

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

**Методические указания для самостоятельной работы
при изучении дисциплины (модуля)**

Дисциплина	<u>Б1.Б.20 Цифровая обработка сигналов</u> <small>код и наименование дисциплины</small>
Специальность	<u>11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы</u> <small>код и наименование специальности</small>
Специализация	<u>Радиоэлектронные системы передачи информации</u> <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small>
Разработчик	<u>к.т.н., доцент, Жарких А. А.</u> <small>уч.степень, уч. звание, должность, ФИО</small>

Мурманск
2019

Составитель – Жарких Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования 19 ноября 2019 г., протокол № 8.

1. Цель дисциплины: подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и рабочим учебным планом специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.

2. Задачи дисциплины:

- дать необходимые знания для разработки цифровых радиотехнических устройств на базе микропроцессоров и микропроцессорных систем, и программируемых логических интегральных схем с использованием современных пакетов прикладных программ.

3. Содержание дисциплины:

Проблемы цифровой обработки сигналов, спектральное представление аналоговых, дискретных и цифровых сигналов, дискретное преобразование Фурье, свертка, применение спектральных преобразований в задачах обработки сигналов, характеристики спектров, цифровая фильтрация.

4. Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности «Радиоэлектронные системы и комплексы».

Таблица1. -Результаты обучения

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
1.	ОПК-6 Способен учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности	Компетенция реализуется полностью	ОПК-6.1 Знает современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий ОПК-6.2 Умеет использовать комплексный подход в своей деятельности, в том числе с использованием информационно коммуникационных технологий ОПК-6.3 Владеет способами и методами решения теоретических и экспериментальных задач
2.	ОПК-8 Способен использовать современные программные и инструментальные средства компьютерного моделирования для решения различных исследовательских и профессиональных задач	Компетенция реализуется полностью	ОПК-8.1 Знает современное состояние области профессиональной деятельности ОПК-8.2 Умеет искать и представлять актуальную информацию о состоянии предметной области ОПК-8.3 Владеет навыками работы за персональным компьютером, в т.ч. пакетами прикладных программ для разработки и представления документации

Таблица 1.1 - Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки			
	Заочная			
	Л	ПР	ЛР	СР
Теоретические основы представления сигналов.	1	1	1	32
Дискретные спектральные представления и методы их вычисления.	1	1	1	32
Цифровая фильтрация.	1	1	1	32
Технические средства цифровой обработки сигналов. Системы цифровой обработки сигналов	1	1	1	32
Итого 4 семестр	4	4	4	128

Таблица 1.2 – Примерный перечень лабораторных работ

№ п/п	Темы лабораторных работ	Количество часов
		Заочная
1	2	3
4 семестр		
1.	Спектральный анализ сигналов в среде Matlab	1
2.	Детерминированные сигналы и их модели	2
3.	Спектральный анализ дискретных и импульсных сигналов	1
	Итого:	4

Таблица 1.3 - Примерный перечень практических работ

№ п/п	Темы практических работ	Количество часов
		Заочная
1	2	3
6 семестр		
1.	Теоретические основы представления сигналов.	1
2.	Дискретные спектральные представления и методы их вычисления.	1
3.	Цифровая фильтрация	1
4.	Технические средства цифровой обработки сигналов. Системы	1
	Итого:	4

5. Методические рекомендации

5.1 Методические рекомендации по организации работы обучающихся во время проведения лекционных занятий

- В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации для практического занятия и указания для выполнения самостоятельной работы.

- Обучающемуся, в ходе лекционных занятий, необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве.

- Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Рекомендуется активно задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

5.2 Методические указания к выполнению практических работ

- Практические работы сочетают элементы теоретического исследования и практических навыков. Выполняя практические работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, практически осваивая конкретные решения, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.

- Выполнение практических работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания для практической деятельности;

- развитие теоретических, аналитических, проектировочных, знаний и умений;

- выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.

- Практические занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в учебных помещениях и лабораториях, при необходимости, с использованием к сети интернет.

- Форма организации обучающихся для проведения практического занятия – групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

- Результаты выполнения практической работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

5.3 Методические указания к выполнению лабораторных работ

- Лабораторные работы сочетают элементы теоретического исследования и практической работы. Выполняя лабораторные работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, так как многие теоретические определения, казавшиеся отвлеченными, становятся вполне конкретными, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.

- Выполнение лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания в практической деятельности;

- развитие аналитических, проектировочных, конструктивных умений;

- выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.

- Лабораторные занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в специальной лаборатории кафедры, оборудованной для выполнения лабораторных работ (заданий).

- Форма организации обучающихся для проведения лабораторного занятия – фронтальная, групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

- Результаты выполнения лабораторного работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

5.4 Проведение занятий в интерактивной форме

- Интерактивное обучение представляет собой способ познания, осуществляемый в формах совместной деятельности обучающихся, т.е. все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, моделируют ситуации, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.

- Интерактивная форма обучения реализуется в виде проблемных лекций, коллективных решениях творческих задач и использовании метода проектов.
- **Проблемная лекция.** На этой лекции новое знание вводится через проблемность вопроса, задачи или ситуации. При этом процесс познания обучающихся в сотрудничестве и диалоге с преподавателем приближается к исследовательской деятельности. Разрешение проблемной ситуации происходит путем организации направления поиска ее решения, выдвижения гипотез и их проверки, решения задач различными способами, нахождения наиболее рационального пути решения и т.д.; анализа полученного результата, обсуждения противоречий или неоднозначности выводов и т.п.
- **Коллективные решения творческих задач.** Под творческими заданиями понимаются такие учебные задания, которые требуют от обучающихся не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат больший или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов, несколько методов решения.

5.5 Методические рекомендации к самостоятельной работе

- Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).
- Самостоятельная работа обучающихся (далее – СРО) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности обучающегося. СРО играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой обучающихся.
- К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом СРО играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.
- В процессе самостоятельной работы обучающийся приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.
- Формы самостоятельной работы обучающихся разнообразны. Они включают в себя:
 - изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, патентной, статистической, периодической и научной информации;
 - подготовку докладов и рефератов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ;
 - участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.
- Самостоятельная работа приобщает обучающихся к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.
- Основной формой самостоятельной работы обучающегося является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и лабораторных занятиях.

5.5 Методические рекомендации по решению тестовых заданий

- Тестовая система предусматривает вопросы/задания, на которые обучающийся должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность.

- При отсутствии какого–либо одного ответа на вопрос, предусматривающий множественный выбор, весь ответ считается неправильным.
- Ответы правильные выделяются в тесте подчеркиванием или любым другим символом.

5.6 Методические рекомендации к выполнению РГР.

- При написании РГЗ обучающийся должен показать умение работать с литературой, анализировать информационные источники, делать обоснованные выводы.
- Работа над выбранной темой требует от обучающегося знаний методологии выполнения исследования, творческого подхода, логики, аргументации изложения, отражения личного отношения к исследуемой проблеме, прилежания, профессионализма.

Порядок выполнения РГР состоит из следующих этапов:

- подбор темы и литературы для ее выполнения;
- разработка рабочего плана;
- изучение специальных источников информации;
- формирование основных теоретических положений, практических выводов и рекомендаций;
- оформление РГР в соответствии с общими требованиями к оформлению пояснительных записок дипломных и курсовых проектов
- защита РГР.
- Важным этапом выполнения РГР является изучение литературных источников. Эта работа начинается с момента выбора темы РГР. В своей работе обучающийся должен показать умение использовать не только специальную техническую литературу, но и экономическую, нормативно-правовые акты, стандарты и ГОСТы.
- Список литературы должен быть оформлен в строгом соответствии с правилами библиографии. В тексте РГР обязательно должны быть ссылки на используемую литературу. Количество наименований в списке литературы должно быть не менее 15.

5.7 Методические рекомендации по подготовке презентации

Алгоритм создания презентации:

- 1 этап – определение цели презентации
- 2 этап – подробное раскрытие информации,
- 3 этап – основные тезисы, выводы.

Следует использовать 10-15 слайдов. При этом:

- первый слайд – титульный, предназначен для размещения названия презентации, имени докладчика и его контактной информации;
- на втором слайде необходимо разместить содержание презентации, а также краткое описание основных вопросов;
- оставшиеся слайды имеют информативный характер.

Обычно подача информации осуществляется по плану: тезис – аргументация – вывод.

Требования к оформлению и представлению презентации:

- Читательность (видимость из самых дальних уголков помещения и с различных устройств), текст должен быть набран 24-30-ым шрифтом.
- Тщательно структурированная информация.
- Наличие коротких и лаконичных заголовков, маркированных и нумерованных списков.
- Каждому положению (идее) надо отвести отдельный абзац.
- Главную идею надо выложить в первой строке абзаца.
- Использовать табличные формы представления информации (диаграммы, схемы) для иллюстрации важнейших фактов, что даст возможность подать материал компактно и наглядно.
- Графика должна органично дополнять текст.
- Выступление с презентацией длится не более 10 минут;

5.8 Методические рекомендации по подготовке доклада

Алгоритм создания доклада:

- 1 этап – определение темы доклада
- 2 этап – определение цели доклада
- 3 этап – подробное раскрытие информации
- 4 этап – формулирование основных тезисов и выводов.

5.9 Методические рекомендации по подготовке к сдаче зачета

- Зачет осуществляется в рамках завершения изучения дисциплины (модуля) и позволяет определить качество усвоения изученного материала, а также степень сформированности компетенций.
- Обучающиеся обязаны сдавать зачет в строгом соответствии с утвержденными учебными планами, разработанными согласно образовательным стандартам высшего образования.
- Экзаменатору предоставляется право задавать студентам вопросы в рамках билета, а также, помимо теоретических вопросов, предлагать задачи практико-ориентированной направленности по программе данного курса.
- При явке на зачет студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору в начале экзамена.
- Рекомендуется при подготовке к зачет опираться на следующий план:
 1. Просмотреть программу курса, с целью выявления наиболее проблемных тем, вопросов, которые могут вызвать трудности при подготовке к зачету.
 2. Темы необходимо изучать последовательно, внимательно обращая внимание на описание вопросов, которые раскрывают ее содержание. Начинать необходимо с первой темы.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Как определяется детерминированный сигнал?
 - 1.Значение этого сигнала в момент времени определяется точно
 - 2.В любой момент времени этот сигнал представляет собой случайную величину
 - 3.В любой момент времени этот сигнал представляет собой не случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностьюПравильный ответ: 1
- 2) Какими параметрами определяется гармонический сигнал
 - 1.Амплитудой A и частотой ω .
 - 2.Амплитудой A и начальной фазой φ .
 - 3.Амплитудой A , частотой ω и начальной фазой φ .Правильный ответ:3
- 3) Какие условия Дирихле должен удовлетворять ряд Фурье что бы разложение существовало?
 - 1.Не должно быть разрывов второго рода и число экстремумов должно быть конечным.
 - 2.Не должно быть разрывов второго рода, число разрывов первого рода должно быть конечным и число экстремумов должно быть конечным.
 - 3.Не должно быть разрывов второго рода и число разрывов первого рода должно быть конечным.Правильный ответ:2
- 4) Какая из представленных формул является формулой прямого преобразования Фурье?
 1. $S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt$

$$2. S(\omega) = \int_0^T s(t)s(t-\tau)dt$$

$$3. S(\omega) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$4. S(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(t)}{t-\tau} dt$$

Правильный ответ: 1

5) Какое соотношение будет между вероятностями случайного сигнала $P(x)$ и функцией распределения?

$$1. F(x_0) = P(x \leq x_0)$$

$$2. F(x_0) = P(x > x_0)$$

$$3. F(x_0) = P(x = x_0)$$

$$4. F(x_0) = P(x \neq x_0)$$

Правильный ответ: 1

6) Чему равна спектральная плотность мощности белого шума?

$$1. W(\omega) = 0$$

$$2. W(\omega) = 1$$

$$3. W(\omega) = \text{const}$$

$$4. W(\omega) = \infty$$

Правильный ответ: 3

7) Если в аналоговой системе произвольная задержка подаваемого на вход сигнала приводит лишь к такой же задержке выходного сигнала, не меняя его формы, система называется?

1. Стационарной.

2. Не стационарной.

3. Параметрической.

4. Системой с переменными параметрами.

Правильный ответ: 1

8) Импульсная характеристика это:

1. Отклик на воздействие δ -функции.

2. Отклик на воздействие в виде функции Хевисайда.

3. Отклик на воздействие в виде прямоугольного импульса.

4. Передаточная функция.

Правильный ответ: 2

9) Эта функция в MATLAB преобразует наборы коэффициентов полиномов числителя и знаменателя функции передачи в векторы и нули: ?

1. cheb1fp(x,y).

2. demo.

3. platx.

4. tf2zp.

Правильный ответ: 4

10) Фильтр Чебышева первого рода?

$$1. K(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2n}}}$$

$$2. K(\omega) = \frac{1}{1 + \omega^2 \tau^2}$$

$$3. K(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 T_n^2(\omega / \omega_0)}}$$

$$4. K(\omega) = \frac{|\omega| \tau}{1 + \omega^2 \tau^2}$$

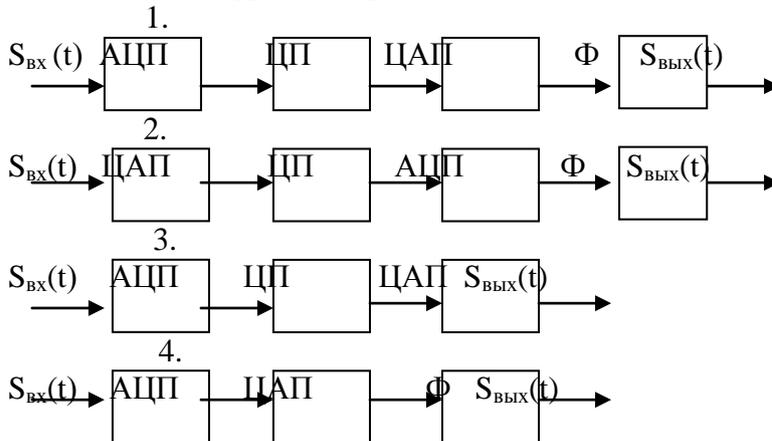
Правильный ответ: 3

11) Процесс преобразования аналогового сигнала в последовательность значений, называется?

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

Правильный ответ: 3

12) Схема цифровой обработки сигнала?



Правильный ответ: 1

13) Z- преобразование имеет свойства?

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

Правильный ответ: 3

14) Какие бывают формы дискретных фильтров?

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

Правильный ответ: 4

15) При обработке сигналов приходится увеличивать или уменьшать частоту дискретизации сигналов. Что производит функция передискретизации?

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

Правильный ответ: 2

16) Дискретное преобразование Фурье используется для?

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

Правильный ответ: 3

17) Какое свойство не относится к дискретному преобразованию Фурье?

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

Правильный ответ: 2

18) Какой из вариантов вывода идеи быстрого преобразования Фурье является ложным?

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

Правильный ответ: 3

19) Какой метод относится к авторегрессионному спектральному анализу?

1. Метод Берга.
2. Метод Уэлча.
3. Параметрический метод.
4. Непараметрический метод.

Правильный ответ: 1

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

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

Правильный ответ: 3

21) Для формирования случайных сигналов служат какие функции?

1. Равномерное и нормальное распределение.
2. Нормальное и быстрое распределение.
3. Равномерное и быстрое распределение.
4. Равномерное и распределение с заданной точностью.

Правильный ответ: 1

22) Дельта-функция или функция Дирака удовлетворяет соотношению:

1. $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$

2. $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 0$

3. $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt \neq 0$

4. $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = \infty$

Правильный ответ: 1

23) Ряд Фурье справедлив для:

1. Не периодического сигнала.
2. Периодического сигнала.
3. Аналитический сигнал.

4. Гармонический сигнал.

Правильный ответ:2

24) Корреляционная функция:

1. Прямоугольна.
2. Не симметрична.
3. Треугольная.
4. Симметрична.

Правильный ответ: 4

25) Случайные стационарные процессы, это случайные процессы у которых:

1. Статистические характеристики, которых одинаковы во всех временных сечениях.
2. Статистические характеристики, которых различны в зависимости от временных сечений.
3. У которых, статистические характеристики стремятся к бесконечности.
4. Статистические характеристики, которых не могут принимать нулевые значения.

Правильный ответ:1

26) Теорема Винера-Хинчина имеет вид:

1. $R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} W(\omega) \ell^{j\omega\tau} \omega d\omega$

2. $R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(\omega) \ell^{j\omega\tau} \omega d\omega$

3. $R(\tau) = \frac{1}{2} \int_{-T/2}^{T/2} W(\omega) \ell^{j\omega\tau} \omega d\omega$

4. $R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} W(\omega) \omega d\omega$

Правильный ответ:2

27) Линейная система устойчива, если:

1. Если при нулевом сигнале выходной сигнал равен 1 при любых начальных условиях.
2. Если при нулевом сигнале выходной сигнал возрастает при любых начальных условиях.
3. Если при нулевом сигнале выходной сигнал затухает при любых начальных условиях.
4. Если при нулевом сигнале выходной сигнал стремится к бесконечности при любых начальных условиях.

Правильный ответ:3

28) Единичная импульсная функция является дискретным аналогом дельта-функции и представляет собой:

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

Правильный ответ:2

29) Как описывается линейная цепь в пространстве состояний?

1. $s'(t)=As(t)$.
2. $s'(t)=Bs(t)$.
3. $y(t)=Cs(t)+Dx(t)$.
4. $s'(t)=As(t)+Bx(t)$.

Правильный ответ:4

30) Чему соответствует интегрирование в частотной области?

1. Умножению на $j\omega$.
2. Умножению на 2π .
3. Умножению на $1/(j\omega)$.
4. Умножению на $1/(2\pi)$.

Правильный ответ:3

Литература:

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: Учебник для ВУЗов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. 756 с.
2. Магазинникова А. Л. Основы цифровой обработки сигналов: Учебник для ВУЗов. - СПб.: Лань, 2016. - 128 с.