

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.И. Чуприс

« 12 » ноября 2019 г.

Регистрационный № УД- Р/01 /уч.



Основы цифровой обработки сигналов

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 03 01 Математика (по направлениям)

Направление специальности

1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность)

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 01-2013 и учебного плана регистрационный номер G31-209/уч. от 29.05.2015.

СОСТАВИТЕЛЬ:

М. И. Вашкевич, доцент кафедры математической кибернетики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

И.С. Азаров, заведующий кафедрой электронных вычислительных средств учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой математической кибернетики механико-математического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 10 от 03.05.2019); дата до Совета

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета
(протокол № 5 от 28.06.2019)

Зав. кафедрой математической кибернетики _____ А.Л. Гладков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель и задачи учебной дисциплины

Цель дисциплины «Основы цифровой обработки сигналов» - научить студентов владеть теоретическими и практическими основами цифровой обработки сигналов, которые включают методы анализа сигналов во временной и частотной области, базовые преобразования сигналов, методы анализа линейных стационарных систем, эффективные алгоритмы цифровой обработки сигналов.

Образовательная цель: изложение основных принципов к анализу сигналов и линейных стационарных систем во временной и частотной области.

Развивающая цель: дальнейшее формирование у студентов математического мышления, навыков построения практических систем цифровой обработки сигналов.

Воспитательная цель: формирование у студентов математической культуры, стремления к совершенствованию знаний в области цифровой обработки сигналов и использованию их для решения актуальных социальных и технических проблем современного общества.

Задачи учебной дисциплины:

1. Показать место цифровой обработки сигналов в системе математического знания и потенциал её применения в науке, производстве и информационных технологиях.

2. Подготовить будущих специалистов по математике и информационным технологиям к использованию базовых методов теории цифровой обработки сигналов на практике.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием:

Учебная дисциплина относится к циклу дисциплин специализаций компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Дисциплина «Основы цифровой обработки сигналов» связана с дисциплинами «Алгебра» и «Дискретная математика».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Основы цифровой обработки сигналов» должно обеспечить формирование следующих *академических, социально-личностных и профессиональных компетенций*:

академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом;

АК-3. Владеть исследовательскими навыками;

АК-4. Уметь работать самостоятельно;

АК-5. Быть способным порождать новые идеи;

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации;
АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение жизни;

социально-личностные компетенции:

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию;
СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям;
СЛК-5. Быть способными к критике и самокритике;

профессиональные компетенции:

ПК-1. Разрабатывать практические рекомендации по использованию научных исследований, планировать и проводить экспериментальные исследования, исследовать патентоспособность и показатели технического уровня разработок программного обеспечения информационных систем.

ПК-5. Заниматься аналитической и научно-исследовательской деятельностью в области математики и информационных технологий.

ПК-8. Работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- методы цифрового представления сигналов;
- основные свойства линейных стационарных систем;
- дискретное преобразование Фурье и его свойства;

уметь:

- строить математические модели линейных стационарных систем;
- выполнять анализ сигнала во временной и частотной области.

владеть:

- методами описания дискретных сигналов;
- методами анализа линейных стационарных систем;
- методами анализа дискретных сигналов при помощи ДПФ;
- методами обработки дискретных сигналов на основе ДПФ.

Структура учебной дисциплины.

Дисциплина изучается в 5 семестре очной формы обучения. Всего на изучение дисциплины отводится 68 часов, из них аудиторных – 30 часов, по видам занятий: лекций – 14 часов, лабораторных занятий – 14 часов, УСП – 2 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет – 2 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Дискретные сигналы и системы

Тема 1. 1. Введение в ЦОС. Классификация сигналов. Дискретные сигналы. Способы задания дискретных сигналов.

Тема 1. 2. Базовые сигналы ЦОС. Единичный (дельта) импульс. Единичный скачок. Убывающая экспонента. Синусоидальная последовательность. Sinc-функция. Комплексная экспонента. Периодические и аperiodические последовательности. Энергия и мощность дискретных сигналов. Автокорреляционная функция (АКФ). Свойства АКФ. Автоковариационная функция.

Тема 1. 3. Определение дискретной системы. Свойства дискретных систем. Системы без запоминания. Детерминированность. Устойчивость. Аддитивность. Однородность. Линейные системы. Стационарные системы. Линейные стационарные (ЛС) системы. Свойства ЛС-систем. Коммутативность. Дистрибутивность. Каскадное соединение ЛС-систем. Параллельное соединение ЛС-систем. Устойчивость и детерминированность для ЛС-систем. КИХ- и БИХ-системы

Тема 1. 4. Линейные разностные уравнения с постоянными коэффициентами. Частотная характеристика ЛС-систем.

Раздел 2. Дискретное преобразование Фурье

Тема 2.1. Четыре класса преобразований. Ряды Фурье. Ортогональность функций синус и косинус. Эффект Гиббса.

Тема 2.2. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Система базисных функций. Базис ДПФ. Явная форма записи ДПФ. Свойства ДПФ.

Тема 2.3. Симметрия ДПФ. ДПФ четных и нечетных функций. Теорема Парсеваля. ДПФ дельта-импульса. Линейность ДПФ. Временной (циклический) сдвиг. Частотный сдвиг. Свойство обращения времени. Теорема о свертке во временной области. Теорема о свертке в частотной области.

Тема 2.4. Практические аспекты использования ДПФ. Перестановка коэффициентов ДПФ. Интерполяция сигнала во временной области с использованием ДПФ.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
очная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Дискретные сигналы и системы	8			8		1	
1.1	Введение в ЦОС. Классификация сигналов. Способы задания дискретных сигналов.	2					1	Контрольная работа
1.2	Базовые сигналы ЦОС. Энергия и мощность дискретных сигналов.	2			4			Защита лабораторных работ
1.3	Дискретные системы и их свойства.	2			2			Защита лабораторных работ
1.4	Линейные разностные уравнения с постоянными коэффициентами.	2			2			Защита лабораторных работ
2	Дискретное преобразование Фурье	6			6		1	
2.1	Ряды Фурье. Ортогональность функций синус и косинус.	1					1	Контрольная работа
2.2	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Базис ДПФ.	1			2			Контрольная работа
2.3	Симметрия ДПФ. Свойства ДПФ. Теорема о свертке.	2			2			Устный опрос
2.4	Практические аспекты использования ДПФ.	2			2			Защита лабораторных работ.
	ИТОГО	14			14		2	

ИНФОРМАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов в зеркале Matlab. СПб.: БХВ-Петербург, 2018.
2. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. М. : Техносфера, 2012.

Перечень дополнительной литературы

1. Рабинер, Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд ; пер. с англ. – М. : Мир, 1978.
 2. Айфичер Э. Цифровая обработка сигналов : практический подход / Э. Айфичер, Б. Джервис ; пер. с англ. - 2-е изд. - М. : Вильямс, 2004. - 992 с.
- .

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

С целью текущего контроля знаний студентов предусматривается проведение устных опросов, экспресс-опросов, лабораторных работ. По итогам обучения проводится зачет.

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правила проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь №53 от 29.05.2012г.).

2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015г. № 382-ОД).

3. Критериев оценки знаний студентов по 10 балльной системе оценки (письмо Министерства образования от 22.12.2003г.).

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- устный опрос – 25 %;
- экспресс-вопрос – 25 %;
- защита лабораторные работы – 50 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и зачетной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки по текущей успеваемости составляет 40 %, зачетной оценки – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Студент получает вопросы по теории и простейшие задачи к этим вопросам.

Раздел 1. Дискретные сигналы и системы

Тема 1.1. Введение в ЦОС. Классификация сигналов.

Тема 1.3. Дискретные системы и их свойства.

Определение периода дискретной последовательности. Вычисление импульсной характеристик линейной стационарной системы. Определение свойств дискретной системы (аддитивность, однородность, устойчивость, стационарность, линейность).

Форма контроля – контрольная работа.

Раздел 2. Дискретное преобразование Фурье

Тема 2.1. Ряды Фурье.

Тема 2.2. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).

Вычисление прямого и обратного дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Использование свойств ДПФ для вычисления прямого и обратного ДПФ.

Форма контроля – контрольная работа.

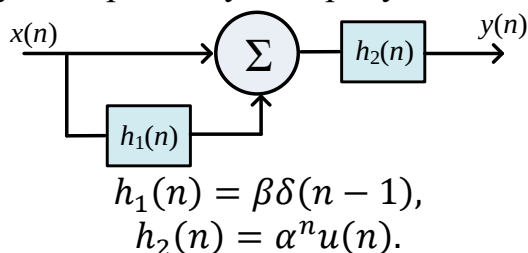
Образцы задач к заданиям.

Раздел 1. Дискретные сигналы и системы

1. Определите какие из сигналов является периодическим и установите их период

а) $x(n) = e^{j\pi n/6}$;

- б) $x(n) = e^{j(3\pi n/4)}$;
 в) $x(n) = (\sin \frac{\pi n}{5})/\pi n$;
 г) $x(n) = e^{j\pi n/\sqrt{2}}$.
2. Детерминированная линейная стационарная система описывается разностным уравнением
- $$y(n) - 5y(n-1) + 6y(n-2) = 2x(n-1)$$
- а) Найти импульсную характеристику системы;
 б) Вычислить отклик системы на единичный скачок.
3. Рассмотрите систему, изображенную на рисунке.



- Найдите импульсную характеристику всей системы.
4. Определите является ли дискретная система, описываемая уравнением:
- $$y(n) = \frac{x^2(n)}{x(n-1)}$$
- аддитивной и однородной?

Раздел 2. Дискретное преобразование Фурье

1. Пусть $x(n) = \cos\left(\frac{2\pi}{N}n\right)$, $n = 0, \dots, N-1$, $N = 6$. Найти ДПФ $X(k)$ от сигнала $x(n)$. Изобразить график действительной и мнимой части $X(k)$.
2. Выведите формулу для ДПФ сигнала длины N следующего вида:
- $$x(n) = \cos\left(\left(\frac{2\pi}{N}\right)Ln + \phi\right).$$
3. Вычислите N -точечные ДПФ следующих сигналов:
- а) $x_1(n) = \delta(n)$
 б) $x_2(n) = \delta(n - n_0)$, где $0 < n_0 < N$
 в) $x_3(n) = \alpha^n$, $0 \leq n < N$, $0 < \alpha < 1$.
 г) $x_4(n) = u(n) - u(n - n_0)$, где $0 < n_0 < N$
4. Найдите 10-точечное обратное ДПФ для
- $$X(k) = \begin{cases} 3, & k = 0, \\ 1, & 1 \leq k < 9. \end{cases}$$

Примерная тематика лабораторных занятий

Основная цель проведения лабораторных занятий состоит в закреплении теоретического материала курса, приобретении навыков выполнения эксперимента, обработки экспериментальных данных, анализа результатов, грамотного оформления отчетов.

№ темы	Наименование лабораторной работы	Содержание
1	2	3
1.2	Базовые сигналы ЦОС. Энергия и мощность дискретных сигналов.	Определения базовых сигналов ЦОС. Формирование сигналов в системе Matlab.
1.4	Линейные разностные уравнения с постоянными коэффициентами	Свойства дискретных систем. Линейные стационарные (ЛС) системы. Линейные разностные уравнения с постоянными коэффициентами. Комплексная частотная характеристика ЛС-системы.
2.4	Практические аспекты использования ДПФ	Программирование ДПФ. Изучение свойств ДПФ. Анализ дискретных сигналов при помощи ДПФ.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **эвристический подход**, который предполагает:

- осуществление студентами личностно-значимых открытий окружающего мира;
- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

При организации образовательного процесса используется также **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержание образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине размещены на образовательном портале комплекс учебных и учебно-методических материалов: курсы лекций и методические указания к практическим занятиям, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных

стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в том числе вопросы для подготовки к экзамену, примерный перечень заданий для самостоятельного выполнения и самоконтроля, список рекомендуемой литературы).

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Понятия: сигнал, обработка сигнала. Области применения цифровой обработки сигналов (ЦОС).
2. Классификация сигналов.
3. Дискретные сигналы: определение и способы их формирования.
4. Базовые сигналы ЦОС. Четные и нечетные сигналы.
5. Дискретные системы. Идеальная система задержки. Система скользящего среднего.
6. Свойства дискретных систем: запоминание, аддитивность, однородность.
7. Линейная дискретная система. Вычисление отклика системы на заданный вход.
8. Линейные стационарные системы.
9. Свойства дискретных систем: детерминированность, устойчивость.
10. Вычисление отклика линейной стационарной системы на заданный вход. Уравнение свертки.
11. Алгебраические свойства ЛС-систем.
12. КИХ- и БИХ-системы.
13. Линейные разностные уравнения с постоянными коэффициентами.
14. Частотная характеристика дискретной системы.
15. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Базисные функции ДПФ.
16. Свойства ДПФ.
17. Интерполяция сигнала во временной области с использованием ДПФ.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Прикладные методы цифровой обработки сигналов	Математической кибернетики	нет	Вносить изменения не требуется (протокол № __ от __.__.20__)

—

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
