.:

Выберите один ответ:

- а) Импульс
- б) Радиан
- в) Миллиметр
- г) Градус

2. С увеличением разрядности АЦП:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Снижается быстродействие
- б) Увеличивается быстродействие
- в) Снижаются шумы квантования
- г) Увеличиваются шумы квантования

3. Преимущества цифровых фильтров перед аналоговыми:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Цифровые фильтры имеют хорошее отношение характеристики/стоимость
- б) Цифровые фильтры имеют программное обеспечение, которое делает их легкими в настройке и при проверке
- в) Цифровые фильтры не требуют арифметических действий умножения и сложения-вычитания.
- г) Цифровые фильтры не значительно изменяют свои характеристики с изменением температуры и влажности

4. Увеличение разрядности АЦП на единицу теоретически увеличивает соотношение сигнал/шум в примерно на:

Выберите один ответ:

- а) 8дБ
- б) 4дБ
- в) 6 дБ
- г) 10 дБ

5. Время преобразования ЦАП – это сумма времен:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Задержки, нарастания и установления
- б) Задержки и установления
- в) Нарастания и установления
- г) Переключения и установления

6. Максимальной абсолютной величиной различия между идеальной частотной характеристикой фильтра и его фактической частотной характеристикой называется:

Выберите один ответ:

- а) максимальной допустимой ошибкой
- б) минимальной допустимой ошибкой
- в) Биение фильтра
- г) Пульсация

7. Процесс квантования аналогового значения приводит к возникновению ошибки квантования, максимальное значение которой равно:

Выберите один ответ:

- а)  $\frac{1}{2}$  единицы младшего разряда преобразователя
- б)  $\frac{3}{4}$  младшего разряда преобразователя
- в)  $\frac{1}{4}$  единицы младшего разряда преобразователя
- г) единице младшего разряда преобразователя

8. Ресемплинг - это процесс:

Выберите один ответ:

- а) Изменения частоты дискретизации цифрового сигнала
- б) Изменения фазы дискретизации цифрового сигнала
- в) Изменения фазы дискретизации аналогового сигнала
- г) Изменения частоты дискретизации аналогового сигнала

9. Основной параметр системы цифровой обработки сигналов:

Выберите один ответ:

- а) Частота дискретизации
- б) Частота аналогового сигнала
- в) Частота замещения
- г) Частота сигнала

10. Наивысшая возможная частота дискретизации при полосе сигнала 1.25 МГц, составляет:

Выберите один ответ:

- а) 2 Msps
- б) 150 ksps
- с) 1 Msps
- д) 500 ksps

11. Преимущества непрерывного вейвлетного преобразования по сравнению с Фурье-преобразованием

Выберите один или два ответа:

- а) возможность проведения частотно-временного анализа
- б) более высокое разрешение в частотной области
- в) рост чувствительности на низких частотах
- г) слабое влияние граничных условий

12. Автокорреляционная функция (АКФ) дискретного сигнала использует:

Выберите один или несколько ответов:

- а) параметр  $\tau$ , указывающий временное смещение копии относительно сигнала
- б) целое число  $n$ , указывающее на сколько позиций сдвинута копия относительно исходного сигнала

- в) операцию суммирования
- г) операцию интегрирования

13. Основные свойства  $Z$ -преобразования для описания дискретных сигналов:

Выберите один или несколько ответов:

- а) сумме двух дискретных сигналов соответствует сумма их  $Z$ -преобразований
- б) свертке двух сигналов во временной области соответствует произведение  $Z$ -образов этих сигналов
- в) свертке двух сигналов во временной области соответствует сумма  $Z$ -образов этих сигналов
- г) сумме двух дискретных сигналов соответствует произведение их  $Z$ -преобразований

14. Шум квантования – это:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Разность между текущим значением сигнала и его дискретным представлением
- б) Ошибки, возникающие в результате обработки цифрового сигнала
- в) Ошибки, возникающие при оцифровке аналогового сигнала
- г) Аддитивный аналоговый сигнал, учитывающий ошибки квантования

15. Цифровой фильтр – это устройство, которое

Выберите один ответ:

- а) подавляет или усиливает определенные частоты в спектре входного сигнала  $s(t)$
- б) преобразует последовательность отчетов входного сигнала  $\{S_k\}$  в числовую последовательность выходного сигнала  $\{Y_k\}$
- в) формирует выходной сигнал  $y(t)$  как свертку входного сигнала  $s(t)$  и импульсной характеристики фильтра  $h(t)$
- г) преобразует входной сигнал  $s(t)$  в выходной сигнал  $y(t)$

16. Функция включения Хевисайда  $\sigma(t)$  принимает следующие значения:

Выберите один или несколько ответов:

- а)  $\sigma(t) = 1$ , при  $t < 0$
- б)  $\sigma(t) = 0$ , при  $t > 0$
- в)  $\sigma(t) = \frac{1}{2}$ , при  $t = 0$

- в)  $\sigma(t) = 1$ , при  $t = 0$
- г)  $\sigma(t) = 0$ , при  $t < 0$
- $\sigma(t) = 1$ , при  $t > 0$

17. Рекурсивный цифровой фильтр по сравнению с нерекурсивным цифровым фильтром:

Выберите один или несколько ответов:

- а) имеет обратную связь
- б) имеет наглядную связь коэффициентов фильтра с его импульсной характеристикой
- в) обеспечивает лучшие частотные характеристики
- г) обладает абсолютной устойчивостью

18.  $\delta$ -функция Дирака принимает следующие значения:

Выберите один или несколько ответов:

- а)  $\delta(t) = 0$ , при  $t = 0$
- б)  $\delta(t) = 1$ , при  $t < 0$
- $\delta(t) = 1$ , при  $t > 0$
- в)  $\delta(t) = \infty$ , при  $t = 0$
- г)  $\delta(t) = 0$ , при  $t < 0$
- $\delta(t) = 0$ , при  $t > 0$

19. Спектральная (частотная) форма представления сигналов использует разложение сигнальных функций на:

Выберите один ответ:

- а) квазидетерминированные составляющие
- б) периодические составляющие
- в) детерминированные составляющие
- г) полигармонические составляющие

20. Произвольный сигнал  $s(t)$ , спектр которого ограничен максимальной частотой  $f$ , может быть полностью восстановлен по последовательности своих отчетов, взятых с интервалом

Выберите один ответ:

- а)  $\Delta t \leq 1/(2f)$
- б)  $\Delta t \leq 1/(5f)$
- в)  $\Delta t \leq 1/f$
- г)  $\Delta t \leq 1/(4f)$

21. Особенности программной реализации системы цифровой обработки сигналов:



Выберите один или несколько ответов:

- а) Используется для узкоспециализированных устройств
- б) Хорошая гибкость, позволяющая быстро изменять алгоритм
- в) Существенное ускорение и удешевление проектирования, изготовления и отладки системы
- г) Очень высокое быстродействие

22. Цифровой преобразователь с КИХ нечетной длины  $N$  имеет следующие особенности:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Фильтр имеет четное число элементов задержки
- б) Импульсная характеристика фильтра симметрична
- в) Импульсная характеристика фильтра антисимметрична
- г) Фильтр имеет нечетное число элементов задержки

23. Особенности аппаратной реализации системы цифровой обработки сигналов:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Хорошая гибкость, позволяющая быстро изменять алгоритм
- б) Используется для широкого набора устройств
- в) Проектирование, изготовление и отладка требуют больших временных затрат
- г) Очень высокое быстродействие

24. Система цифровой обработки сигналов имеет следующие особенности:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Система цифровой обработки сигналов является системой разделения времени
- б) Чем выше отношение тактовой частоты процессора цифровой обработки сигналов к частоте дискретизации, тем меньше количество и сложность аппаратных средств
- в) Система цифровой обработки сигналов является системой реального времени
- г) Время выполнения алгоритма обработки каждого поступившего отчета должно быть больше периода дискретизации

25. Адаптивным фильтром называется фильтр, характеристики которого зависят от: Выберите один ответ:

- а) Только от фазы обрабатываемого сигнала
- б) Только от амплитуды обрабатываемого сигнала

- в) Только от частоты обрабатываемого сигнала
- г) Спектра обрабатываемого сигнала

26. Преобразователь Гильберта

Выберите один или несколько ответов:

- а) Уменьшает фазу всех отрицательных частот на  $\pi/2$
- б) Не меняет амплитудных соотношений в исходном сигнале
- в) Удаляет из исходного сигнала постоянную составляющую
- г) Увеличивает фазу всех положительных частот на  $\pi/2$

27. Коррекция искажений в канале связи заключается в том, что адаптивный фильтр моделирует обратную характеристику системы связи так, чтобы:

Выберите один ответ:

- а) Фазовая характеристика фильтра была прямой по отношению к частотной характеристике системы связи
- б) Частотная характеристика фильтра была обратной по отношению к частотной характеристике системы связи
- в) Фазовая характеристика фильтра была обратной по отношению к частотной характеристике системы связи
- г) Частотная характеристика фильтра была прямой по отношению к частотной характеристике системы связи

28. Для уменьшения величины шума квантования АЦП и увеличения соотношения сигнал/шум необходимо:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Понижать частоту дискретизации входного аналогового сигнала
- б) Повышать разрядность АЦП
- в) Повышать частоту дискретизации входного аналогового сигнала
- г) Уменьшать разрядность АЦП

29. Какие функции выполняет декодер системы цифровой обработки сигналов:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Преобразует обработанный цифровой сигнал в аналоговую форму с помощью ЦАП
- б) Выполняет дискретизацию сглаженного входного сигнала с помощью АЦП

- в) Удаляет паразитные высокочастотные составляющие из преобразованного аналогового сигнала с помощью ФНЧ
- г) Ограничивает входной аналоговый сигнал по спектру с помощью ФНЧ

30. Кодер системы цифровой обработки сигналов содержит:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП)
- б) Антиэлайсинговый фильтр ФНЧ1
- в) Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)
- г) Сглаживающий фильтр низкой частоты ФНЧ2

31. Декодер системы цифровой обработки сигналов содержит:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП)
- б) Антиэлайсинговый фильтр ФНЧ1
- в) Сглаживающий фильтр низкой частоты ФНЧ2
- г) Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)

32. Как называется процесс, характеристики которого можно получить путем усреднения «вдоль процесса»:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Эргодический
- б) Случайный стационарный процесс
- в) Неэргодический
- г) Случайный нестационарный процесс

33. Какие из перечисленных ниже преобразований позволяют провести частотно-временной анализ сигнала:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Преобразование Гильберта
- б) Оконное Фурье-преобразование
- в) Вейвлетное преобразование
- г) Преобразование Вигнера

34. Как называется сигнал, квантованный по уровню и дискретный по времени, описываемый квантованными решетчатыми функциями:

Выберите один ответ:

- а) Аналоговый
- б) Цифровой

- в) Дискретный по времени
- г) Дискретный по уровню

35. Как называется реакция системы на  $\delta(t)$ -функцию Дирака:

Выберите один ответ:

- а) Импульсная характеристика
- б) Амплитудно-частотная характеристика
- в) Фазо-частотная характеристика
- г) Переходная характеристика

36. Дифференциальная нелинейность ЦАП представляет собой

Выберите один ответ:

- а) Минимальное отклонение от опорной прямой при переходе к смежному цифровому коду на входе ЦАП
- б) Минимальное отклонение от опорной прямой при переходе к младшему цифровому коду на входе ЦАП
- в) Максимальное отклонение от опорной прямой при переходе к смежному цифровому коду на входе ЦАП
- г) Максимальное отклонение от опорной прямой при переходе к старшему цифровому коду на входе ЦАП

37. Дециматор – это устройство

Выберите один или несколько ответов:

- а) Уменьшения частоты дискретизации сигнала
- б) Снижения темпов следования отчетов
- в) Повышения темпов следования отчетов
- г) Повышения частоты дискретизации сигнала

38. К особенностям фильтра Чебышева можно отнести:

Выберите один или несколько ответов:

- а) Неизменные пульсации частотной характеристики в полосе пропускания
- б) Минимизация пиковой ошибки в полосе пропускания
- в) Более пологий спад амплитудно-частотной характеристики
- г) Увеличение частотной характеристики к полосе задержания

39. Преобразование Гильберта сигнала во временной области:

Выберите один ответ:

- а)  $x_H(t) = -Ae^{-\frac{t}{T}} \sin(2\pi ft)$
- б)  $W(s, t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t') \varphi\left(\frac{t-t'}{s}\right) dt'$

$$\text{c) } x(t) = Ae^{\frac{t}{T}} \cos(2\pi ft)$$

$$\text{d) } f(s) = \frac{e^{as} - e^{-as}}{e^{as} + e^{-as}}$$

40. Вейвлетное преобразование сигнала в частотно-временной области:

Выберите один ответ:

$$\text{a) } x_H(t) = -Ae^{-\frac{t}{T}} \sin(2\pi ft)$$

$$\text{b) } W(s, t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t') \varphi\left(\frac{t-t'}{s}\right) dt'$$

$$\text{c) } x(t) = Ae^{\frac{t}{T}} \cos(2\pi ft)$$

$$\text{d) } f(s) = \frac{e^{as} - e^{-as}}{e^{as} + e^{-as}}$$

#### 14. Образовательные технологии

Для успешного освоения дисциплины в ходе изложения материала используются лекции на основе мультимедийных презентаций. При изложении материала лектор обсуждает проблемные вопросы, направленные на практическую и самостоятельную деятельность студента. Большое внимание на лекционных и практических занятиях уделяется решению задач из курса «Микропроцессорная техника в механотронике и робототехнике».

Для развития самостоятельной активности в изучении материала студентам предлагается использование интернет-ресурсов (электронных каталогов, специализированных порталов и сайтов), подготовка к участию в дискуссиях по предлагаемым темам курса, выступление с рефератами. По всем практическим и самостоятельным работам студентам предлагается индивидуальное задание.

При защите рефератов будет использоваться технология рецензирования «1-2-3»: студент рецензент по рецензируемому реферату должен сделать одно замечание, два положительных момента, три предложения по улучшению.

При решении задач по программированию студенты делятся на пары. Члены каждой микрогруппы придумывают тесты для проверки задачи коллеги, а также проверяют решения друг друга.

При обучении лиц с ограниченными возможностями и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, сопровождение тьюторами в образовательном пространстве; увеличивается время на самостоятельное освоение материала.

Для достижения планируемых результатов также используются следующие образовательные технологии:

1. Дистанционные на основе информационно-образовательной среды СГТУ имени Гагарина Ю.А., основе реализации возможности

самостоятельного изучения материалов по всем видам образовательной деятельности в соответствии с учебным планом, в том числе до прохождения занятий, текущего дистанционного консультирования студентов.

2. Развивающее проблемно-ориентированное обучение, направленное на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения на основе рассмотрения примеров из практической деятельности преподавателей, в области научно-практических исследований.

3. Личностно ориентированное обучение, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе в рамках самостоятельной работы.

## **15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **1. Основная литература**

1. Алан Оппенгейм Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]/ Алан Оппенгейм, Рональд Шафер — Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 1048 с.

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru>

2. Шостак А.С. Прием и обработка сигналов. Часть 1 [Электронный ресурс]: курс лекций/ Шостак А.С.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 161 с.

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru>

3. Шостак А.С. Прием и обработка сигналов. Часть 2 [Электронный ресурс]: курс лекций/ Шостак А.С.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 87 с.

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru>

### **2. Дополнительная литература**

4. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB [Электронный ресурс] / Н.К. Смоленцев. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 628 с.

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru>

5. Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Умняшкин С.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 368 с.—

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/26902.html>

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru>

6. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров [Электронный ресурс]/ Дьяконов В.П. — Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 577 с.  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

### 3. Периодические издания

7. Вестник Российского нового университета. Серия Управление, вычислительная техника и информатика—

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26390.html>

8. Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика—

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8348.html>

### 4. Интернет-ресурсы

9. Основные Российские образовательные порталы  
[www.edu.ru](http://www.edu.ru) - Федеральный портал «Российское образование»  
[www.informika.ru](http://www.informika.ru) - Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций

10. Интернет - энциклопедия Wikipedia: <http://ru.wikipedia.org>

11. Электроника и микропроцессорная техника. Электронный учебно-методический комплекс <http://it.fitib.altstu.ru/neud/emt/index.php?doc=teor&module=3>

12. <https://portal3.sstu.ru/Pages/Default.aspx> - Информационно-обучающая система Саратовского государственного технического университета.

### Источники ИОС

13. Все лекционные и учебно-методические материалы размещены в электронной форме в ИОС СГТУ имени Гагарина Ю.А.  
<https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/AUM/15.04.04/m.1.3.2.1/default.aspx>

### 16. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Лекционные и практические занятия проходят с использованием компьютеров в типовой аудитории, оборудованном специализированной учебной мебелью, технических средств обучения (мультимедийный проектор, интерактивная доска).

Для проведения практических занятий требуются компьютерные классы с программным обеспечением (Microsoft Office 2007/2010, Matlab), рассчитанные на обучение группы студентов из 15–20 человек, удовлетворяющие санитарно-гигиеническим требованиям, работающие под управлением операционной системы Microsoft Windows XP или Windows 7 с подключением к сети Internet.

Электронная библиотека вуза:

<http://lib.sstu.ru/index.php/elmrazdel/melellib>

Электронная информационно-образовательная среда:

<https://portal.sstu.ru>