

Минобрнауки России

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)**



**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
Борисов Дмитрий Николаевич  
Кафедра информационных систем

28.02.2022

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.05 Обработка сигналов в информационных системах

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

09.03.02 Информационные системы и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Информационные системы в телекоммуникациях

**3. Квалификация (степень) выпускника:**

Бакалавриат

**4. Форма обучения:**

Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра информационных систем

**6. Составители программы:**

Борисов Дмитрий Николаевич (borisov@cs.vsu.ru)

**7. Рекомендована:**

протокол НМС № 3 от 25.02.2022

**8. Учебный год:**

2025-2026

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Дисциплина знакомит студентов с основами теоретических положений цифровых методов обработки сигналов. В ней рассматриваются методы формирования и описания дискретных и цифровых сигналов, программные и аппаратные способы их обработки, способы описания мощности и энергии сигналов, базовые понятия корреляции и свертки, свойства преобразования Фурье, спектры тестовых сигналов, принципы дискретизации и восстановления сигналов, дискретные преобразования сигналов, базовые понятия систем для обработки сигналов, обработка двумерных сигналов, как частный случай многомерных.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1. Для успешного освоения необходимо предварительное изучение следующих дисциплин: математический анализ; методы вычислений; введение в программирование.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) и индикаторами их достижения:**

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПКВ-4 Способен проводить анализ требований к программному обеспечению, выполнять работы по проектированию программного обеспечения	ПКВ-4.5 Описывает применяемые математические методы и алгоритмы функционирования для компонентов программных средств	<b>Знать:</b> математические методы и алгоритмы функционирования для компонентов программных средств <b>Уметь:</b> использовать математические методы и алгоритмы функционирования для компонентов программных средств <b>Владеть:</b> математическими методами и алгоритмами функционирования для компонентов программных средств
ПКВ-1 Способен проводить исследования на всех этапах жизненного цикла программных средств	ПКВ-1.4 Использует стандартное и оригинальное программное обеспечение и проводит компьютерный эксперимент, составляет его описание и формулирует выводы	<b>Знать:</b> стандартное и оригинальное программное обеспечение и алгоритм компьютерного эксперимента, позволяющий составлять его описание и формулировать выводы <b>Уметь:</b> использовать стандартное и оригинальное программное обеспечение и алгоритмы компьютерного эксперимента, позволяющего составлять его описание и формулировать выводы <b>Владеть:</b> стандартным и оригинальным программным обеспечением и компьютерным экспериментом
ПКВ-1 Способен проводить исследования на всех этапах жизненного цикла программных средств	ПКВ-1.5 Обрабатывает полученные результаты исследований с использованием стандартных методов (методик)	<b>Знать:</b> результаты исследований с использованием стандартных методов (методик) <b>Уметь:</b> использовать результаты исследований с использованием стандартных методов (методик) <b>Владеть:</b> обработкой полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:**

3/108

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачет

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 7	Всего
Аудиторные занятия	68	68
Лекционные занятия	34	34
Практические занятия		0
Лабораторные занятия	34	34
Самостоятельная работа	40	40
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	0	0
Часы на контроль		0
Всего	108	108

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
Лекции			
1.1	Введение в теорию сигналов и систем	Понятие сигнала. Шумы и помехи. Размерность сигналов. Типы сигналов. Графическое отображение сигналов. Системы преобразования сигналов. Основные системные операции.	<a href="https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864073">https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864073</a>
1.2	Метрология сигналов	Пространство сигналов. Координатный базис пространства. Понятия мощности и энергии сигналов. Ортогональные сигналы. Разложение сигнала в ряд Фурье. Ортонормированные системы функций. Разложение энергии сигнала.	<a href="https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864099">https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864099</a>
1.3	Динамическое представление сигналов	Разложение сигналов по единичным импульсам. Единичные импульсы. Разложение сигнала. Импульсный отклик линейной системы. Свертка (конволюция). Интеграл Дюамеля.	<a href="https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864105">https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864105</a>
1.4	Спектральное представление сигналов	Разложение сигналов по гармоническим функциям. Свойства преобразований Фурье: линейность, свойства четности, изменение масштаба аргумента функции, теорема запаздывания, преобразование производной, преобразование интеграла, преобразование свертки, преобразование произведения, умножение сигнала на гармоническую функцию, спектры мощности. Спектры некоторых сигналов: гребневая функция, функции Лапласа и Гаусса.	<a href="https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864119">https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864119</a>

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1.5	Дискретизация сигналов	<p>Принципы дискретизации. Воспроизведение сигнала. Равномерная дискретизация. Спектр дискретного сигнала. Интерполяционный ряд Котельникова-Шеннона. Дискретизация с усреднением. Дискретизация спектров. Информационная тождественность динамической и спектральной формы сигнала. Дискретизация усеченных сигналов. Соотношение спектров одиночного и периодического сигналов. Дискретизация по критерию наибольшего отклонения. Адаптивная дискретизация. Квантование сигналов. Децимация и интерполяция данных</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864121">https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864121</a>
1.6	Дискретные преобразования сигналов	<p>Преобразование Фурье. Дискретные преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Преобразование Лапласа. Z - преобразование сигналов. Определение преобразования. Связь с преобразованиями Фурье и Лапласа. Свойства z-преобразования. Отображение z-преобразования. Аналитическая форма z-образов. Обратное z-преобразование. Дискретная конволюция (свертка). Уравнение дискретной свертки</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864136">https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864136</a>
1.7	Энергетические спектры сигналов	<p>Мощность и энергия сигналов. Энергетические спектры сигналов. Скалярное произведение сигналов. Взаимный энергетический спектр.</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864139">https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864139</a>
1.8	Корреляция сигналов	<p>Автокорреляционные функции сигналов (АКФ): финитных сигналов, сигналов, неограниченных во времени, периодических сигналов, дискретных сигналов. Функции автоковариации. Взаимные корреляционные функции сигналов (ВКФ). Спектральные плотности корреляционных функций. Спектральная плотность АКФ. Интервал корреляции сигнала. Спектральная плотность ВКФ</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864141">https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864141</a>

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1.9	Стационарные линейные системы	Общие понятия систем. Линейные системы. Основные системные операции. Инвариантность систем к сдвигу. Математическая модель системы. Нерекурсивные цифровые системы. Рекурсивные цифровые системы. Стационарные и нестационарные системы. Импульсная характеристика системы. Импульсный отклик системы. Реакция системы на произвольный сигнал. Усиление постоянной составляющей сигнала. Усиление шумов. Определение импульсной реакции. Передаточные функции цифровых систем. Структурные схемы систем. Структурные схемы. Графы систем. Соединения систем. Схемы реализации систем. Обращенные формы	<a href="https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864145">https://edu.vsu.ru/mod/scorm/view.php?id=864145</a>
Лабораторные работы			
2.1	Временной и спектральный анализ сигналов	Изучение временного представления и спектрального анализа сигналов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219#section-19">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219#section-19</a>
2.2	Дискретное косинусное преобразование	Изучение дискретного косинусного преобразования пространственных сигналов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219#section-20">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219#section-20</a>
2.3	Расчет спектров тестовых сигналов	Изучение спектров тестовых сигналов: прямоугольный импульс; задержанный по времени; несимметричный треугольный импульс или пилообразный сигнал; симметричный треугольный импульс; односторонний экспоненциальный импульс; гауссовский импульс	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219#section-21">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219#section-21</a>
2.4	Гармонический анализ периодических сигналов	Определение коэффициентов ряда Фурье и построение аппроксимирующей функции для периодического сигнала, образованного из импульсов заданной формы	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219#section-22">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219#section-22</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в теорию сигналов и систем	2		2	4	8
2	Метрология сигналов	5		2	4	11
3	Динамическое представление сигналов	5		2	5	12
4	Спектральное представление сигналов	5		5	5	15

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
5	Дискретизация сигналов	3		6	4	13
6	Дискретные преобразования сигналов	4		5	5	14
7	Энергетические спектры сигналов	3		4	4	11
8	Корреляция сигналов	4		6	5	15
9	Стационарные линейные системы	3		2	4	9
		34	0	34	40	108

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

К лабораторным занятиям студенты должны изучить теоретический материал предметной области, основы работы в математическом пакете Matlab.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Источник
1	Умняшкин С. В. Основы теории цифровой обработки сигналов: учебное пособие /С. В. Умняшкин. - Москва: Техносфера, 2019. - 550 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=597188">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=597188</a>
2	Пасечников, И. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / И. И. Пасечников. — Тамбов : ТГУ им. Г.Р.Державина, 2019. — 156 с. — ISBN 978-5-00078-261-3. — Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : <a href="https://reader.lanbook.com/book/137567#1">https://reader.lanbook.com/book/137567#1</a>

#### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Волощенко А. П. Моделирование и обработка сигналов для акустических приборов и систем: учебное пособие / А. П. Волощенко, П. Ю.Волощенко. - Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. - 135 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=612305">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=612305</a>
2	Майстренко В. А. Статистические методы решения задач приема и обработки сигналов в системах радиосвязи: учебное пособие / В. А. Майстренко. - Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2019. - 92 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=563032">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=563032</a>
3	Федосов В. П. Современные алгоритмы обработки пространственно-временных сигналов в сетях связи: учебное пособие / В. П. Федосов, В. В. Воронин, С. В. Кучерявенко [и др.]- Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. - 99 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=577755">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=577755</a>

№ п/п	Источник
4	Федосов В. П. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие / В. П. Федосов. - Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. - 283 с. - Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=499606">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=499606</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> ЗНБ ВГУ

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	ЭУМК : Цифровые методы формирования и обработки сигналов. - Электронный университет ВГУ. - Режим доступа : <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2219</a>

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Математическая среда MATLAB любой версии.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Компьютерные классы факультета компьютерных наук, проектор для демонстрации теоретического материала.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Введение в теорию сигналов и систем Метрология сигналов Динамическое представление сигналов	ПКВ-4	ПКВ-4.5	Тестовое задание 1 Тестовое задание 2
2	Спектральное представление сигналов Дискретизация сигналов Дискретные преобразования сигналов	ПКВ-1	ПКВ-1.4	Тестовое задание 1 Тестовое задание 2

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
3	Энергетические спектры сигналов Корреляция сигналов Стационарные линейные системы	ПКВ-1	ПКВ-1.5	Тестовое задание 2 Тестовое задание 3

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Зачет

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Лабораторные работы после выполнения оцениваются преподавателем, и выставляется оценка «зачтено» при условии ответа на 80% вопросов преподавателя по предметной области лабораторной работы. По итогам лабораторных работ и устного ответа студента выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено» по лабораторным работам всей дисциплины. К сдаче зачета допускаются студенты, сдавшие 100% лабораторных работ. Общая оценка «зачтено» выставляется при условии сдачи 100% лабораторных работ, умении связывать теорию с практикой и ответе на 60% устных вопросов на итоговой аттестации. Оценка не зачтено выставляется при не сдаче лабораторных работ в полном объеме, не владением понятийным аппаратом предметной области дисциплины, а также при ответе менее чем на 60% устных вопросов.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, способен применять теоретические знания на практике. Обучающийся, может давать неполные ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в предметной области.</i>	-	<i>Не зачтено</i>

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью тестовых заданий

## **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

#### **Перечень тестовых заданий**

#### **Тестовое задание 1**

#### **Вариант 1**



1. Понятие сигнала.
2. Аналоговый сигнал.
3. Полигармонические сигналы.
4. Координатный базис пространства.
5. Автокорреляционные функции сигналов.
6. Спектральное представление сигналов.

#### **Вариант 2**

1. Шумы и помехи.
2. Дискретный сигнал.
3. Стационарные и нестационарные системы.
4. Линейное пространство сигналов.
5. Взаимная корреляционная функция сигналов.
6. Операция цифро-аналогового преобразования.

#### **Вариант 3**

1. Размерность сигналов.
2. Цифровой сигнал.
3. Скалярное произведение сигналов.
4. Норма сигналов.
5. Импульсный отклик линейной системы.
6. Преобразование Лапласа.

### **Тестовое задание 2**

#### **Вариант 1**

1. Умножение сигнала на гармоническую функцию как свойство преобразования Фурье.
2. Спектр гребневой функций.
3. Экспоненциальная комплексная запись гармонических функций.
4. Спектр дискретного сигнала.
5. Интерполяционный ряд Котельникова-Шеннона.

#### **Вариант 2**

1. Свойства четности преобразования Фурье.
2. Спектр экспоненциального импульса.
3. Интерполяционный ряд Котельникова-Шеннона.
4. Условие неизменяемости спектра в главном частотном диапазоне при дискретизации аналогового сигнала.
5. Дискретизация с усреднением.

#### **Вариант 3**

1. Увеличение масштаба аргумента функции преобразования Фурье.
2. Спектр прямоугольного импульса.
3. Преобразование Лапласа.
4. Дискретизация спектров.
5. Дискретизация усеченных сигналов.

## Тестовое задание 3

### Вариант 1

1. Принципы дискретизации сигнала.
2. Дискретные преобразования Фурье.
3. Мощность и энергия сигналов.
4. Автокорреляционные функции (АКФ) финитных сигналов.
5. Основные системные операции.
6. Уравнение передаточной функции для рекурсивных и нерекурсивных систем.

### Вариант 2

1. Воспроизведение дискретного сигнала.
2. Быстрое преобразование Фурье.
3. Скалярное произведение сигналов.
4. АКФ неограниченных во времени сигналов.
5. Свойство инвариантности системы к сдвигу.
6. Последовательное соединение систем.

### Вариант 3

1. Спектр дискретного сигнала.
2. Адаптивная дискретизация. Децимация и интерполяция данных.
3. Неравенство Коши-Буняковского.
4. АКФ периодических сигналов.
5. Опишите математическую модель системы.
6. Параллельное соединение систем.

## 20.2 Промежуточная аттестация

**Промежуточная аттестация** проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета. Условиями для получения зачета является выполнение всех лабораторных работ.

При оценивании используется следующая шкала:

*Зачет* ставится, если обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач, при этом может допускать ошибки при решении практических задач;

*Незачет* ставится, если обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям.

### Список вопросов к зачету

Общие сведения и понятия теории сигналов. Понятие сигнала. Размерность сигналов. Шумы и помехи. Математическое описание сигналов. Математические модели сигналов. Классификация сигналов. Типы сигналов: аналоговый, дискретный, цифровой сигналы. Преобразования типа сигналов. Спектральное представление сигналов. Графическое отображение сигналов. Тестовые сигналы. Системы преобразования сигналов. Общее понятие систем. Основные системные операции. Линейные системы. Пространство сигналов. Линейное пространство сигналов. Координатный базис пространства. Норма сигналов. Метрика сигналов. Мощность и энергия сигналов. Понятия мощности и энергии сигналов. Скалярное произведение сигналов. Обобщенный

ряд Фурье. Ортогональные сигналы. Разложение сигнала в ряд Фурье. Ортонормированные системы функций. Разложение энергии сигнала. Функции корреляции сигналов. Корреляционные функции сигналов. Взаимная корреляционная функция. Разложение сигнала. Единичные импульсы. Разложение сигналов по единичным импульсам. Импульсный отклик линейной системы. Свертка (конволюция). Интеграл Дюамеля. Разложение сигналов по гармоническим функциям. Понятие собственных функций. Ряд Фурье. Интеграл Фурье. Свойства преобразований Фурье. Линейность. Свойства четности. Изменение масштаба аргумента функции. Теорема запаздывания. Преобразование производной. Преобразование интеграла. Преобразование свертки. Преобразование произведения. Умножение сигнала на гармоническую функцию. Спектры мощности. Преобразование Лапласа. Спектры некоторых сигналов. Единичные импульсы. Гребневая функция. Спектр прямоугольного импульса. Треугольные импульсы. Экспоненциальный импульс. Функции Лапласа и Гаусса. Спектр косинусоиды. Равенство Парсеваля. Принципы дискретизации. Воспроизведение сигнала. Равномерная дискретизация. Спектр дискретного сигнала. Интерполяционный ряд Котельникова-Шеннона. Дискретизация с усреднением. Дискретизация спектров. Информационная тождественность динамической и спектральной формы сигнала. Дискретизация усеченных сигналов. Соотношение спектров одиночного и периодического сигналов. Децимация и интерполяция данных. Дискретные преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Дискретное преобразование Лапласа. Связь преобразований Фурье и Лапласа. Свойства z-преобразования. Отображение z-преобразования. Аналитическая форма z-образов. Обратное z-преобразование. Дискретная конволюция (свертка). Уравнение дискретной свертки. Мощность и энергия сигналов. Энергетические спектры сигналов. Скалярное произведение сигналов. Энергетический спектр сигнала. Взаимный энергетический спектр. Автокорреляционные функции сигналов (АКФ). АКФ финитных сигналов. АКФ сигналов, неограниченных во времени. АКФ периодических сигналов. АКФ дискретных сигналов. Функции автоковариации. Взаимные корреляционные функции сигналов (ВКФ). Спектральные плотности корреляционных функций. Спектральная плотность АКФ. Интервал корреляции сигнала. Спектральная плотность ВКФ. Общие понятия систем. Линейные системы. Основные системные операции. Инвариантность систем к сдвигу. Математическая модель системы. Стационарные и нестационарные системы. Нерекурсивные цифровые системы. Рекурсивные цифровые системы. Импульсная характеристика системы. Импульсный отклик системы. Реакция системы на произвольный сигнал. Определение импульсной реакции. Усиление постоянной составляющей сигнала. Усиление шумов. Передаточные функции цифровых систем. Структурные схемы систем. Структурные схемы. Графы систем. Соединения систем. Схемы реализации систем. Обращенные формы.