

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Директор

Д.Н. Земский

« 21 »

05

2020 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине (модулю)

**Б1.В.ДВ.04.02 Методы цифровой обработки сигналов**  
(код и наименование дисциплины (модуля))

**15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств**  
(код и наименование направления подготовки)

**Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)**  
(наименование профиля)

**бакалавр**  
квалификация

**форма обучения очная, заочная**

Нижекамск, 2020 г.

Составитель ФОС:

доцент



Н.В. Лежнева

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Информационных систем и технологий,

протокол от 30.06.2020 г. № 10

Зав. кафедрой



О.В. Матухина

**УТВЕРЖДЕНО**


Начальник УМУ



Н.И. Никифорова

Эксперт:

Руководитель ООП, ст. преподаватель каф. ИСТ



Л.А. Амаева

**Перечень компетенций с указанием уровней их формирования**

<b>Индекс Компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>				<b>Наименование оце- ночного средства</b>
		<b>Лекции</b>	<b>Практические Занятия, ла- бораторный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой проект (ра- бота)</b>	
ПК-19	Способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами	<b>Тема 1-8</b>	<b>Не преду- смотрены</b>	<b>Л. работа 1-3, л. работа 4- 5(очная форма обучения)</b>	<b>Не преду- смотрены</b>	<b>Тестирование, лаб. работы, контроль- ная работа (заоч- ная форма обуче- ния)</b>
ПК-20	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций	<b>Тема 1-8</b>	<b>Не преду- смотрены</b>	<b>Л. работа 1-3, л. работа 4- 5(очная форма обучения)</b>	<b>Не преду- смотрены</b>	<b>Тестирование, лаб. работы, контроль- ная работа (заоч- ная форма обуче- ния)</b>



***Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)***

<b>Текущий рейтинг</b>			
<b>Очная</b>		<b>Заочная</b>	
Лаб. работа	Балл	Лаб. работа	Балл
№1	15-18	№1	15-20
№2	15-18	№2	15-20
№3	15-18	Контрольная работа	30-50
№4	15-18	Тестирование	0-10
№5	15-18		
Тестирование	0-10		
ИТОГО	60-100	ИТОГО	60-100

**Показатели и критерии оценивания компетенций с описанием шкал оценивания**

<b>Индекс компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Уровни освоения компетенции</b>		
		<b>Пороговый</b>	<b>Продвинутый</b>	<b>Превосходный</b>
ПК-19	Способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами	Знание современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами	Способность участвовать в работах по моделированию технологических процессов, производств с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами	Способность участвовать в работах по моделированию средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК-20	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций	Знание методов планирования эксперимента	Знание современных информационных технологий и технических средств, необходимых для проведения эксперимента и обработки его результатов	Способность составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций

### *Шкала оценивания*

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:
			зачет
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (незачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет Информационных технологий  
Кафедра Информационных систем и технологий*

Направление подготовки: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
Профиль: Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

Учебным планом по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «Методы цифровой обработки сигналов».

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в учебных лабораториях кафедры без использования специального оборудования.

Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков

**Комплект лабораторных работ**  
по дисциплине «Методы цифровой обработки сигналов»

**Лабораторная работа №1 (очная форма обучения)**

**Тема:** «Спектральный анализ сигналов».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал (методику спектрального анализа сигналов). Ответить на контрольные вопросы, предлагаемые в методических указаниях.
2. Вычислить спектральные характеристики сигналов различной формы. При оценке спектра следует предусмотреть возможность предварительного взвешивания входного сигнала при помощи различных временных окон. Проанализировать изменение спектра сигнала в зависимости от частоты дискретизации. Сравнить полученные спектры.
3. Отобразить результаты в лабораторном отчете.

**Лабораторная работа №2 (очная форма обучения)**

**Тема:** «Корреляционный анализ сигналов»

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал (методику корреляционного анализа и свойства корреляционных функций). Ответить на контрольные вопросы, предлагаемые в методических указаниях.
2. Провести корреляционный анализ сигналов различной формы. Построить графики сигналов и их корреляционных функций.
3. Сравнить полученные корреляционные функции.
4. Отобразить результаты в лабораторном отчете.

**Лабораторная работа №3 (№2 заочная форма обучения)**

**Тема:** «Алгоритмы быстрого преобразования Фурье»

**Задание:**



1. Изучить теоретический материал (принципов прямого и обратного преобразования Фурье, в том числе алгоритмов быстрого преобразования Фурье).
2. Используя БПФ, найти спектры заданных сигналов. Построить графики данных сигналов и их спектров; найти амплитуды и частоты несущих гармоник (наибольшие значения спектров и соответствующие им частоты); сравнить виды полученных спектров.
3. Сделать вывод о том, какие из сигналов случайные, периодические, непериодические, как это видно на их частотных характеристиках (спектрах); а также вывод по проделанной работе.
4. Отразить результаты в лабораторном отчете.
5. Отразить результаты в лабораторном отчете.

#### **Лабораторная работа №4 (очная форма обучения)**

##### **Тема: «Модуляция цифровых сигналов и демодуляция».**

Изучить способы модуляции и демодуляции цифровых сигналов. Построить графики модулированных сигналов и сравнить их. Исследовать влияние несущей частоты.

##### **Задание:**

1. Изучить теоретический материал (способы модуляции и демодуляции сигналов). Ответить на контрольные вопросы, предлагаемые в методических указаниях.
2. Построить графики исходных и модулированных сигналов для различных видов модуляции и сравнить их. Исследовать влияние несущей частоты на процесс модуляции.
3. Построить графики исходных и демодулированных сигналов.
4. Отразить результаты в лабораторном отчете.

#### **Лабораторная работа №5 (очная форма обучения)**

##### **Тема: «Анализ и проектирование цифровых фильтров».**

##### **Задание:**

1. Изучить теоретический материал (средства для проектирования фильтрующих цепей, выделяющих частотные компоненты сигналов в той или иной частотной области). Ответить на контрольные вопросы, предлагаемые в методических указаниях.
2. Построить частотные характеристики заданных цифровых фильтров.
3. Исследовать частотные характеристики заданных цифровых фильтров.
4. Отразить результаты в лабораторном отчете.

#### **Лабораторная работа №1 (заочная форма обучения)**

##### **Тема: «Спектральный и корреляционный анализы сигналов».**

##### **Задание:**

1. Изучить теоретический материал (методику спектрального и корреляционного анализов сигналов, свойства корреляционных функций). Ответить на контрольные вопросы, предлагаемые в методических указаниях.
2. Вычислить спектральные характеристики сигналов различной формы. При оценке спектра следует предусмотреть возможность предварительного взвешивания входного сигнала при помощи различных временных окон. Проанализировать изменение спектра сигнала в зависимости от частоты дискретизации. Сравнить полученные спектры.
3. Провести корреляционный анализ сигналов различной формы. Построить графики сигналов и их корреляционных функций. Сравнить полученные корреляционные функции.
4. Отразить результаты в лабораторном отчете.

**Критерии оценки:** Количество баллов, которое можно получить за лабораторную работу,

представлено в табл.

Текущий рейтинг			
Очная		Заочная	
Лаб. работа	Балл	Лаб. работа	Балл
№1	15-18	№1	15-20
№2	15-18	№2	15-20
№3	15-18		
№4	15-18		
№5	15-18		
ИТОГО	60-90	ИТОГО	30-40

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Информационных технологий  
Кафедра Информационных систем и технологий

Направление подготовки: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
Профиль: Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

**Комплект заданий для контрольной работы**  
по дисциплине «Методы цифровой обработки сигналов»  
(для заочной формы обучения)

**Тема: Дискретизация и квантование.**

**Задание:**

**Вариант № 1**

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции  $f(t) = \frac{A}{2} + A \sin \Omega t + \frac{A}{2} \sin 2\Omega t$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для пяти моментов выборок и посередине между первым и вторым отсчетом.

2. Напряжение выходного устройства изменяется в интервале  $x_{\min} = 0.1B$ ,  $x_{\max} = 7B$ . Каков должен быть интервал квантования, чтобы приведенная ошибка не превышала значения 0,01?

3. Непрерывное сообщение квантовано по уровню с шагом квантования 0,1 В. Каков минимальный интервал времени по критерию Темникова, если производная непрерывной функции имеет максимальное значение 10 В?

4. Определить на основе критерия Железнова число некоррелированных элементов, содержащихся в сигнале, если он существует в интервале  $T_C = 0.0036$  с, а интервал корреляции  $\tau_0 = 0.03$  мс.

**Вариант № 2**

1. Представить рядом Котельникова пилообразное напряжение, которое, будучи выражено рядом Фурье имеет вид

$$f(t) = \frac{A}{\pi} \left( \sin \Omega t - \frac{1}{2} \sin 2\Omega t + \frac{1}{3} \sin 3\Omega t - \frac{1}{4} \sin 4\Omega t + \frac{1}{5} \sin 5\Omega t - \dots \right).$$

Спектр этого колебания считать ограниченным пятью гармониками.

2. Число уровней квантования передаваемого сигнала 62. Минимальное значение функции  $x_{\min} = 0.3B$ . Интервал квантования  $\Delta x = 0.15$  В. Определить, какова приведенная ошибка и максимальное значение сигнала.

3. Сигнал длительностью  $T_C = 0.015$  с можно представить 300 отсчетами, некоррелированными между собой. Каков будет интервал корреляции на основе критерия Железнова?

4. Функция  $x(t)$  содержит гармоническую составляющую наивысшей частоты  $F_{\max} = 100$  Гц. Определить через какие промежутки следует брать отсчеты и количество отсчетов, если сигнал длится 300 мс.

**Вариант № 3**

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции

$x(t) = \frac{4h}{\pi} \left( \sin \omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_0 t \right)$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для четырех моментов выборок.

2. В абонентской телефонной связи для сохранения естественности речи выбирают полосу частот около 3400 Гц. С какой дискретностью восстанавливается звуковая передача?

3. Непрерывное сообщение квантовано по уровню с шагом квантования 0,1 В. Каков минимальный интервал времени по критерию Темникова, если производная непрерывной функции имеет максимальное значение 10 В?

4. Минимальное значение сигнала 100 В, интервал квантования 1 В, приведенная ошибка квантования 0,01. Найти максимальное значение сигнала и число уровней квантования.

#### Вариант № 4

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции  $x(t) = \frac{2h}{\pi} \left( \sin \omega_0 t - \frac{1}{2} \sin 2\omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 5\omega_0 t \right)$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для пяти моментов выборок.

2. Напряжение выходного устройства изменяется в интервале  $x_{\min} = 5B$ ,  $x_{\max} = 50B$ . Каков должен быть интервал квантования, чтобы приведенная ошибка не превышала значения 0,01?

3. Функция  $x(t)$  содержит гармоническую составляющую наивысшей частоты  $F_{\max} = 50$  Гц. Определить через какие промежутки следует брать отсчеты и количество отсчетов, если сигнал длится 5 с.

4. Определить по критерию Железнова число некоррелированных элементов, содержащихся в сигнале, если он существует в интервале  $T_c = 0.005$  с, а интервал корреляции  $\tau_0 = 0.01$  мс.

#### Вариант № 5

1. Частотные спектры датчиков непрерывных электрических величин ограничены 10 Гц. Определить период опроса датчиков при многоканальной передаче информации и количество датчиков, если длительность информационного импульса составляет 10 мс.

2. На сколько надо изменить интервал квантования, чтобы уменьшить шум квантования от 0,25 до 0,125? На сколько возрастет при этом количество интервалов квантования при одном и том же диапазоне изменения сигнала  $x_{\max} - x_{\min} = 5$  В?

3. Сигнал длительностью  $T_c = 0.025$  с можно представить 200 отсчетами, некоррелированными между собой. Каков будет интервал корреляции по критерию Железнова?

4. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции  $x(t) = \frac{h}{4} + \frac{h}{24} \sin 2\omega_0 t + \frac{h}{4} \sin 4\omega_0 t$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для четырех моментов выборок.

#### Вариант № 6

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции  $x(t) = \frac{B}{\pi} \left( \sin \omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_0 t + \frac{1}{7} \sin 7\omega_0 t \right)$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для пяти моментов выборок.

2. В локальной вычислительной сети, построенной на витой паре, ширина полосы частот которой составляет 1 МГц, с какой дискретностью берут отсчеты при цифровой передаче сигналов?

3. Непрерывное сообщение квантовано по уровню с шагом квантования 0,2 В. Каков минимальный интервал времени по критерию Темникова, если производная непрерывной функции имеет максимальное значение 100 В?

4. Минимальное значение сигнала 20 В, интервал квантования 0.1 В, приведенная ошибка квантования 0.01. Найти максимальное значение сигнала и число уровней квантования.

#### Вариант № 7

1. Представить рядом Котельникова сигнал, разложение которого в ряд Фурье имеет вид:

$$f(t) = \frac{3C}{\pi} \left( \sin \Omega t - \frac{1}{2} \sin 2\Omega t + \frac{1}{3} \sin 3\Omega t - \frac{1}{4} \sin 4\Omega t + \frac{1}{5} \sin 5\Omega t - \frac{1}{7} \sin 7\Omega t + \dots \right).$$

Спектр этого колебания считать ограниченным семью гармониками.

2. Число уровней квантования передаваемого сигнала 50. Минимальное значение функции  $x_{\min} = 0.2 \text{ В}$ . Интервал квантования  $\Delta x = 0.08 \text{ В}$ . Определить, какова приведенная ошибка и максимальное значение сигнала.

3. Сигнал длительностью  $T_c = 3 \text{ с}$  можно представить 500 отсчетами, некоррелированными между собой. Каков будет интервал корреляции на основе критерия Железнова?

4. Функция  $x(t)$  содержит гармоническую составляющую наивысшей частоты  $F_{\max} = 500 \text{ Гц}$ . Определить через какие промежутки следует брать отсчеты и количество отсчетов, если сигнал длится 500 мс.

#### Вариант № 8

1. Представить рядом Котельникова сигнал, разложение которого в ряд Фурье имеет вид:

$$f(t) = \frac{1}{2} + \cos \Omega t + \frac{1}{2} \cos 2\Omega t + \frac{1}{3} \sin 3\Omega t + \frac{1}{4} \sin 4\Omega t + \dots$$

Спектр этого колебания считать ограниченным тремя гармониками.

2. На сколько надо изменить интервал квантования, чтобы уменьшить шум квантования от 0,025 до 0.0125? На сколько возрастет при этом количество уровней квантования при одном и том же диапазоне изменения сигнала  $x_{\max} - x_{\min} = 5 \text{ В}$ ?

3. Непрерывное сообщение, содержащее в спектре максимальную гармоническую составляющую с частотой 150 Гц, длится 10 с. Сколькими отсчетами можно восстановить это сообщение?

4. Определить по критерию Железнова число некоррелированных элементов, содержащихся в сигнале, если он существует в интервале  $T_c = 0.004 \text{ с}$ , а интервал корреляции  $\tau_0 = 0.02 \text{ мс}$ .

#### Вариант № 9

1. Представить рядом Котельникова сигнал, разложение которого в ряд Фурье имеет вид:

$$f(t) = \frac{4h}{\pi^2} \left( \cos \Omega t + \frac{1}{9} \cos 3\Omega t + \frac{1}{25} \cos 5\Omega t + \dots \right).$$

Спектр этого колебания считать ограниченным семью гармониками.

2. Число уровней квантования передаваемого сигнала 30. Минимальное значение функции  $x_{\min} = 2 \text{ В}$ . Интервал квантования  $\Delta x = 0.1 \text{ В}$ . Определить, какова приведенная ошибка и максимальное значение сигнала.

3. Сигнал длительностью 4 с можно представить 400 отсчетами, некоррелированными между собой. Каков будет интервал корреляции на основе критерия Железнова?

4. Функция  $x(t)$  содержит гармоническую составляющую наивысшей частоты  $F_{\max} = 300 \text{ Гц}$ . Определить, через какие промежутки следует брать отсчеты, и количество отсчетов, если сигнал длится 5 с.

#### Вариант № 10

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции  $f(t) = \frac{1}{5} + \frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi}{5} \cos \frac{\pi}{5} t + \frac{2}{3\pi} \sin \frac{3\pi}{5} \cos \frac{3\pi}{5} t + \frac{2}{5\pi} \sin \frac{5\pi}{5} \cos \frac{3\pi}{5} t + \dots$ , пользуясь теоремой отсче-

тов. Определить значения функции для четырех моментов выборок.

2. Напряжение выходного устройства изменяется в интервале  $x_{\min} = 1 \text{ В}$ ,  $x_{\max} = 10 \text{ В}$ . Каков должен быть интервал квантования, чтобы приведенная ошибка не превышала значения 0,02?

3. Непрерывное сообщение квантовано по уровню с шагом квантования 0,1 В. Каков шаг дискретизации по критерию Темникова, если производная непрерывной функции имеет максимальное значение 20 В?

4. Определить на основе критерия Железнова число некоррелированных элементов, содержащихся в сигнале, если он существует в интервале 0.0001 с, а интервал корреляции  $\tau_0 = 0.02 \text{ мс}$ .

#### Вариант № 11

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции  $f(t) = \frac{8A}{\pi^2} \left( \cos \frac{2\pi}{T} t + \frac{1}{9} \cos \frac{3 \cdot 2\pi}{T} t + \frac{1}{215} \cos \frac{5 \cdot 2\pi}{T} t + \dots \right)$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для шести моментов выборок.

2. Минимальное значение сигнала 0.5 В, максимальное значение 100 В. Определить число уровней квантования, шаг квантования сигнала и дисперсию ошибки квантования, при которых приведенная ошибка не превышает 0.001.

3. Сигнал длительностью 0.003 с можно представить 300 отсчетами. Каков будет интервал дискретизации на основе теоремы Котельникова?

4. Каким будет шаг дискретизации аналогового сигнала по критерию Темникова, если шаг квантования 3 В, а максимальное значение производной сигнала 30?

#### Вариант № 12

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции  $f(t) = \frac{2A}{\pi} \left( \sin \frac{2\pi}{T} t - \frac{1}{2} \sin 2 \frac{2\pi}{T} t + \frac{1}{3} \sin 2 \frac{3\pi}{T} t - \dots \right)$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для трех моментов выборок.

2. Шаг квантования сигнала 10 В, приведенная ошибка квантования 0.02, максимальное значение сигнала 250 В. Определить минимальное значение сигнала, число уровней квантования и дисперсию ошибки квантования.

3. Сигнал длительностью 20 мс можно представить 200 отсчетами, некоррелированными между собой. Каков будет интервал корреляции на основе критерия Железнова?

4. Чему равен шаг дискретизации аналогового сигнала длительностью 4 с, если он может быть восстановлен 100 отсчетами?

#### Вариант № 13

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции  $f(t) = \frac{A}{4} + \frac{2A}{\pi} \sin \frac{\pi}{4} \cos \frac{2\pi}{T} t + \frac{2A}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{4} \cos 2 \frac{3\pi}{T} t + \frac{2A}{3\pi} \sin \frac{3\pi}{4} \cos 2 \frac{3\pi}{T} t + \dots$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для четырех моментов выборок и посередине между вторым и третьим отсчетами.

2. Число уровней квантования сигнала 20, минимальное значение сигнала 10 В, максимальное значение 200 В. Определить приведенную ошибку квантования и шаг квантования сигнала.

3. Сигнал длительностью 0.01 с можно представить 100 отсчетами. Каков будет интервал дискретизации на основе теоремы Котельникова?

4. Чему равен шаг квантования сигнала, если его шаг дискретизации по критерию Темникова 0.05 с, а максимальное значение производной 10?

#### Вариант № 14

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции

$f(t) = \frac{A}{2} + \frac{2A}{\pi} \left( \cos \frac{2\pi}{T} t - \frac{1}{3} \cos 2 \frac{3\pi}{T} t + \frac{1}{5} \cos 2 \frac{5\pi}{T} t - \dots \right)$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для шести моментов выборок.

2. На сколько необходимо изменить число уровней квантования сигнала, чтобы приведенная ошибка квантования уменьшилась от 0.02 до 0.01?

3. Сигнал длительностью 0.003 с можно представить 300 отсчетами, коррелированными между собой. Каков будет интервал корреляции на основе критерия Железнова?

4. Функция  $x(t)$  содержит гармоническую составляющую наивысшей частоты  $F_{\max} = 400$  Гц. Определить, с каким шагом следует брать отсчеты, и количество отсчетов, если сигнал длится 2 с.

### Вариант № 15

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции  $f(t) = \frac{2A}{\pi} \left( \sin 2\pi f_1 t - \frac{1}{2} \sin 2\pi 2f_1 t + \frac{1}{3} \sin 2\pi 3f_1 t - \frac{1}{4} \sin 2\pi 4f_1 t + \dots \right)$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для семи моментов выборок.

2. Максимальное значение сигнала 500 В, число уровней квантования 50, шаг квантования 5 В. Определить минимальное значение сигнала и приведенную ошибку квантования.

3. Сигнал длительностью 20 мс можно представить 200 отсчетами. Каков будет интервал дискретизации на основе теоремы Котельникова?

4. Чему равно максимальное значение производной сигнала, если его шаг квантования 20 В, а шаг дискретизации 0.01 с?

## Тема 2: Корреляционный анализ

**Вариант 1.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = ae^{-bt} + c$ , где  $c$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[0, \pi/4]$ .

**Вариант 2.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = tg(at) + b$ , где  $b$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[0, \pi/4]$ .

**Вариант 3.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = ae^{-bt} + c$ , где  $b$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[-\pi/4, \pi/4]$ .

**Вариант 4.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = a \cos \omega t + b \sin \omega t$ , где  $\omega$  - постоянная угловая частота;  $a$  и  $b$  - взаимно-независимые нормально распределенные случайные величины с нулевыми средними значениями и дисперсиями, равными  $\sigma^2$ .

**Вариант 5.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$  и спектральную плотность для случайного сигнала  $x(t) = A_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ , где  $A_m$  и  $\omega_0$  - постоянные амплитуда и угловая частота;  $\varphi$  - случайная начальная фаза, равномерно распределенная на интервале  $[-\pi, \pi]$ .

**Вариант 6.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = b \sin ct + d$ , где  $b$  - случайная величины, равномерно распределенная на интервале  $[0, \pi/2]$ .

**Вариант 7.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = a \cos bt + c$ , где  $c$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[-2\pi, 2\pi]$ .

**Вариант 8.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = a + b \sin ct$ , где  $a$  - случайная величины, равномерно распределенная на интервале  $[0, \pi/2]$ .

**Вариант 9.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = atg(bt) + c$ , где  $c$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[0, \pi/2]$ .

**Вариант 10.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = b \sin ct + d$ , где  $b$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[0, \pi]$ .

**Вариант 11.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = tg(at) + b$ , где  $b$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[0, \pi/2]$ .

**Вариант 12.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = a \cos bt + c$ , где  $c$  - случайная величины, равномерно распределенная на интервале  $[0, 2\pi]$ .

**Вариант 13.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = a + b \sin ct$ , где  $a$  - случайная величины, равномерно распределенная на интервале  $[0, \pi/2]$ .

**Вариант 14.** Задание 14. Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = atg(bt) + c$ , где  $c$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[0, 2\pi]$ .

**Вариант 15.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = ae^{-bt} + c$ , где  $c$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[-\pi/4, \pi/4]$ .

**Вариант 16.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = tg(at) + b$ , где  $b$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[0, \pi/4]$ .

**Вариант 17.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = \cos at + b$ , где  $b$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[-\pi, 2\pi]$ .

**Вариант 18.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = \cos at + \sin bt$ , где  $a$  и  $b$  - взаимно-независимые случайные величины, равномерно распределенная на интервале  $[0, 2\pi]$ .

**Вариант 19.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = \cos at + \sin bt$ , где  $a$  и  $b$  - взаимно-независимые случайные величины, равномерно распределенная на интервале  $[0, \pi/8]$ .

**Вариант 20.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = ae^{-bt} + c$ , где  $c$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[-\pi, \pi]$ .

**Вариант 21.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = ae^{-bt} + c$ , где  $c$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[-\pi/2, \pi/2]$ .

**Вариант 22.** Найти корреляционную функцию  $K_x(t_1, t_2)$ , если  $x(t) = tg(at) + b$ , где  $b$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[-\pi/2, \pi/2]$ .

**Вариант 23.** Найти корреляционную функцию  $K_x(\tau)$ , если  $x(t) = \cos at + b$ , где  $b$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[-\pi, \pi]$ .

**Критерии оценки:** При оценке результатов выполнения контрольной работы по дисциплине «Методы цифровой обработки сигналов» используется рейтинговая система. Согласно рейтинговой системе оценка результатов выполнения контрольной работы формирует текущий рейтинг  $R^{\text{тек}}$ . Максимальное значение оценки контрольной работы равно 50 б. Контрольной работа считается сданной, если студент получил за нее не менее – 30 б. Критерии оценки представлены в табл.

Критерии оценки	Количество баллов
Корректность выполнения заданий	10-15
Правильность полученных результатов	10-15
Оформление отчета	5-10
Своевременность сдачи контрольной работы	5-10
ИТОГО	30-50



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет Информационных технологий*  
*Кафедра Информационных систем и технологий*

Направление подготовки: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
Профиль: Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

по дисциплине «Методы цифровой обработки сигналов»

**Комплект тестовых заданий**  
**Вариант №1**

**Часть I. Задание с выбором нескольких верных ответов**

*Из предложенных вариантов ответов выберите несколько верных.*

1.1. Основными целями анализа сигналов являются:

- 1) измерение числовых параметров сигналов;
- 2) разложение сигнала на элементарные составляющие для их рассмотрения по отдельности или для сравнения свойств различных сигналов;
- 3) спектральный анализ сигналов;
- 4) корреляционный анализ.

1.2. Формами реализации дискретных фильтров являются:

- 1) прямая;
- 2) обратная;
- 3) каноническая;
- 4) транспонированная;
- 5) последовательная;
- 6) каскадная;
- 7) параллельная.

1.3. Какие виды модуляции используются при передаче цифровой информации?

- 1) амплитудная манипуляция;
- 2) фазовая манипуляция;
- 3) частотная манипуляция;
- 4) квадратурная манипуляция;
- 5) амплитудно-импульсная модуляция;
- 6) широтно-импульсная модуляция;
- 7) время-импульсная модуляция.

1.4. Фильтры, использующие при вычислениях выходного сигнала значения предыдущие выходные отсчеты, называются

- 1) нерекурсивными;
- 2) КИХ-фильтры;
- 3) рекурсивными;
- 4) БИХ-фильтры.

1.5 Детерминированные периодические процессы делятся на:

- 1) гармонические;
- 2) переходные;
- 3) полигармонические;
- 4) почти периодические.

1.6. Основными совместными статистическими характеристиками, используемыми для описания свойств пар реализаций, принадлежащим двум разным стационарным случайным процессам, являются:

- 1) плотности вероятности;
- 2) функция распределения;
- 3) средние значения и средние квадраты;
- 4) ковариационные функции;
- 5) спектральные плотности.

1.7. Важнейшими распределениями, используемыми в прикладной статистике, являются

- 1) экспоненциальное распределение;
- 2) нормальное распределение;
- 3) равномерное распределение;
- 4) хи-квадрат распределение;
- 5) t-распределение Стьюдента
- 6) F-распределение.

## **Часть II. Задание с выбором одного верного ответа**

*Из предложенных вариантов ответов выберите только один верный вариант.*

2.1. Задержка сигнала во времени  $s(t)=f(t-\tau)$  приводит к

- 1) умножению его спектральной функции на  $e^{-j\omega\tau}$ ;
- 2) умножению его спектральной функции на  $e^{-j\tau}$ ;
- 3) умножению его спектральной функции на  $e^{-j\omega\tau}$ ;
- 4) умножению его спектральной функции на  $e^{j\tau}$ ;
- 5) умножению его спектральной функции на  $e^{-j\omega\tau}$ ;

2.2. Гармонический сигнал может быть адекватно представлен дискретными отсчетами, если его частота

- 1) не превышает частоту дискретизации;
- 2) превышает половину частоты дискретизации;
- 3) не превышает половину частоты дискретизации;
- 4) превышает частоту дискретизации.

2.3. Z-преобразование единичной импульсной функции равно:

- 1) единице;
- 2) нулю;
- 3)  $1/(1-z^{-1})$ .

2.4. Значение корреляционной функции непериодического сигнала при  $\tau=0$  равно

- 1) энергии сигнала;
- 2) средней мощности сигнала;
- 3) мгновенной мощности сигнала.

2.5. Если форма дискретизирующих импульсов отличается от дельта-функций, то происходит

- 1) аддитивные искажения спектра дискретного сигнала;
- 2) мультипликативные искажения спектра дискретного сигнала;

3) спектр дискретного сигнала не изменяется.

2.6. Укажите алгоритм дискретной фильтрации:

1)  $y(k) + a_1 y(k-1) + \dots + a_n y(k-n) = b_0 x(k) + b_1 x(k-1) + \dots + b_m x(k-m)$ ;

2)  $y(k) = b_0 x(k) + b_1 x(k-1) + \dots + b_m x(k-m) - a_1 y(k-1) - \dots - a_n y(k-n)$ .

2.7. Сложение функций передачи дискретной системы соответствует

1) последовательному включению соответствующих фильтров;

2) параллельному включению соответствующих фильтров.

2.8. В процессе модуляции сигнала получают

1) модулирующий сигнал;

2) модулированный сигнал;

3) несущее колебание.

2.9. Взаимная корреляционная функция связана преобразованием Фурье с

1) суммой спектров сигналов;

2) взаимным спектром сигналов;

3) произведением спектров сигналов.

2.10. Для вещественного сигнала амплитудный спектр является

1) нечетной функцией;

2) четной функцией.

2.11. Процесс преобразования отсчетов сигнала в числа называется

1) дискретизацией;

2) квантованием по уровню;

3) цифровым кодированием.

2.12. Сигнал, дискретный во времени и квантованный по уровню, называется

1) цифровым сигналом;

2) аналоговым сигналом;

3) дискретным сигналом.

2.13. Частотная характеристика дискретной системы является

1) периодической функцией с периодом, равным частоте дискретизации;

2) периодической функцией с периодом, равным частоте Найквиста;

3) непериодической функцией.

2.14. При задержки дискретной последовательности на  $k_0$  тактов необходимо:

1) умножить ее z-преобразование на  $z^{-k_0}$ ;

2) прибавить к ее z-преобразованию  $z^{-k_0}$ ;

3) умножить ее z-преобразование на  $z^{k_0}$ ;

4) прибавить к ее z-преобразованию  $z^{k_0}$ .

2.15. Спектр круговой свертки периодических временных последовательностей равен

1) сумме спектров;

2) произведению спектров;

3) свертке спектров.

### **Часть III. Задание на упорядочение ответов**

*Установите соответствие между разрозненными частями утверждения*

3.1. Установите соответствие между видом сигнала и энергией:

1) сигнал конечной длительности	а) конечная энергия
2) периодический сигнал	б) конечная энергия

3.2. Установите соответствие между видом сигнала и значение корреляционной функции при  $\tau=0$ :

1) детерминированный сигнал с конечной энергией	а) средняя мощность сигнала
2) периодический сигнал	б) энергия сигнала

3.3. Установите соответствие между формами ряда Фурье

1) тригонометрическая	а) $s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\omega_1 t + \varphi_k)$
2) комплексная	б) $s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k e^{-jk\omega_1 t}$
3) вещественная	в) $s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(k\omega_1 t) + b_k \sin(k\omega_1 t))$

### Вариант №2

#### Часть I. Задание с выбором нескольких верных ответов

*Из предложенных вариантов ответов выберите несколько верных.*

1.1. Какие из перечисленных сигналов относятся к тестовым?

- 1) гармонический сигнал;
- 2) периодический сигнал;
- 3) дельта-функция;
- 4) финитный сигнал;
- 5) функция единичного скачка.

1.2. Какие способы описания дискретных систем существуют?

- 1) импульсная характеристика;
- 2) функция передачи;
- 3) системная функция;
- 4) частотная характеристика;
- 5) нули полюсы;
- 6) полюсы и вычеты;
- 7) пространство состояний.

1.3. При передаче цифровой информации в качестве несущего колебания может использоваться:

- 1) последовательность прямоугольных импульсов;
- 2) гармонический сигнал;
- 3) последовательность треугольных импульсов.

1.4. Частотой Найквиста называется:

- 1) частота дискретизации;
- 2)  $\frac{1}{2T}$ ;
- 3) половина частоты дискретизации;
- 4)  $\frac{\pi}{T}$ .

1.5 Детерминированные непериодические процессы делятся на:

- 1) гармонические;
- 2) переходные;
- 3) полигармонические;
- 4) почти периодические.

1.6. Основными статистическими характеристиками, используемыми для описания свойств отдельных реализаций стационарных случайных процессов, являются:

- 1) совместные плотности вероятности;
- 2) совместные функция распределения;
- 3) частотные характеристики;
- 4) взаимные ковариационные функции;
- 5) взаимные спектральные плотности;
- 6) функции когерентности.

1.7. Критерии, используемые при проверке гипотез, бывают

- 1) односторонними;
- 2) двусторонними;
- 3) многосторонними.

## **Часть II. Задание с выбором одного верного ответа**

*Из предложенных вариантов ответов выберите только один верный вариант.*

2.1. Если частота гармонического сигнала равна частоте Найквиста, то

- 1) его дискретные отсчеты позволяют правильно восстановить аналоговый гармонический сигнал;
- 2) его дискретные отсчеты позволяют восстановить аналоговый гармонический сигнал с той же частотой, но амплитуда и фаза восстановленного сигнала будут искажены;
- 3) восстановленный по дискретным отсчетам будет гармоническим, но с другой частотой.

2.2. Z-преобразование дискретного единичного скачка равно:

- 4) единице;
- 5) нулю;
- 6)  $1/(1-z^{-1})$ .

2.3. Корреляционная функция является

- 1) четной функцией;
- 2) нечетной функцией.

2.4. Спектр дискретизированного сигнала представляет собой бесконечный ряд сдвинутых копий спектра исходного непрерывного сигнала, причем расстояние между соседними копиями спектра равно:

- 1) частоте Найквиста;
- 2) частоте дискретизации.

2.5. Чтобы дискретная система была устойчивой, полюсы ее функции передачи должны находиться на комплексной плоскости

- 1) вне круга единичного радиуса;
- 2) внутри круга единичного радиуса.

2.6. Корреляционная функция случайного сигнала на выходе системы представляет собой

- 1) сумму корреляционных функций входного шума и импульсной характеристики системы;
- 2) произведение корреляционных функций входного шума и импульсной характеристики системы;
- 3) свертку корреляционных функций входного шума и импульсной характеристики системы;

2.7. Наибольшее ускорение при вычислении БПФ достигается в случае, когда длина анализируемой последовательности

- 1) четное число;
- 2) нечетное число;
- 3) простое число;
- 4) степень числа 2.

2.8. При частотной манипуляции каждому возможному значению передаваемого символа сопоставляется своя

- 1) амплитуда;
- 2) частота;
- 3) фаза.

2.9. Спектр постоянного во времени сигнала (константы) свертки сигналов равен:

- 1) дельта функции;
- 2) единице;
- 3) дельта-функция частоты;
- 4) комплексной экспоненте.

2.10. Для вещественного сигнала фазовый спектр является

- 1) нечетной функцией;
- 2) четной функцией.

2.11. Процесс преобразования аналогового сигнала в последовательность отсчетов называется

- 1) дискретизацией;
- 2) квантованием по уровню;
- 3) цифровым кодированием.

2.12. Точное восстановление непрерывного сигнала по дискретным отсчетам возможно, если

- 1) верхняя граничная частота в спектре сигнала не превышает частоту дискретизации;
- 2) верхняя граничная частота в спектре сигнала не превышает частоту Найквиста;
- 2) верхняя граничная частота в спектре сигнала превышает частоту Найквиста;
- 4) верхняя граничная частота в спектре сигнала превышает частоту дискретизации.

2.13. Z-преобразование свертки дискретных последовательностей соответствует

- 1) произведение их z-преобразований;
- 2) сумме их z-преобразований;
- 3) разности их z-преобразований.

2.14. Чтобы дискретная система была устойчива, полюсы ее функции передачи должны находиться на комплексной плоскости

- 1) внутри круга единичного радиуса;
- 2) вне круга единичного радиуса.

2.15. Дискретное преобразование Фурье произведения последовательностей представляет

- 1) произведение спектров;
- 2) круговую свертку спектров;
- 3) сумму спектров.

### **Часть III. Задание на упорядочение ответов**

Установите соответствие между разрозненными частями утверждения

3.1. Установите соответствие между сигналом и его спектром:

1) сигнал конечной длительности	а) дискретный спектр
2) периодический сигнал	б) непрерывный спектр

3.2. Установите соответствие между параметрами сигнала  $s(t)$ :

1) энергия	а) $s^2(t)$
2) средняя мощность	б) $\int_0^T s^2(t) dt$
3) мгновенная мощность	в) $\frac{1}{T} \int_0^T s^2(t) dt$
	г) $\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s^2(t) dt$

3.3. Приведите в соответствие классификацию процессов:

1) детерминированные	а) непериодические
2) случайные	б) нестационарные
	в) периодические
	г) стационарные

### Вариант №3

#### Часть I. Задание с выбором нескольких верных ответов

Из предложенных вариантов ответов выберите несколько верных.

1.1. Покажите формулу связи между z-преобразованием  $X(z)$  и преобразованием Фурье  $\dot{S}(\omega)$ :

1)  $\dot{S}(\omega) = X(e^{j\omega T})$ ;

2)  $X(z) = \dot{S}\left(\frac{1}{T} \ln z\right)$ ;

3)  $X(z) = \dot{S}\left(\frac{1}{jT} \ln z\right)$ .

1.1. Методы синтеза цифровых фильтров классифицируются по наличию аналогового прототипа на

- 1) прямые методы синтеза;
- 2) методы синтеза рекурсивных фильтров;
- 3) методы синтеза нерекурсивных фильтров;
- 4) методы синтеза с использованием аналогового прототипа.

1.3. Разновидностями амплитудной модуляции являются:

- 1) с подавленной несущей;
  - 2) однополосная;
  - 3) многополосная.
- 1.4. Фильтры, использующие при вычислениях выходного сигнала только значения отсчетов входного сигнала, называются
- 1) нерекурсивными;
  - 2) КИХ-фильтры;
  - 3) рекурсивными;
  - 4) БИХ-фильтры.
- 1.5. Случайные процессы делятся на:
- 1) нестационарные;
  - 2) эргодические;
  - 3) стационарные.
- 1.6. Основное назначение ковариационных функций:
- 1) выявление периодичностей;
  - 2) проверка нормальности;
  - 3) выделение сигналов из шума;
  - 4) измерение запаздывания;
  - 5) локализация источников помех.
- 1.7. При проверке гипотез возможные следующие типы ошибок
- 1) третьего рода
  - 2) первого рода;
  - 3) второго рода.

## **Часть II. Задание с выбором одного верного ответа**

*Из предложенных вариантов ответов выберите только один верный вариант.*

- 2.1. Спектр дельта-функции равен:
- 1) нулю;
  - 2) единице;
  - 3) дельта-функции.
- 2.2. Теорема Котельникова: любой сигнал  $s(t)$ , спектр которого не содержит составляющих с частотами выше  $\omega_b = 2\pi f_b$  может быть без потерь информации представлен своими дискретными отсчетами  $\{s(kT)\}$ , взятыми с интервалом  $T$ , удовлетворяющим следующему условию:
- 1)  $T \leq 1/f_b$ ;
  - 2)  $T \leq 1/2f_b$ ;
  - 3)  $T \leq 2/f_b$ .
- 2.3. Если функция, описывающая сигнал, нечетная, то спектральная функция сигнала будет
- 1) вещественной и нечетной;
  - 2) чисто мнимой и четной;
  - 3) вещественной и четной;
  - 4) чисто мнимой и нечетной.
- 2.4. Если физическая природа сигналов – напряжение, то размерность их взаимных корреляционных функций равна:
- 1)  $B^2$ ;
  - 2)  $B^2 c$ ;
  - 3)  $B^2/c$ .
- 2.5. Временная дискретизация и квантование по уровню осуществляются в



- 1) АЦП;
- 2) ЦАП;
- 3) цифровом процессоре.

2.6. Прямой ДПФ является:

- 1)  $X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X(n) e^{j2\pi nk/N}$  ;
- 2)  $X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{-j2\pi nk/N}$  ;
- 3)  $X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X(n) e^{-j2\pi nk/N}$  ;
- 4)  $X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j2\pi nk/N}$  .

2.7. Перемножение функций передачи дискретной системы соответствует

- 1) последовательному включению соответствующих фильтров;
- 2) параллельному включению соответствующих фильтров.

2.8. По сравнению с амплитудной и фазовой манипуляциями квадратурная манипуляция обеспечивает

- 1) большую помехоустойчивость;
- 2) меньшую помехоустойчивость;
- 3) одинаковую помехоустойчивость.

2.9. Укажите вещественную форму ряда Фурье:

- 1)  $s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k e^{-jk\omega_1 t}$  ;
- 2)  $s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\omega_1 t + \varphi_k)$  ;
- 3)  $s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(k\omega_1 t) + b_k \sin(k\omega_1 t))$  .

2.10. При задержки сигнала на  $\tau$  его спектр умножается на

- 1)  $e^{-j\omega\tau}$  ;
- 2)  $e^{j\omega\tau}$  ;
- 3)  $e^{\omega\tau}$  ;
- 4)  $e^{-\omega\tau}$  .

2.11. Сигнал, дискретный во времени, но не квантованный по уровню, называется

- 1) цифровым сигналом;
- 2) аналоговым сигналом;
- 3) дискретным сигналом.

2.12. Если сигнал, который подлежит дискретизации может содержать спектральные составляющие с частотами, превышающими частоту Найквиста, то целесообразно пропустить его через

- 1) ФВЧ с частотой среза, равной частоте Найквиста;
- 2) ФНЧ с частотой среза, равной частоте Найквиста;
- 3) ФВЧ с частотой среза, равной частоте дискретизации;
- 4) ФНЧ с частотой среза, равной частоте дискретизации.

2.13. Нули и полюсы функции передачи дискретной системы являются

- 1) комплексными;
- 2) вещественными;
- 3) представляют комплексно-сопряженные пары.

2.14. Каноническая форма реализации дискретных фильтров по сравнению с прямой формой позволяет

- 1) уменьшить необходимое число ячеек памяти;
- 2) увеличить необходимое число ячеек памяти.

2.15. Количество операций, необходимое для вычисления быстрого преобразования Фурье размерности  $N$  равно:

- 1)  $N \log_2 N$ ;
- 2)  $N / \log_2 N$ ;
- 3)  $N + \log_2 N$ .

### **Часть III. Задание на упорядочение ответов**

*Установите соответствие между разрозненными частями утверждения*

3.1. Установите соответствие между видом функции  $x(t)$  и ее спектром:

1) четная функция	а) спектр является вещественным и нечетной функцией
2) нечетная функция	б) спектральная функция является мнимой и четной функцией
	в) спектр является вещественным и четной функцией
	г) спектральная функция является мнимой и нечетной функцией

3.2. Установите соответствие между наиболее часто встречающимися на практике дискретными сигналами и их  $z$ -преобразованиями:

1) единичная импульсная функция	а) $\frac{\cos \varphi - a \cos(\omega - \varphi)z^{-1}}{1 - 2a \cos \omega z^{-1} + z^{-2}}$
2) единичный скачок	б) 1
3) дискретная экспоненциальная функция $a^k$ , $k \geq 0$	в) $\frac{1}{1 - z^{-1}}$
4) дискретная затухающая синусоида $a^k \cos(ak + \varphi)$	г) $\frac{1}{1 - az^{-1}}$

3.3. Установите соответствие между алгоритмами БПФ:

1) БПФ с прореживанием по времени	а) исходная последовательность четной длины $N$ делится на 2 следующие друг за другом половины $\{y(m)\}$ и $\{z(m)\}$ длины $N/2$ . ДПФ последовательности $\{y(m)\}$ представляет отсчеты с четными номерами, а ДПФ последовательности $\{z(m)\}$ - с нечетными номерами.
2) БПФ с прореживанием по частоте	а) исходная последовательность четной длины $N$ делится на 2 половины длины $N/2$ : последовательность отсчетов четными номерами $\{y(m)\}$ и $\{z(m)\}$ - с нечетными номерами. ДПФ последовательности $\{y(m)\}$ суммируется с ДПФ последовательности $\{z(m)\}$ , умноженным на $\exp(-j2\pi n/N)$ .

## Вариант №4

### **Часть I. Задание с выбором нескольких верных ответов**

*Из предложенных вариантов ответов выберите несколько верных.*

- 1.1 Шаг дискретизации по теореме Котельникова равен:
- 1)  $\pi/\omega_{\max}$ ;
  - 2)  $1/f_{\max}$ ;
  - 3)  $\pi/(2\omega_{\max})$ ;
  - 4)  $1/(2f_{\max})$ .
- 1.2. При увеличении длительности сигнала его спектр
1. укорачивается
  2. расширяется
  3. не изменяется
- 1.3. КФ детерминированного сигнала связана преобразованием Фурье с
- 1) квадратом модуля спектральной функции сигнала;
  - 2) спектральной функцией сигнала;
  - 3) энергетическим спектром сигнала.
- 1.4. Функция  $H(z)$ , равная отношению  $z$ -преобразований входного и выходного сигналов и представляющая  $z$ -преобразование импульсной характеристики системы, называется:
- 1) частотной характеристикой дискретной системы;
  - 2) функцией передачи дискретной системы;
  - 3) системной функцией дискретной системы.
- 1.5. Условия, при которых фильтр является всепропускающим, следующие:
- 1) число нулей не равно числу полюсов;
  - 2) значения нулей являются обратными и комплексно-сопряженными по отношению к полюсам;
  - 3) число нулей равно числу полюсов;
  - 4) значения нулей являются комплексно-сопряженными по отношению к полюсам;
  - 5) коэффициент усиления равен произведению модулей полюсов фильтра.
- 1.6. Плотности вероятностей и функции распределения кроме описания вероятностной структуры случайного процесса используются также для:
- 1) выявления нелинейностей;
  - 2) проверка нормальности;
  - 3) выделение сигналов из шума;
  - 4) анализа экстремальных значений.
- 1.7. К непараметрическим методам проверки случайных данных на статистическую независимость и выявление тренда относятся:
- 1) критерий инверсий;
  - 2) критерий согласия хи-квадрат;
  - 3) критерий серий.

### **Часть II. Задание с выбором одного верного ответа**

*Из предложенных вариантов ответов выберите только один верный вариант.*

2.1. Спектр свертки сигналов равен:

- 1) сумме спектров сигналов;
- 2) произведению спектров сигналов;
- 3) разности спектров сигналов.

2.2. Спектр дискретизированного сигнала является:

- 1) периодическим, с периодом, равным частоте Найквиста;
- 2) периодическим, с периодом, равным частоте дискретизации;
- 3) периодическим, с периодом, равным удвоенной частоте дискретизации

2.3. Корреляционной функцией случайного процесса  $X(t)$  является

- 1)  $\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x_1 x_2 \rho(x_1, x_2, t_1, t_2) dx_1 dx_2$ ;
- 2)  $M[x(t_1)x(t_2)]$ ;
- 3)  $M[(x(t_1)-m_x(t_1))(x(t_2)-m_x(t_2))]$ .

2.4. Равенство коэффициента корреляции нулю свидетельствует о

- 1) наличии жесткой линейной зависимости между случайными величинами;
- 2) отсутствии статистической связи между случайными величинами;
- 3) наличии статистической связи между случайными величинами.

2.5. Вычислительные устройства, предназначенные для обработки сигналов, могут оперировать только с

- 1) дискретными сигналами;
- 2) цифровыми сигналами;
- 3) аналоговыми сигналами;
- 4) аналоговыми, дискретными и цифровыми сигналами.

2.6. Обратным ДПФ является:

- 1)  $x(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X(n) e^{j2\pi nk/N}$ ;
- 2)  $X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) e^{-j2\pi nk/N}$ ;
- 3)  $x(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X(n) e^{-j2\pi nk/N}$ ;
- 4)  $X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) e^{j2\pi nk/N}$ .

2.7. Параметры фильтра с резким изменением частотных характеристик в переходной полосе, реализованного в прямой форме

- 1) слабо чувствительны к значениям коэффициентов фильтра;
- 2) нечувствительны к значениям коэффициентов фильтра;
- 3) сильно чувствительны к значениям коэффициентов фильтра.

2.8. Корреляционная функция детерминированного сигнала является:

- 1) четной функцией;
- 2) нечетной функцией.

2.9. Укажите тригонометрическую форму ряда Фурье:

- 1)  $s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k e^{-jk\omega_1 t}$ ;
- 2)  $s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\omega_1 t + \varphi_k)$ ;

$$3) s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(k\omega_1 t) + b_k \sin(k\omega_1 t)).$$

2.10. КФ периодического сигнала является

- 1) непериодической функцией;
- 2) периодической функцией с тем же периодом, что и сигнал;
- 3) периодической функцией с периодом, отличным от периода сигнала.

2.11. Сигналы, амплитудные спектры которых одинаковые, а фазовые различны,

- 1) разные корреляционные функции;
- 2) имеют одинаковую корреляционную функцию.

2.12. Для анализа дискретных последовательностей удобно использовать

- 1) z-преобразование;
- 2) преобразование Лапласа;
- 3) косинусное преобразование.

2.13. Коэффициент усиления дискретной системы является

- 1) комплексным;
- 2) вещественным.

2.14. При канонической форме реализации дискретных фильтров по сравнению с прямой формой необходимо

- 1) уменьшение разрядности представления чисел в линии задержки по сравнению с разрядностью входного и выходного сигналов;
- 2) увеличение разрядности представления чисел в линии задержки по сравнению с разрядностью входного и выходного сигналов.

2.15. При вычислении дискретного преобразования Фурье быстрым способом вычислительные затраты уменьшаются в

- 1)  $N / \log_2 N$  раз;
- 1)  $N \log_2 N$  раз;
- 1)  $N + \log_2 N$  раз.

### **Часть III. Задание на упорядочение ответов**

*Установите соответствие между разрозненными частями утверждения*

3.1. Установите соответствие между операцией, выполняемой над сигналом, и ее влиянием на спектр:

1) дифференцирование сигнала	а) высокие частоты ослабляются, а низкие усиливаются
2) интегрирование сигнала	б) низкие частоты ослабляются, а высокие усиливаются
	в) высокие и низкие частоты ослабляются
	г) высокие и низкие частоты усиливаются

3.2. Установите соответствие между свойствами дискретной системы:

1) линейность	а) задержка входного сигнала приводит лишь к такой же задержке выходного сигнала, не меняя его формы
2) стационарность	б) выходная реакция на сумму сигналов равна сумме реакций на эти сигналы, поданные на вход по отдельности

3.3. Установите соответствие между видом фильтра и типом импульсной характеристики:

1) рекурсивный фильтр	а) конечная импульсная характеристика
-----------------------	---------------------------------------

2) нерекурсивный фильтр	б) бесконечная импульсная характеристика
-------------------------	--

### Критерии оценки

При оценке результатов выполнения тестовых заданий в рамках дисциплины используется рейтинговая система. Согласно рейтинговой системе оценка результатов тестирования формирует текущий рейтинг  $R^{\text{тек}}$ . Максимальное значение оценки равно 10 б. Тест считается пройденным, если студент получил за него не менее – 6 б.

Критерии оценки представлены в табл.

Критерии оценки	Количество баллов
Часть I. Задание с выбором нескольких верных ответов	0-3
Часть II. Задание с выбором одного верного ответа	0-3
Часть III. Задание на упорядочение ответов	0-4
ИТОГО	0-10